



Labour 4.0: Kompetencer til fremtidens industri

af:

Brian Vejrum Wæhrens, Astrid Heidemann Lassen, Bente Nørgaard og Nicolaj Riise Clausen

Aalborg Universitet - Februar, 2018

Projektet er støttet af Region Nordjylland Vækstforum, indsats for Et Nordjylland i Vækst

ISBN: 87-91200-82-2



AALBORG UNIVERSITET

Indholdsfortegnelse

1	Kompetencer til fremtidens industri.....	1
2	Projektets metode.....	5
3	Resultater af projektet Labour 4.0	8
3.1	<i>Industri 4.0 – hvad ved vi allerede?</i>	8
3.1.1	Kompetenceprofilen.....	13
3.1.2	Uddannelsessystemet	15
3.1.3	Opkvalificering af den aktive arbejdsstyrke	16
3.2	<i>Labour 4.0 i Nordjylland</i>.....	16
3.3	<i>Fremhævede case-eksempler</i>	18
3.3.1	Metalbearbejdning A/S	18
3.3.1.1	Udfordring omkring feedback og dataindsamling	18
3.3.1.2	Ordrebehandling uden systematik.....	18
3.3.1.3	Eksperimentel tilgang	19
3.3.1.4	Mellemlider-barriere.....	19
3.3.2	Print A/S.....	19
3.3.2.1	Løbende opkvalificering.....	20
3.3.2.2	Digitalt ordresystem	20
3.3.3	Elektronik A/S	21
3.3.3.1	Delvis automatisering af produktionen	21
3.3.3.2	Rekruttering	21
3.3.3.3	Leverandørkurser	22
3.3.4	Direkte Digital Produktion A/S	22
3.3.4.1	Væk fra faglige siloer	22
3.3.4.2	Fleksibilitet, læringsparathed, nysgerrighed, proces og samarbejdsegenskaber	22
3.3.4.3	Skab rammen omkring strukturerede eksperimenter med ny teknologi.....	23
3.4	<i>Opsummering af resultater</i>.....	23
3.4.1	Hvilke kompetencer er der behov for overordnet set?	23
3.4.2	Udfordringer.....	24
3.4.3	Hvordan opkvalificeres medarbejdere?	25
3.5	<i>Labour 4.0 modenhedsmodel</i>.....	26
3.6	<i>Udvikling af I4.0 kompetencer i pilotstudier</i>	29
3.6.1	Mejeri A/S	29
3.6.1.1	Partner	30
3.6.1.2	Projektindledning	30
3.6.1.3	Industriel case:.....	30
3.6.1.4	Anvendelsen af den virtual idriftsættelse læringsplatform.....	31

3.6.1.5	"Awareness".....	31
3.6.1.6	Undervisningsbrug.....	32
3.6.2	Trapper A/S.....	32
3.6.2.1	Generalister frem for specialister.....	32
3.6.2.2	Hurtigere og mere simpel oplæring	33
3.6.2.3	Emergent strategi	33
3.6.3	Maskinfabrik A/S.....	34
3.6.4	Beklædning A/S	35
3.7	Labour 4.0: Konklusioner og anbefalinger til et videre forløb.....	38
3.8	Den fysiske infrastruktur og læringskonceptet som skal udfolde potentialet.....	39
3.8.1	"Awareness" - erkendelsesniveauet	40
3.8.2	Løsningsorienteret læring	41
3.8.3	Forankringsorienteret læring - Ad markveje mod I4.0	42
3.9	Behov for støtte til:.....	43
3.9.1	LAB- og Konceptledelse	43
3.9.2	SMV udviklingsforløb	44
3.9.3	Resultatmål.....	44
	Referencer.....	45

Liste over figurer

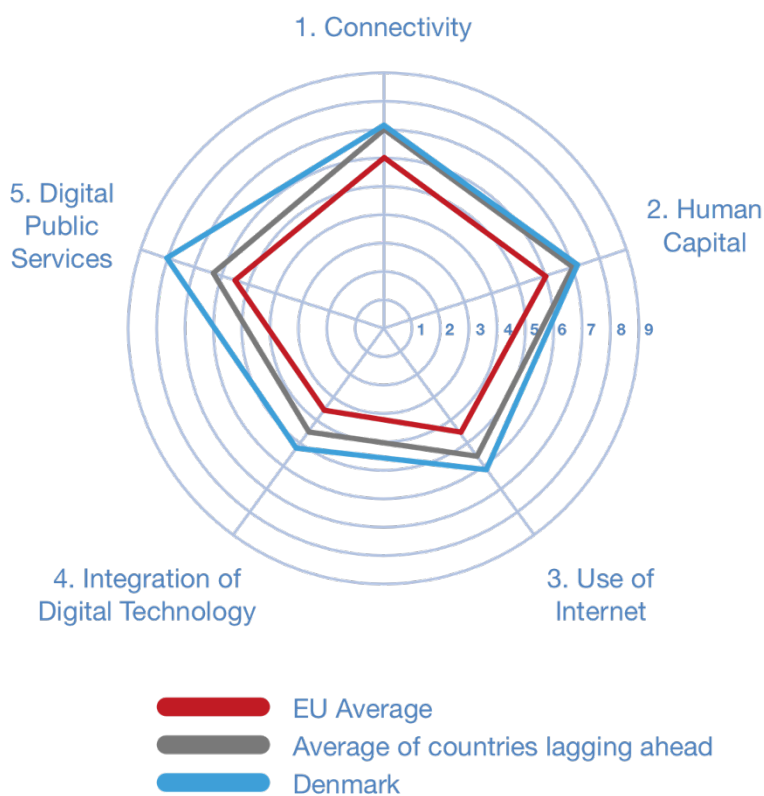
Figur 1: Danmarks digitale position i EU. Kilde: https://ec.europa.eu/digital-single-market/scoreboard/denmark	1
Figur 2: Arbejdsproduktivitet og digitaliseringsniveau i DK 2014. Kilde: https://em.dk/publikationer/2017/digitalt-vaekstpanels-anbefalinger	3
Figur 3: Digitaliseringsprocenten i virksomhederne. Kilde: https://em.dk/publikationer/2017/digitalt-vaekstpanels-anbefalinger	3
Figur 4: Virksomheder der har bidraget til indsigten i Labour 4.0	5
Figur 5: Antal ansatte.....	6
Figur 6: Sektorer repræsenteret	6
Figur 7: Industrielle revolutioner. Efter Drath et al. 2014.....	9
Figur 8: Smart Factories. Efter Kagermann et al. 2013.....	10
Figur 9: Figur 9: Industri 4.0 teknologier.....	11
Figur 10: Use cases om Industri 4.0.....	14
Figur 11: Investeringer i automatisering inden for fem år. 2014 Kilde: http://ida.dk/sites/default/files/ida_analyse_-_automatisering_i_industrien	17
Figur 12: Investeringer i automatisering inden for fem år. 2014 Kilde: http://ida.dk/sites/default/files/ida_analyse_-_automatisering_i_industrien	17
Figur 13: Modenhedsniveauer AAU 2017	27
Figur 14: Vurderingsværktøj og dets fire sammenhængende dimensioner	28
Figur 15: Digital tvilling.....	31
Figur 16: Industri 4.0 strategi map.....	35
Figur 17: Udarbejdet af 7. semester studerende som prøvede værktøjet af i samspil med vejledningsteam	36
Figur 18: Indsatsområder identificeret gennem dialog mellem AAU studerende, vejledningsteam og Beklædning A/S	37
Figur 19: Indsats til Udvikling af Industri 4.0 kompetencer	39
Figur 20: Læringskoncept - de tre læringsformer	40
Figur 21: Konkrete læringskoncepter med udgangspunkt i Smart LAB	41
Figur 22: Produktivitetsparadigmer.....	43

1 Kompetencer til fremtidens industri

Fremstillingsindustrien har de seneste 20 år været karakteriseret ved en løbende udflytning af opgaver til lavtlønslande med en markant reduktion af antal beskæftigede i industrien som konsekvens heraf. Tal fra OECD viser, at der i perioden 1992 til 2014 er sket et markant fald i antal beskæftigede i den danske fremstillingsindustri med en procentvis nedgang på ca. 37 pct. Denne udvikling er en del af en generel tendens i den vestlige verden, hvor mange lande har oplevet en form for de-industrialisering over de seneste årtier. En væsentlig del af produktionen er blevet outsourcet til lande med lavere produktions- og medarbejderomkostninger, og lande og områder som Kina, Indien og Østeuropa har oplevet en enorm fremgang. Udflytningen af produktion og andre kerneaktiviteter kan få store konsekvenser for danske virksomheders konkurrenceevne og mange danske virksomheder har måttet konstatere, at når produktionen flyttes til udlandet, så forsvinder kompetencerne og dermed også evnen til at udvikle nye unikke produkter og fleksible processer. Dette er en stor udfordring for de danske fremstillingsvirksomheder, da netop udviklingen af unikke produkter og fleksible produkter har været med til at sikre en høj værditilvækst.

Flere har peget på, at den fjerde industrielle revolution giver lande som Danmark en enestående mulighed for at producere billigere, mere effektivt og lokalt og herved vinde tabte arbejdspladser tilbage. Den fjerde industrielle revolution bygger på en datadrevet tilgang til produktionen, hvor intelligente og fleksible maskiner arbejder

sammen som selvorganiserede produktionssystemer, og hvor forskellige supply chains integrerer og koordinerer med hinanden i realtime. Der er et stort potentiale forbundet med de muligheder, som kommer i kølvandet på den fjerde industrielle revolution, herunder en øget digitalisering og automatisering af produktionen. En ny rapport fra Google har kvantificeret de samfundsøkonomiske gevinster, som Danmark står til at vinde, hvis mulighederne i den fjerde industrielle revolution bliver grebet. Rapporten konkluderer, at Danmark står til at vinde 150.000 fuldtidsstillinger og en stigning på 41% i BNP frem mod 2020.



Figur 1: Danmarks digitale position i EU. Kilde: <https://ec.europa.eu/digital-single-market/scoreboard/denmark>

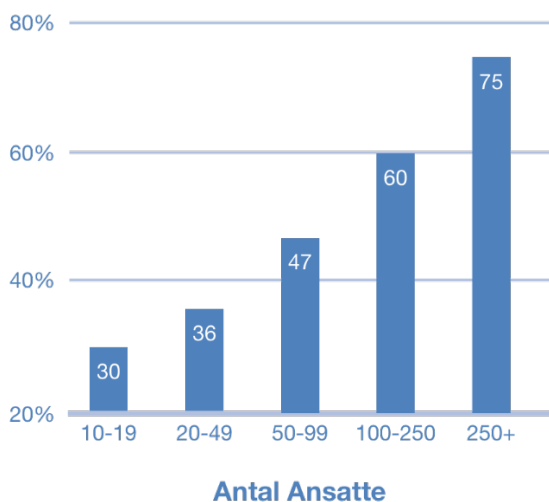
For at udnytte de IT-kompetencer, som findes i den danske befolkning og sætte skub i udviklingen af digitaliseringen er der udarbejdet, på foranledning af den danske regering, en række anbefalinger ”Danmark som digital frontløber” af (Vækstpanel, 2017), som sætter fokus på fire indsatsområder.

- 1) Digitale kompetencer til alle:
 - a. Danskerne skal have stærkere digitale kompetencer, så vi kan udnytte de nye muligheder og skabe nye gode job.
- 2) Attraktivt digitalt vækstmiljø:
 - a. Danmark skal have et attraktivt digitalt vækstmiljø, som giver grobund for nye og værdiskabende løsninger og tiltrækker investeringer og talenter.
- 3) Proaktiv rammer for digitalisering:
 - a. Danmark skal have proaktive rammer for digitalisering, som understøtter udviklingen af nye forretningsmodeller.
- 4) Digital ansvarlighed og begejstring:
 - a. Der skal bredt i samfundet skabes mere digital ansvarlighed og begejstring og højere ambitioner for at udnytte digitaliseringens muligheder.

Der estimeres i ”Danmark som digital frontløber”, at der er gevinster for 87 milliarder danske kroner i 2025 ved i højere grad udnytter de nye teknologier. Ligeledes er der gennem digitalisering et potentiale for at forbedre arbejdsgangen og reducere driftsomkostninger og her peges der på, at denne sammenhæng mellem virksomhedens digitaliseringsgrad og arbejdsproduktivitet kan resultere i, at der kan opnås 22 procents højere produktivitet ved en høj digitalisering, som vist i figur 2. (Beregningen er baserede på tal fra ”Danmarks Digitale Vækst 2017”, Danmarks Statistik og Digitale Vækstpanel egne tal.)

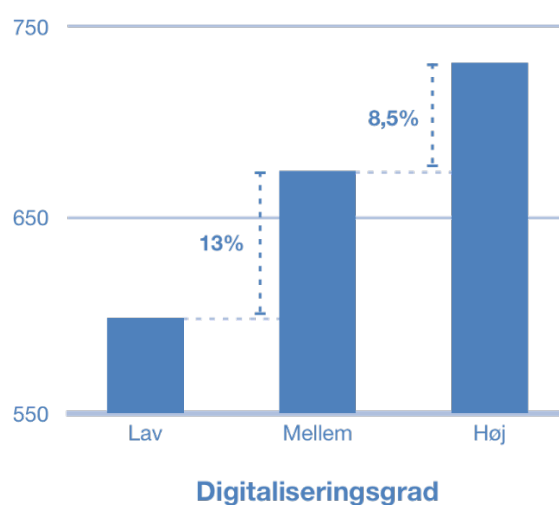
Yderligere peges der på, at der er store forskelle i niveauet på hvilke virksomheder, som får udnytte fordele ved digitalisering. Figur 3 illustrerer at virksomheder >250 ansatte ikke har det store fokus på digitalisering. Hvis disse virksomheder kan overbevises til at udnytte digitalisering i større grad vil gevinsten også være anseelige i 2025. (Digitaliseringsprocenten måles på seks forretningsprocesser, Danmarks Statistik og Digitale Vækstpanel egen tal.)

Andel avancerede digitale virksomheder i pct.



Figur 3: Digitaliseringsprocenten i virksomhederne. Kilde: <https://em.dk/publikationer/2017/digitalt-vaekstpanels-anbefalinger>

Værditilvækst pr. årsværk (1.000 DKK)



Figur 2: Arbejdsproduktivet og digitaliseringsniveau i DK 2014. Kilde: <https://em.dk/publikationer/2017/digitalt-vaekstpanels-anbefalinger>

Flere undersøgelser peger dog på, at der på trods af de betydelige muligheder forsat er et stort uudnyttet potentiale for at styrke konkurrenceevnen og produktiviteten gennem digitalisering og anvendelse af data, særligt blandt små og mellemstore virksomheder. Dette kan skyldes mange faktorer, men det er helt åbenlyst, at ny teknologi kræver nye kompetencer, og én af de største udfordringer ved den fjerde industrielle revolution er, at mange virksomheder ikke har en tilstrækkelig indsigt i, hvordan ny teknologi kan bidrage til øget vækst og produktivitet. Dette understreger, at der er et stort vidensbehov i danske virksomheder; særligt de små og mellemstore virksomheder har ikke den nødvendige viden til at gennemføre de nødvendige forandringer og mangler også et modtageapparat til, så viden kan tilføres udefra. Parallelt med den teknologiske udvikling og det øgede krav om digitalisering og automatisering bliver de traditionelle arbejdsopgaver og jobfunktioner forandret. Der er derfor en stigende erkendelse af, at den teknologiske udvikling stiller helt nye krav til medarbejdernes kompetencer.

I Danmark fremhæves Region Nordjylland ofte som et område, der har et stort, men også et uudnyttet potentiale i forhold til mulighederne i det nye industriparadigme Industri 4.0. I regionen er der kompetencer og viden fra både den traditionelle fremstillingsindustri og fra IT-klyngen, der blomstrede omkring mobilindustrien i 1990'erne og siden har dannet grobund for mange nye virksomheder indenfor trådløs-/kommunikationsteknologi i mange andre industrier. Industri 4.0 bygger netop på at integrere digitalisering, automatisering og robotteknologi med traditionelle fremstillingsindustrier, og på den måde globalt skabe konkurrencedygtige og fleksible virksomheder, der i mange tilfælde med fordel igen vil kunne hjemtage produktionsopgaver fra lavtlønslande til Danmark og Nordjylland. Evnen til at omsætte Industri 4.0 potentialerne har på den måde vidtrækkende konsekvenser for Danmarks fremtid som produktionsland.

Det er derfor vigtigt at aktivere dette potentiale. I bl.a. "Man and Machine in Industry 4.0" peges der på, at for at kunne aktivere dette potentiale, skal virksomhederne udvikle evnen til at udnytte muligheder inden for eksempelvis big data, robot assisted production, self-driving logistics vehicles, smart supply network m.m. Men at arbejde effektivt med nye teknologi kræver nye kompetencer, og der er fortsat stor mangle på viden om, hvorledes virksomhederne skal tilegne sig og udvikle disse kompetencer og herefter omsætte dem til et forretningspotentiale.

Derfor sættes der i projekt "Labour 4.0 – kompetencer til fremtidens industri" fokus på netop kompetencesiden af Industri 4.0 agendaen. Med udgangspunkt i allerede identificerede fremtidige kompetencebehov sætter projektet fokus på undersøgelsen af, hvorledes virksomheder arbejder strategisk med at udvikle og tilegne sig disse kompetencer. Der arbejdes ud fra en idé om, at der både er et behov for at identificere fremtidens kompetencebehov samt hvorledes kompetencerne udvikles og tilegnes.

2 Projektets metode

Målet for projektet Labour 4.0 er at identificere, hvilke strategier nordjyske virksomheder arbejder med i forhold til at tilegne sig kompetencer/viden om Industri 4.0 – og at forstå hvorledes modenheten heraf kan stimuleres, udvikles og understøttes.

Til dette formål gør projektet Labour 4.0 brug af følgende metode:

Indledningsvist udførte vi et litteraturstudie for at konkretisere kompetencekravene til Industri 4.0. Denne viden blev efterfølgende også anvendt i udviklingen af et metodeapparat til identificering af en given virksomheds modenhet i forhold til Industri 4.0.

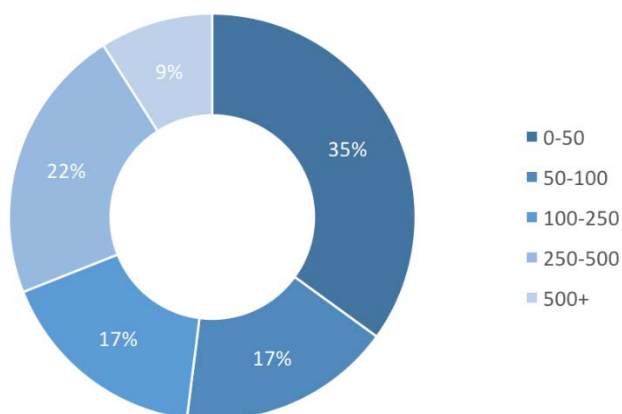
Vi gennemførte i løbet af 2017 en række samtaler med 33 brancherelevante virksomheder med henblik på at identificere og eksemplificere kompetencegab og opnå forståelse for virksomhedernes kendskab, forventninger og parathed til at implementere Industri 4.0.



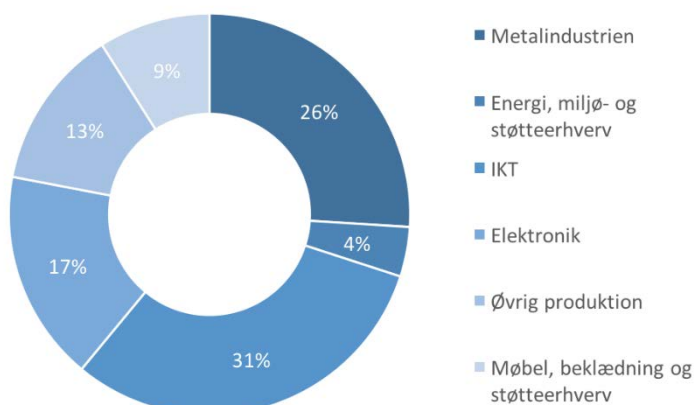
Figur 4: Virksomheder der har bidraget til indsigten i Labour 4.0

Virksomhederne repræsenterede et bredt udsnit af erhvervsstrukturen:

- Store, medium og små virksomheder;
- Low-tech, medium-tech, og high-tech virksomheder;
- Leverandører af i4.0 løsninger og industrielle brugere af samme.
- Industrier med stagneret vækst og industrier med stort vækstpotentiale;
- Virksomheder placeret geografisk afsides og virksomheder placeret geografisk mere centralt ifht. større byer.



Figur 5: Antal ansatte



Figur 6: Sektorer repræsenteret

Denne tilgang har givet en bred indsigt i virksomhedernes udviklingsarbejde og adaption af teknologi, og har skabt grundlag for en diskussion af de kompetencestrategier virksomheder i fremstillingsindustrien arbejder med ifht. transformationen mod Industri 4.0. Se kapitlet om projektets resultater for nærmere beskrivelse heraf.

Den viden der er skabt igennem disse empiriske studier anvendte vi i kombination med flere besøg og diskussioner med tyske partnere engageret i det tyske I4.0 program¹ til at skabe et metodeapparat (tilpasset til danske forhold) til at kunne identificere modenheten af virksomheders industri 4.0 kompetencer. En modenhedsanalyse giver såvel indsigt i virksomhedens nuværende modenhed, som den også peger på fremadrettede skridt til hvorledes modenheten kan øges.

I tillæg til at udføre interviews arbejdede vi også tættere sammen med fire virksomheder i forbindelse med deres indsats om Industri 4.0. Samarbejderne tog dels udgangspunkt i en overordnet modenhedsvurdering, dels en konkret indsats i relation til udvikling og implementering af nye I4.0 teknologi, og hvordan dette spillede sammen med deres kompetencestrategi.

- Digital Tvilling til rekonfigurering af produktionsanlæg, udført i samspil med UCN og Xcelgo og med et mejeri som case, og har demonstreret kompetencebehov forbundet med digital styring og udvikling af produktion. Derudover har det demonstreret tilgængeligheden af teknologien for de mellemlange uddannelser og i et mindre produktionsmiljø med begrænset kompleksitet.
- Dolle: Arbejdet med at tage de første skridt fra automatiseret produktionssetup til at udnytte den digitale infrastruktur til optimering og udvikling af produktion.
- Sjørring Maskinfabrik: Arbejde med en begyndende digitalisering af produktions og supply chain eksekvering og udvikling af et roadmap for samme.
- Gabriel: Digitaliserings modenhedsanalyse som har affødt indsats omkring supply chain planlægning.

Disse pilot-studier har både bekræftet og nuanceret mange af konklusionerne fra vores interviews, og har givet anledning til at udvikle konkrete anbefalinger til en fremadrettet indsats om udvikling af kompetencer til Industri 4.0 – i Region Nordjylland og/eller som en tværregional indsats.

Vores resultater er blevet testet af i flere workshops i løbet af året, herunder gennem:

- Workshop med Implement d. 13. november 2017 – Operations Management gruppen – 12 konsulenter deltog i sparring og videnuudveksling på AAU.
- ATV møder hvor resultater løbende er diskuteret i forbindelse med ATV projektet "uddannelser til fremtidens produktion".
- Med UCN under deres I4.0 indsats, samt som del af diskussion af fremtidig leverance til det regionale projekt "Nordvest Smart Produktion".
- I MADE regi og specifikt som bidrag til diskussion af en dansk deltagelse i KIC program i "Advanced Manufacturing".

¹ Vi besøgte i maj Fraunhofer Magdeburg og deltog i et to dages forløb omkring deres i4.0 check-up; Besøgte i september Darmstadt TU og Fraunhofer; har haft løbende diskussioner med Ulrich Berger visiting professor på AAU med speciale i I4.0; har haft besøg fra Aachen Universitet til sparring om i4.0

3 Resultater af projektet Labour 4.0

I det følgende vil vi præsentere den viden vi har skabt i løbet af projektet.

Vi præsenterer først resultatet af det litterature review vi har udført, som peger på specifikke Industri 4.0 teknologier og affødte ændringer i kompetencebehov.

Hernæst har vi udarbejdet en række repræsentative case eksempler, som giver indsigt i hvilke kompetenceudfordringer og –strategier nordjyske virksomheder står overfor. Disse eksempler viser den indsigt vi har skabt gennem de mange samtaler vi har haft med virksomheder om kompetencestrategier i forbindelse med industri 4.0 initiativer.

Derefter introducerer vi den modenhedsmodel vi har anvendt.

Og slutteligt beskriver vi en række cases, hvor vi i samarbejde med virksomhederne har arbejdet proaktivt med at udvikle deres modenhed inden for både Industri 4.0 teknologier og kompetencer. Disse cases variere meget i natur, da de hver især tager udgangspunkt i lige præcis den situation den pågældende virksomhed stod i.

3.1 Industri 4.0 – hvad ved vi allerede?

I Europa er udtrykket Industri 4.0 almindelig i næsten enhver industrirelateret konference, messe eller opfordring til offentligt finansierede projekter. Industri 4.0 begrebet blev første gang brugt på Hannover Fair i 2011, hvor det blev introduceret i forbindelse med et projekt initieret af den tyske regering. Et projekt med målet at fremme computerisering og innovation af fremstilling (Drath et al. 2014).

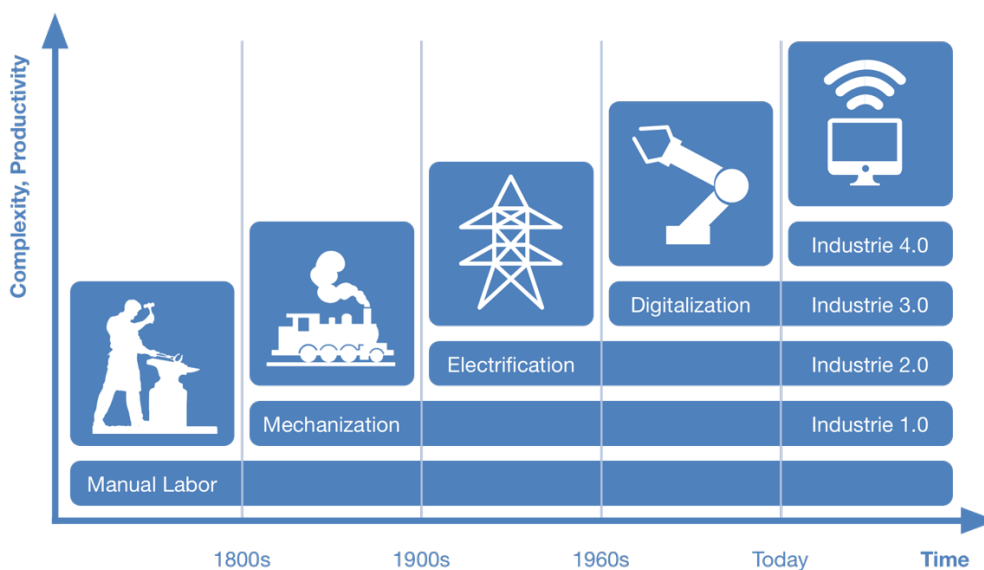
Begrebet Industri 4.0 forklares ofte i sammenhæng med Internet of Things, (IoT) og Cyber Physical Systems (CPS) (Kortuem et al. 2010) eller blot Industrial Internet, som er mere almindeligt anvendt i den engelsktalende del verden. Dermed er der stort fokus på den generelle tilgængelighed af data og kommunikerende enheder, samt det at de er forbundet i en overordnet digital infrastruktur, og introducerer dermed et paradigmeskift for industriel produktion drevet af gennemgående digitalisering.

Betegnelsen Industri 4.0 refererer til de tidligere trin af industrialisering, som hidtil har fundet sted. I slutningen af det 18. århundrede blev industrialiseringsprocessen initialiseret ved en udbredelse af dampkraft mekanisering, som gradvist erstattede menneskelig drevet produktion ligesom dampskibe og jernbaner åbnede nye måder at organisere logistik over store geografiske afstande.

Under den anden bølge af industrialiseringsprocessen, der begyndte i slutningen af 1800-tallet, blev kulbaseret mekanisering erstattet af elektrificering, hvilket medførte et skub i retningen af en intensiveret industrialisering, præget af masseproduktion bl.a. samlebåndet introduceret af pioneren Henry Ford og nye former for arbejdsorganisation inspireret af bl.a. Frederick Taylor.

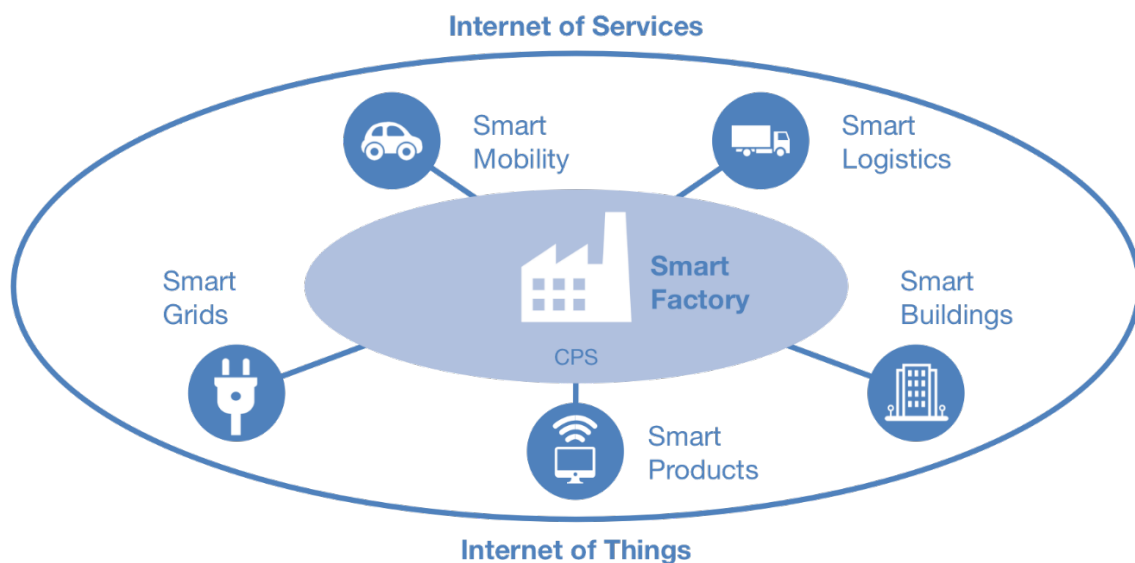
Den tredje bølge af industrialisering også kaldet 'den digitale revolution' starter omkring 1970'erne, hvor nyt avanceret elektronik og informationsteknologi yderligere prægede udviklingen af automatisering af produktionsprocesser.

I den industrirelaterede litteratur er der en fremherskende konsensus, at vi nu skal ind i en ny industrialiseringsperiode, jævnfør udtrykket Industri 4.0. En fjerde bølge er således en fortsættelse af den tredje bølge af industrialisering, men det er bemærkelsesværdigt, at Industri 4.0 er udråbet som den fjerde industrielle revolution inden vi har set det totale omfang af implementeringen. De tidligere bølger er først i et historisk perspektiv blevet udnævnt som kvantespring inden for industrialiseringen.



Figur 7: Industrielle revolutioner. Efter Drath et al. 2014

Indførelsen af Industri 4.0 drejer sig ikke om indførelsen af én ny teknologi, der er forbundet med en trinvis tilpasning af arbejdsystemer, men om en lang række nye teknologier og anvendelsesformer med forskellig grad af teknisk modenhed og systemiske virkninger. De fleste af disse nye teknologier er allerede tilgængelige, selvom de hovedsageligt anvendes i andre former for applikationer f.eks. indenfor forbrugerindustrien. Smart Factory udgør i den forbindelse et centralt element i Industri 4.0. Smart Factory (smarte fabrikker) er i stand til at håndtere kompleksitet, er mindre påvirkelige af eksterne faktorer og er i stand til at producere varer mere effektivt (Kagermann et al. 2013).



Figur 8: Smart Factories. Efter Kagermann et al. 2013

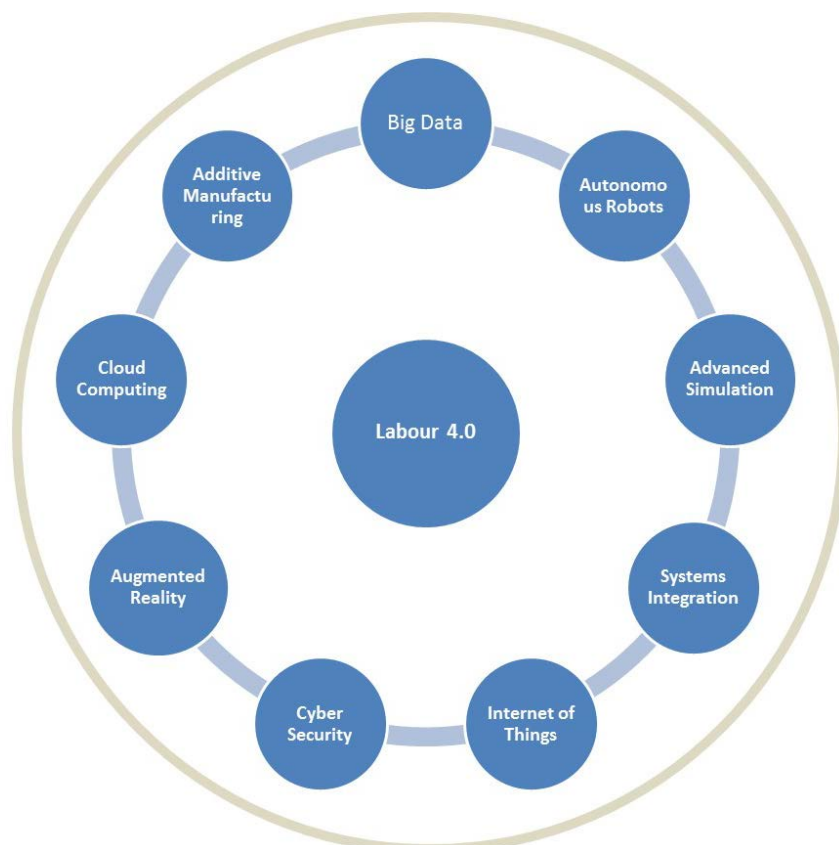
I Smart Factories kommunikerer mennesker, maskiner og ressourcer med hinanden lige så naturligt som i et socialt netværk og kan dermed selv optimere deres vej igennem produktionssystemet. Ligesom Smarte Produkter kender detaljerne om, hvordan de blev fremstillet, hvordan de er beregnet til at blive brugt og hvornår service er påkrævet. For at Smart Factory kan blive en realitet, vil det kræve integrationen af produktions- og automationsteknologi og IT-systemer. Kagermann skelner mellem en horisontal og en vertikal integration. Hvor en horisontal integration referer til integrationen af forskellige IT-systemer, der anvendes i de forskellige stadier af produktions- og forretnings-planlægningsprocesser, der indebærer udveksling af materialer og information både inden for en virksomhed og mellem flere forskellige virksomheder. Målet med denne integration er at levere en ende-til-ende løsning. En vertikal integration referer til integrationen af de forskellige IT-systemer på forskellige hierarkiske niveauer (f.eks. sensor, kontrol, produktionsstyring, fremstilling, udførelse og planlægningsniveauer) for at levere en ende-til-ende løsning (Kagermann et al. 2013).

Integration af produktions- og automationsteknologi og IT-systemer er en forudsætning for Smart Factory, men hvad er for nogle specifikke teknologier og systemer, der henvises til. I en rapport fra 2015 beskriver Boston Consulting Group (BCG) de ni teknologitendenser, der er byggestenene i Industry 4.0 og som således skaber Smart Factory.

De ni fundamentale teknologiske fremskridt (Rüssmann et al. 2015):

- Big Data and Analytics
- Autonomous Robots
- Simulation
- Horizontal and Vertical System Integration
- The Industrial Internet of Things

- Cyber Security
- Cloud Computing
- Additive Manufacturing
- Augmented Reality



Figur 9: Industri 4.0 teknologier.

I projektet Labour 4.0 tager vi derfor afsæt i nordjyske virksomheders arbejde med disse teknologier. Vi har en formodning om at udfordringerne vedr. kompetencestrategier har fællesnævner, der går på tværs af de forskellige teknologier. Denne formodning stemmer godt overens med hovedpointer i både en rapport udgivet af BcG i 2015 og FREMKOM3, som peger på netop tværfaglig, fleksibilitet og implementeringsevner som afgørende faktorer for at arbejde kompetent med Industri 4.0. Sammenfaldende argumentation er ligeledes gjort i den tyske rapport "kompetenzen für Industrie 4.0" publiceret af Acatech, som dog også omfatter anbefalinger til uddannelsessystemet.

I de to rapporter er der fokus på kompetence og udredning af fremtidens arbejdsprocesser og peger begge på hvordan den teknologiske udvikling vil ændre arbejdsstrukturen og arbejdsmarkedets betingelser. Derimod er der ikke i dette arbejde meget fokus på virksomhedens omstilling og relationen til kompetence og kapabilitetsopbygning på virksomhedsniveau. Der er dermed et hul i den eksisterende litteratur, som vi ønsker at udforske yderligere gennem dette forprojekt og en eventuelt fremtidig indsats på området.

Flere af de ni ovennævnte teknologier er allerede på nuværende tidspunkt i brug indenfor industrien, men med Industry 4.0, vil de omdanne produktionen til et fuldt integreret, automatiseret og optimeret produktions-flow, hvilket vil føre til øget effektivitet og ændre traditionelle produktionsforhold mellem leverandører, producenter og kunder såvel som mellem menneske og maskine.

Implementering af Industri 4.0 vil ikke blot ændre det traditionelle produktionsforhold mellem menneske og maskine, der vil stilles nye krav til medarbejders kompetencer, og den udbredte forventning er medarbejdere, som i stigende grad vil fokusere på kreative, innovative og kommunikative aktiviteter.

Rutinemæssige aktiviteter, så som overvågningsopgaver, overtages helt eller delvist af maskiner. Erfaring fra de tidligere bølger af industrialisering viser dog, at teknologiske fremskridt ikke mindskede den samlede beskæftigelse. Selvom antallet af produktionsmedarbejder faldt, opstod nye job og efterspørgslen efter nye færdigheder voksede (Kagermann et al. 2013). I dag er en ny arbejdsstyrkeforvandling derfor i vente.

FREMKOM 3: HOVEDPUNKTER

Faktorer, der påvirker fremtidens kompetencebehov:

- Globalisering og internationalisering, der medfører international konkurrence og en anden måde at tænke marked på
- Ny teknologi, der blandt andet muliggør øget automatisering og digitalisering og dermed også effektivisering
- Arbejdets organisering, herunder mere ansvar og beslutningskompetence til medarbejderne i forhold til udvikling af nye produkter og løsninger, blandt andet også optimering af egen arbejdsproces

Hovedtendenserne i kompetencebehovet:

- Fokus flyttes fra arbejdsfunktioner til arbejdsprocesser
- Medarbejderne bliver inddraget i ledelse
- Stigende behov for samarbejde og samskabelse
- Øget behov for relations- og kommunikationskompetencer
- Lederen som kommunikator
- Fra fagfaglige- til personfaglige kompetencer

BcG rapport: HOVEDPUNKTER

- Øget profit fra implementering af nye teknologier vil skabe grundlag for en forøgelse af arbejdsudbuddet modsvarende automatiseringen af processer.
 - Færre job i produktionen
 - Flere arbejdspladser indenfor IT, human interface design og databehandling.
- Tværfaglighed, fleksibilitet og It-færdigheder er afgørende kompetencer
- "Soft skills" meget mere vigtige end tidligere.
- Implementering af langt mere fleksible arbejdsformer både i forhold til ansættelser, arbejdstider og opgaver.
- Effektivisering af beslutninger betyder decentralisering af ledelsen.
- Mindre fokus på faglighed, mere på kapaciteter, særligt på uddannelsesinstitutionerne.
- Fleksible ansættelser betyder f.eks. langt flere ansættelser under 37 timer således at enkelte maskinoperatører f.eks. Arbejder for forskellige firmaer på forskellige ugedage.

3.1.1 Kompetenceprofilen

Til at indkredse Industri 4.0 inducerede kompetencebehov tager Erol et al. (2016) afsæt i Erpenbecks klassificering; Personlige-, Sociale-, Handling- og Domæne-relaterede kompetencer:

Personlig kompetence kan forstås som en persons evne til at handle på en reflekterende og autonome måde. Her peger Erol et al. (2016) på en generel tillid til teknologi og personlig fleksibilitet med hensyn til arbejdstid, arbejdsindhold og arbejdsplads som er tænke-måde, der er en forudsætning for en fleksibel produktion, der kan reagere hurtigt på markedets behov og miljømæssige forhold.

Social kompetence henviser til den kendsgerning, at en person interagerer i en social sammenhæng. En fulde digital integration og automatisering af hele fremstillingsprocessen (vertikale og horisontalt) vil øge omfang og kompleksitet, hvilket kræver en tankegang, der er rettet mod at opbygge og vedligeholde netværk af eksperter, for at kunne samarbejde ad-hoc og finde passende løsninger til komplekse problemer - fleksibilitet i problemløsning og kreativitet er en forudsætning.

Handlingsrelateret kompetencer er evnen til at tage individuelle eller socialt konstruerede ideer til handling. Kompetencer hos fremtidige medarbejdere vil være stærke analytiske færdigheder og evnen til at finde domæne-specifikke og praktiske løsninger til problemstillinger uden at miste det overordnede mål er nøglekompetencer for fremtidige ingeniører (Erol et al. 2016).

Domæne-relaterede kompetencer henviser til evnen til at forstå og bruge domæne viden til et job eller en bestemt opgave. Ved implementering af Industri 4.0 skal medarbejdere være i stand til at vurdere, om delsystemer fungerer som forventet og interagere med systemer gennem diverse grænseflader. Ligesom medarbejder og ingeniør i tilfælde af forstyrrelser skal kunne analysere komplekse systemer gennem specialiseret software. For ingeniører vil en dyb forståelse af sammenhænge mellem de elektriske, mekaniske og computerkomponenter være en vital evne for at udvikle innovative produkter og processer (Erol et al. 2016). Disse industri 4.0 inducerede kompetencekrav som Erol et al. har analyseret og klassificeret har til en vis grad karakter af generiske kompetencer, som dog varsler om radikalt nye job- og kompetenceprofiler. Det vil blive nødvendigt at indføre kompetencestrategier og f.eks. organisere arbejde på en måde, der fremmer læring, og som muliggør arbejdspladsbaseret og livslang læring. BCG har gennem analyse af ti 'use cases' identificeret fremtidig kompetence behov ift. konkrete teknologer (Lorenz et al. 2015). Nedenstående illustration [efter Lorenz et al. 2015] er nogle bud på øget efterspørgsel på konkrete fagligheder i forhold til Industri 4.0 teknologier.

Ten use cases	Increasing the demand
Big-Data-Driven Quality Control	Increasing the demand for industrial data scientists
Robot-Assisted Production	Robot coordinator
Self-Driving Logistics Vehicles	Logistics personnel
Production Line Simulation	Industrial Engineers and simulation experts
Smart Supply Network	Supply chain coordinators to handle deliveries in smaller lot sizes
Predictive maintenance	Digitally assisted field-service engineers
Machines as a Service	Expand sales force
Self-Organizing Production	Specialists in data modelling and interpretation
Additive manufacturing of Complex Parts	Jobs in 3D computer-aided design and 3D modelling are being created in R&D and engineering

Figur 10: Use cases om Industri 4.0

Heraf kan vi udlede, at for at arbejde effektivt med Industri 4.0 er det ikke længere tilstrækkeligt for industriens medarbejdere kun at have gode faglige kvalifikationer og at kunne omsætte disse i praksis. Det vil samtidigt og i stigende omfang nødvendigt også at besidde både processuelle, relationelle og kommunikative kompetencer. Disse tendenser vil skabe en øget efterspørgsel på personer med en videregående uddannelse og personer med en erhvervsfaglig uddannelse og lavere efterspørgsel efter ikke-faglærte. Under de eksisterende konkurrenceforhold udgør den danske arbejdskultur, og den danske arbejdskrafts refleksive og interpersonelle kompetencer en konkurrencefordel.

Flere har således i de seneste år peget på, at den teknologiske udvikling vil kræve medarbejdere med en høj specialiseret viden og specialistkompetencer, som kan håndtere den nye komplekse teknologi og sikre en hurtig og effektiv implementering. En rapport fra Erhvervs- og vækstministeriet om Danmarks digitale vækst fremhæver, at behovet for specialister er markant stigende; fx er efterspørgslen på IT-specialister steget fra 4.500 i 2009 til ca. 8.700 i 2014 (Digital Vækstpanel, 2017) Der findes dog også modsatrettede kræfter, som peger på en anden fordeling af arbejdsudbuddet. Disse kræfter bygger på teknologiobservationer, hvor mange

teknologier i produktionsmiljøet generelt bliver lettere tilgængelige for alle typer af medarbejdere. Robotter kan eksempelvis programmeres ved at vise eller fortælle dem hvad de skal gøre. Derudover så vil mange opgaver være svære eller omkostningstunge at automatisere på trods af deres simple natur, dette gør sig f.eks. ofte gældende for føddning af komponenter. Dermed bliver der stadig plads til ufaglært arbejdskraft og i den anden ende af kompetencespændet bliver der brug for højt uddannede medarbejdere til at skabe rammerne og de understøttende systemer, men efterlader potentielt et hul i det mellemtekniske område. I det mellemtekniske område finder vi dog personer med en kompetenceprofil, som indeholder stærk domæneviden, procesforståelse og nok teknologiindsigt til at få løsningerne til at fungere i praksis.

3.1.2 Uddannelsessystemet

Selvom højt specialiseret viden bliver afgørende for fremtidens vidensbaserede produktion, er én af konklusionerne, at der i fremtiden også vil blive hårdt brug for medarbejdere, som kan arbejde på tværs af uddannelses- og fagområder, hvor der for nuværende er en tendens til faglig black-boxing i uddannelsessystemet og i praksis hos mange virksomheder. Samtidig pegede flere på, at tværorganisatorisk samarbejde mellem medarbejdere med forskellige uddannelsesbaggrunde ofte er en vigtig katalysator og ramme for innovation og udvikling af produkter og nye processer i produktionen. Det øgede behov for tværfaglighed og samarbejde på tværs af uddannelses- og fagområder kræver en forståelse hos medarbejderne, som går ud over deres eget fagområde, og der er derfor et behov for, at eksempelvis ph.d.er samt ingeniører kan tale produktionsmedarbejdernes sprog og samtidig afkode den viden, de har om måden, hvorpå de producerer. Det er derfor ikke nok, at medarbejderen er god til sit fag, medarbejderen skal både have bredde og dybde. Der er derfor ikke kun brug for dygtige specialister, men også generalister i fremtidens produktionsvirksomheder, og det er vigtigt at få bygget bro mellem specialiseret viden, forretningen og produktionen.

Det øgede behov for interaktion på tværs af virksomheden og mellem medarbejdere med forskellige baggrunde stiller nye krav til uddannelsessystemet. Kompetencer i at samarbejde og udvikle løsninger på tværs vil blive styrket af et samarbejde mellem f.eks. faglærte og diplomingeniører allerede under uddannelsen og gerne som en direkte del af undervisningen. Der er derfor behov for et øget samarbejde vertikalt mellem de forskellige uddannelsesniveauer, så de forskellige uddannelsesniveauer kan arbejde sammen om at uddanne ift. de kompetencer, som fremstillingsindustrien har brug for, og for at sikre, at flere medarbejdere kan bidrage tværorganisatorisk.

Samarbejde på tværs af uddannelsesniveauer kan med fordel inddrages i undervisningen, og der kan være behov for at lave en modulopbygning af uddannelserne fra faglært til ingeniør, hvor studerende kan tage delelementer på tværs – dette forudsætter, at sammenhængen på tværs af uddannelsesniveauer bliver styrket.

På grund af den rivende tekniske udvikling og de mange muligheder og udfordringer, som følger, er det nødvendigt at se på vigtigheden af øget samspil mellem aftagere og uddannelsesinstitutionerne og behovet for kontinuerligt at opdatere og tilpasse undervisning og uddannelserne med løbende input fra industrien. Der

er behov for, at industrien løbende i samarbejde med uddannelsesinstitutionerne afsøger det fremtidige arbejdsmarked og kompetenceprofil. F.eks. har ingeniørers kompetencer behov for at blive suppleret, da virksomhederne i stigende grad har brug for, at ingeniørerne har forretningsforståelse, kan innovere, lede og kommunikere. Det samme gælder faglærte, der udfører og styrer produktionen, hvor behovet for at overskue meget komplekse processer med flere forskellige teknologier og kommunikationssystemer, der interagerer, vil kræve flere teoretiske kompetencer. Det er derfor vigtigt at identificere, hvilke kompetencer virksomhederne har brug for nu og i fremtiden og at få dette integreret i uddannelseskæden, så de understøtter virksomhedernes kompetencebehov. Uddannelsesreformer med dette sigte er dermed tiltrængte og der pågår også en del eksperimenter med dette sigte (se f.eks. samspillet mellem AAU og UCN omkring digitale tvillinger).

3.1.3 Opkvalificering af den aktive arbejdsstyrke

Uddannelsesreformer gør det ikke alene, den primære omstilling må drives gennem den nuværende arbejdsstyrke. Virksomhederne har dermed også behov for at opbygge egentlige kompetencestrategier for at understøtte omstillingen indefra gennem den nuværende arbejdsstyrke, som primært kommer til at drive digitaliseringsdagsordenen i de næste mange år. Derfor er det også med dette udgangspunkt at vi i det følgende afsnit giver en række anbefalinger til understøttelse af denne transformation.

Industry 4.0 skaber enorme muligheder for fremstillingsindustrier samtidig med den på mange områder vil medføre bedre arbejdsvilkår for mange lavtlønnede arbejdere, som vil opleve f.eks. mindre repeterende arbejdsprocesser og tunge løft. Selvom tab af arbejdspladser vil være højt for nogle kategorier af arbejde, såsom montage og produktionsplanlægning, vil jobgevinster være betydelige i andre kategorier, især IT og analytisk.

At sætte virksomhederne i stand til at omskole deres arbejdsstyrke, uddannelsessystemer til at lukke IT-færdighedsgabet, og regeringer til at styrke deres støtte vil være afgørende for at realisere løftet om Industri 4.0. (Lorenz et al. 2015).

3.2 Labour 4.0 i Nordjylland

Industrilandskabet i Nordjylland domineres af SMVer og disse er generelt mindre investeringsvillige og efterlader mindre rum for eksperimenter end de store virksomheder. Det klare indtryk fra vores interviews er da også at der kræves en klar og positiv business case omkring investeringer og at investerings-evne og –vilje dermed også er begrænset. Dermed opbygges automatisering og digitalisering også primært i enkeltstående miljøer, mens den samlede værdistrøm kun i begrænset omfang får opmærksomhed i forbindelse med investeringer i ny teknologi. Fokus er dermed på den enkelte robot/celle og muligheden for at skabe et positivt business case omkring denne investering, men det samlede produktionsgrundlag eller den samlede produktionsproces som oftest ikke indgår i de oprindelige tanker, men ofte først for alvor kommer i spil i

forbindelse med eller efter idriftsætning. Dette udgør et væsentligt driftsmæssigt problem og et muligt stort tab af potentiale.

	Meget store	Store	Mellem	Små	Ingen investeringer i automatisering de seneste 5 år	I alt
10-50 Ansatte	2%	9%	26%	43%	21%	100%
50-250 Ansatte	1%	13%	36%	36%	13%	100%
Over 250 Ansatte	11%	31%	38%	18%	2%	100%
Alle virksomheder	8%	24%	36%	26%	7%	100%

Figur 11: Investeringer i automatisering inden for fem år. 2014 Kilde: http://ida.dk/sites/default/files/ida_analyse_-_automatisering_i_industrien

Tallene fra IDAs automatiseringsstudie viser endvidere at Nordjylland befinder sig i bunden af indekset i forhold til den opfattede udnyttelse af automatiseringspotentialet. Dette billede kan i en vis udstrækning forklares gennem industristrukturen i Nordjylland, men må også tilskrives en generel træghed i investeringsviljen og i evnen til at omsætte teknologipotentialer i praksis på virksomhedsniveau.

Hvordan vil du vurdere graden af automatisering på virksomheden på følgende områder: (vurder på en skala fra 1 til 10, hvor 1 er helt uden automatisering og 10 er fuldt automatiseret)

	Fremstilling	Montage	Pakning	Lager	Gns.
Vestjylland	6,7	5,2	4,9	4,6	5,4
Sønderjylland	6,5	5,2	4,8	4,7	5,3
Hovedstadsområdet	6,0	5,3	5,1	4,4	5,2
Østjylland	6,5	5,1	4,5	4,2	5,1
Hele landet	6,1	4,8	4,6	4,1	4,9
Øvrige Sjælland, Lolland og Falster	6,3	4,8	4,9	3,8	4,9
Fyn	5,3	3,3	3,3	2,8	3,7
Nordjylland	4,4	2,5	2,9	2,6	3,1

Figur 12: Investeringer i automatisering inden for fem år. 2014 Kilde: http://ida.dk/sites/default/files/ida_analyse_-_automatisering_i_industrien

Investeringsefterslæbet i Nordjylland truer med at efterlade regionens virksomheder på et udviklingsstadium som kan vise sig svær at bryde ud af, fordi det ofte ledsages af lav værditilvækst og dermed en begrænset investeringsevne. Der kan dermed ikke være så megen tvivl om behovet for en regionalindsats, men spørgsmålet er snarere hvad man relevant skal gøre givet dette udgangspunkt.

3.3 Fremhævede case-eksempler

På baggrund af den interviewrække der er gennemført i projektet har vi udvalgt et mindre antal case-eksempler, som her beskrives. Casene danner tilsammen et godt repræsentativt grundlag for at illustrere den pointer der blev generelt fremhævet på tværs af interview virksomhederne.

3.3.1 Metalbearbejdning A/S

Virksomheden er en dansk metalproduktionsvirksomhed, der laver ventilationssystemer/løsninger og har datterselskaber i Polen, Malaysia og Singapore. Virksomheden er del af en større fransk familievirksomhed og har omkring 185 medarbejdere i deres danske afdeling, ca. 45 funktionærer og 140 timelønnede. Blandt funktionærerne har et mindre antal længerevarende uddannelser, men de fleste er "vokset op" i virksomheden og har lang anciennitet. De timelønnede består af ca. to tredjedele uaglærte, der hovedsageligt arbejder på lager og med montage, og en tredjedel smede.

3.3.1.1 Udfordring omkring feedback og dataindsamling

Virksomheden har en generel udfordring i forhold til en omstilling fra en produktorienteret til data orienteret forretningsmodel, idet der imellem dem som producenter og slutbrugerne er et mellemed af distributører/installatører, som varetager kundekontakten. Konsekvensen af dette er at produktopdateringer og produktionsudvikling primært bygger på de fortællinger som sælgerne og kunderne fortæller hinanden om produkterne. Et konkret eksempel på det negative potentiale der ligger i den manglende feedback er at der på et tidspunkt er faldet en del af en ventilationsinstallation, en komponent som afbalancerer en del af systemet, hvilket i sig selv kunne skabe farlige situationer. Man har en formodning om hvordan problemet er opstået, i forbindelse med introduktionen af et nyt materiale til fastgørelse af komponenten, men har intet overblik over om det er et generelt problem på alle de systemer de har ude som bruger det pågældende materiale, om det måske blot er et spørgsmål om en enkeltstående fejl, om det har noget at gøre med den belastning den pågældende ventilator har været udsat for. Her har virksomheden altså en åbenlys interesse i at have en bedre "dataindsamling" og "datainddragelse" i forbindelse med optimering af egen og kundens produktion, men er begrænset af deres kæde. Mulighederne forbundet med at sikre produktets opetid og performance på kritiske elementer såsom energiforbrug og et partikelfrit arbejdsmiljø, er en anden dimension hvor evnen til at monitorere og optimere kundens drift kunne udgøre et centralt konkurrenceparameter.

3.3.1.2 Ordrebehandling uden systematik

Virksomheden har også et åbenlyst potentiale for optimering af ordrerflowet på tværs af virksomhedens funktioner. Dette er ikke særligt systematiseret, forstået på den måde at det er meget svært at danne sig et overblik over igangværende ordrer og hvor langt andre involverede dele af produktionen er med en given

ordre. Status i forhold til denne problematik er på samme niveau som med brugerfeedbacken, der er endnu ikke implementeret nogen overvågning af ordrer, altså en systematisk dataindsamling, for eksempel igennem et program der sporer ordrer som de bliver behandlet igennem produktionen. Potentialet i sådan data er stort i forhold til at kunne sikre optimal arbejdsgang, og man kunne for eksempel igennem en algoritme skabe anbefalinger til medarbejderne om hvilke arbejdsopgaver de mest hensigtsmæssigt kunne varetage på et givent tidspunkt.

3.3.1.3 *Eksperimentel tilgang*

Virksomheden har ikke nogen formel strategi for opkvalificering af deres medarbejdere. Man har tidligere indkøbt nye teknologier, men har oplevet, at de ikke er blevet taget i brug før de har fået ansat en ny ingeniør til deres produktion. Et andet eksempel på en opkvalificering der skete som konsekvens af den ustrukturerede tilgang er at man på et tidspunkt havde ansat en ung smed som fik en skade der forhindrede denne i fortsat at indgå i produktionen som smed. Virksomheden valgte at videreuddanne denne til tekniske designer med succes. Man har ligeledes erfaringer med internt at videreuddanne unge smede i forbindelse med nyindkøbte maskiner, men udelukkende retrospektivt.

3.3.1.4 *Mellemlider-barriere*

En af de begrænsninger man hos virksomheden har oplevet i forhold til at implementere både industri 4.0 teknologier og derved også kompetencer er manglende tværfaglighed særligt hos mellemliderne i virksomheden. Indtil for et par år siden har det været et særligt stort problem, da der har været et alt for stort fokus på at opretholde workflow i produktionen. Virksomheden har siden fået integreret en række ingeniører i PTA-afdelingen, og oplevelsen er at det generelt er svært at lave fejl, da de nye teknologier der implementeres er markant bedre end dem som de erstatter. Et eksempel på dette er indkøbet af en ny laserskærer da deres ordre oversteg deres nuværendes kapacitet. Indledningsvist var man tæt på at indkøbe en mere af samme model som den de havde, en 15 år gammel model. Heldigvis blev processen stoppet og i stedet indkøbte man en nyere model fiberlaser, som var så meget mere effektiv, at man kunne spare 5 fuldtidsansættelser i produktionen. En praktisk løsning på problemet, med mellemlidernes for store fokus på workflow og manglende tekniske indsigt, er at man har ansat nye unge ingeniører, gerne nyuddannede, som man har bedt gennemse produktionen for nye potentielle teknologiimplementeringer og meget afgørende holdt dem adskilt fra alle forpligtelser over for det aktuelle workflow. Der udvikles typisk "roadmaps" af de unge ingeniører, der så kan refereres til over for produktionen og styre teknologiimplementeringen.

3.3.2 *Print A/S*

Virksomheden er en produktionsvirksomhed, der laver forskellige former for tryk på tekstil, som har i underkanten af 100 ansatte. Teknologisk set er virksomheden rimelig langt fremme i forhold til deres

konkurrenter. De har eksempelvis en fuldautomatiseret proces til udskæring af skabeloner og en tekstilprinter, som kan lave mere end 1 farve af gangen, hvilket er en teknologi som ingen andre af deres konkurrenter i Danmark har.

I forhold til at arbejde med medarbejdernes kompetencer er virksomheden også med fremme, de lader til at have en ret moderne tilgang til ledelse med stor medarbejderinvolvering f.eks. i forbindelse med månedlige statusmøder for samtlige medarbejdere.

3.3.2.1 Løbende opkvalificering

De kompetencer virksomheden har oplevet at have et behov for er generelle IT-kompetencer, engelsk (nødvendigt for IT), specifikke programpakker som leverandørerne typisk leverer i forbindelse med at man har købt ny teknologi og grafikere der kan arbejde i specifikke programmer til at klargøre emnerne inden produktionen.

Når en ny maskine/robot bliver introduceret sendes der typisk 2-3 personer på oplæring på leverandørkurser. Herefter opkvalificerer man internt igennem sidemandsoplæring. Det er også sådan personalet løbende bliver opkvalificeret til nye opgaver. Der er en ret klar hierarkisering af arbejdsopgaver internt på virksomheden, således at mange af de personer der kommer til at arbejde med de mest "komplekse" opgaver typisk har været igennem og arbejdet med de fleste andre dele af produktionen i forvejen. Det er også således, at der for det meste rekrutteres til bunden af opgavehierarkiet, og at man så internt opkvalificerer medarbejderen til andre, mere komplekse opgaver.

Virksomheden har i løbet af året en eller flere perioder hvor der ikke er så travlt, og disse udnyttes gerne til opkvalificering, for eksempel ved at de ansatte bruger tid i andre dele af produktionen end hvor de til daglig befinder sig. Igennem denne praksis mener man at sikre en vis intern forståelse for de besværligheder der kan være ligesom det naturligtvis skaber et vis gardering.

Virksomheden har også gjort sig enkelte strategiske betragtninger omkring udviklingen af medarbejdernes kompetencer og klargøring til fremtidige teknologiske krav. Med udgangspunkt i disse betragtninger er medarbejdere blevet sendt på engelsk- og IT-kurser.

3.3.2.2 Digitalt ordresystem

En af de ting der er gjort betydeligt nemmere, af de strategiske overvejelser, er implementeringen af et samlet ordresystem for hele produktionen. Systemet er implementeret på pads i alle dele af produktionen således at medarbejderne konstant kan se hvor forskellige ordrer er i den samlede produktion, og herigennem vurdere hvilke ordrer de skal gå i gang med at gennemføre på et givent tidspunkt. Programmet er udviklet på engelsk og kræver derfor naturligvis et minimum af IT kompetencer og engelsk, som er understøttet af de førnævnte kurser.

I denne implementering ligger der et stort potentiale for at høste data og bruge denne i I4.0 sammenhænge som for eksempel algoritmer der laver anbefalinger for hvilke ordrer der med fordel kan laves på et givent tidspunkt for at optimere workflow.

3.3.3 Elektronik A/S

Virksomheden er en elektronikvirksomhed med ca. 500 ansatte Polen og Kina med hovedsæde i Danmark. Virksomheden har tidligere indført et 100% digitalt, papirløst produktionsforløb med inddragelse af ipads og et live ordrehåndteringssystem.

3.3.3.1 *Delvis automatisering af produktionen*

Virksomheden er i gang med at lave et setup til en del af deres produktion, som i store træk automatiseres. De har en ambition om at køre ubemandet døgnet rundt med 2 helt nye maskiner som kun skal "loade" ind engang imellem. De anser det for at være realistisk at have systemet oppe at køre inden for et halvt til et helt års tid. Planen er at systemet også skal kunne styres hjemmefra, således at der er en række alarmer der bliver sendt til den ansvarliges mobiltelefon og som man så kan reagere på uden at skulle møde ind. Maskinerne er fjernmonitorede, så de kan diagnosticeres på afstand, og hvis der er et problem sender producenten den nødvendige del og virksomheden hiver så selv en tekniker ind til at foretage selve reparationen. leverandøren kommer og justerer maskinen efter et års tid således at den største del af vedligeholdelsen på maskinen altså falder bort som fast arbejdsopgave. Således bortfalder også nogle kompetencebehov da opgaverne er overtaget af maskinleverandøren. Virksomheden har fortsat en tværgående vedligeholdelsesansvarlig, men han er ikke en del af de nye automatiserede processer, hertil bliver de nye maskiner for specialiserede.

3.3.3.2 *Rekruttering*

I forbindelse med den daglige betjening af maskinen indledte virksomheden med en maskinarbejder, som man dog hurtigt fandt ud af manglede den omhyggelighed og præcision der skulle bruges. I stedet ansatte man en værktøjsmager, som kunne tune maskinen bedre. Virksomheden så i forbindelse med ansættelse meget på hvilke praktiske erfaringer ansøgerne havde, ikke så meget på titler eller anden baggrund. Der var særligt fokus på at medarbejderen havde den nødvendige procesforståelse og erfaring med de konkrete systemer og maskiner da opgaverne er meget specifikke og teknisk specialiserede.

Generelt oplever man visse problemer med at finde kandidater med den tværfaglige profil som man efterspørger. Virksomheden har for eksempel spekuleret i yderligere datainddragelse, men de ansøgere der kan varetage denne funktion mangler typisk den forståelse for business-cases og tekniske forhold, som også er central. Dette hænger sammen med at der fra ledelsen opleves en vis tilbageholdenhed overfor nye investeringer hvis business-case ikke kan argumenteres for meget konkret.

3.3.3.3 *Leverandørkurser*

Virksomheden kigger typisk mod deres leverandører for kurser, hvis de oplever specifikke tekniske kompetencemangler. Man har gode erfaringer med at få leveret kompetencerne ved underleverandørerne indtil der kan ansættes en person der varetager opgaven. Det er ofte en del af handlen for eksempel i forbindelse med indkøbet af en ny maskine, at underleverandøren starter med at varetage produktionen og vedligeholdelsen imens en medarbejder oplæres hos dem til fremtidigt at varetage opgaven. Oplæring i de nødvendige tekniske kompetencer er altså en del af aftalen med leverandørerne.

3.3.4 *Direkte Digital Produktion A/S*

Virksomheden er markant anderledes end de øvrige fremhævede virksomheder, da de oftere står som leverandør af de omtalte I4.0 produkter. Virksomheden har siden sin stiftelse i december 2014 arbejdet med at få integreret 3D print som en del af virksomheders produktion. For nuværende ser man 3D print som en prototype-teknologi der udelukkende bruges i forbindelse med eksperimentel produktion, men forretningsgrundlaget bygger på at få skubbet teknologien ind som en del af den normale produktion.

3.3.4.1 *Væk fra faglige siloer*

En af de helt store pointer i overgangen til I4.0 som virksomheden ser udviklingen er, at den faglige silotænkning der dominerer mange specialiserede faggrupper må udfases. I takt med støt stigende krav til hvor hurtigt et produkt skal gå fra konceptudvikling til færdiglavet, stiger nødvendigheden af at de tekniske specialister også har et ordentligt kendskab til for eksempel virksomhedens økonomiske muligheder, produktets rentabilitet og det samlede produktionsforløb ligeledes. Et af de gode eksempler der fremhæves er eksport- og global business ingeniører, der agerer som en from for crossover imellem kommercialiseringsfunktionen og den tekniske. Der er behov for langt flere af denne slags "bindeleds-uddannede" ingeniører i fremtiden mener virksomheden, og særligt arbejdsopgaver rundt om teknologien fremhæves som stillende krav til den enkelte medarbejders tværfaglighed. De helt gennemspecialiserede medarbejdere bliver der altså færre af såfremt de ikke forstår at sætte teknologien i spil i en kommerciel kontekst. Virksomhedens egen kontekst og forretningsmodel kræver, at de kan ansætte folk, der både forstår den nuværende støbeproduktion, mulighederne og begrænsningerne i 3D print og programmering samt sætte sig ind i den enkelte kundes behov.

3.3.4.2 *Fleksibilitet, læringsparathed, nysgerrighed, proces og samarbejdsegenskaber*

Nogle af de kompetencer som man fra virksomhedens side ser som afgørende er fleksibilitet, læringsparathed, nysgerrighed og samarbejdsegenskaber. Det nævnes også at dette mere procesorienterede fokus hænger

sammen med, at man forventer et opskruet tempo i ændringen af krav til medarbejdere og disses kompetencer, således at fleksibilitet og livslang læring ikke som sådan er de egenskaber der bliver afgørende for ens arbejde, men derimod helt afgørende for ens evne til at tilegne sig en de kompetencer

3.3.4.3 *Skab rammen omkring strukturerede eksperimenter med ny teknologi*

Det er alment anerkendt at arbejdet med at forstå, tilpasse og adoptere ny teknologi beror på et stort antal eksperimenter og demonstratorer. Når vi ser ud over industrilandskabet så er det også tydeligt at de store virksomheder skaber rum for eksperimenter gennem testproduktionsceller, ved at afprøve smarte produkter i markedet eller ved at opbygge egentlige laboratorier til formålet. Disse virksomheder har også en tydelig erkendelse af at den digitale transformation ikke blot skal drives af teknologi, men også gennem proces-, organisations- og kompetence-udvikling.

3.4 Opsummering af resultater

De ovenstående repræsentative cases viser en både udfordringer og elementer af løsninger, som har været bredt kendetegnende for de virksomheder vi har haft samtaler med i løbet af 2017.

Arbejdet må primært betegnes som reaktivt og dermed også primært taktisk og operationelt. Strategisk arbejde med kompetence agendaen knytter sig primært til markedsudvikling og sekundært til produktudvikling, mens produktions og supply chain udvikling får meget begrænset opmærksomhed på strategisk niveau.

Specialiseret produktionskompetence tilkøbes i forbindelse med investeringer og generelt sources der specialiserede kompetencer, fremfor at tilkøbe/opbygge disse internt. Begrundelsen for dette er ofte at virksomheden ikke selv kan bære en specialiseret kompetence. Udfordringer i forhold til I4.0 er at der findes få standardløsninger og teknologien må indlæres og forankres gennem løbende eksperimenter

3.4.1 Hvilke kompetencer er der behov for overordnet set?

Helt overordnet kan vi se at der er fællesnævner for de kompetencer virksomhederne fremhæver at have behov for at styrke. Disse er:

- IT-/IKT-kendskab
- Tværfaglighed
- Samarbejdsevner
- Forretningsforståelse

Dette resultat understøttes af flere af de rapporter der tidligere er beskrevet. Særligt interessant er at de primære kompetencebehov ikke er direkte relaterede til specifikke teknologier, men i langt højere grad er

centreret om evnen til at sætte teknologierne i spil proces- og forretningsmæssigt. Dette understreger vigtigheden af vores indledende antagelse; at virksomheder i tillæg til en teknologistrategi også har behov for en kompetencestrategi for at aktivere det reelle potentiale i i4.0.

3.4.2 Udfordringer

De udfordringer vores analyse primært har identificeret peger på en række områder, hvor indenfor nordjyske virksomheder pt. ikke er tilstrækkeligt modne.

Ifht. IT/IKT-kendskab har vi identificeret, at investeringer i ny-indkøb af teknologier ofte er udfordret af manglende tekniske kompetencer hos mellemledere og ledere. Dette afføder på den ene side en stor usikkerhed ifht. at foretage investeringer, og på den anden side udfordringer ifht. at integrere nye løsninger effektivt med det eksisterende set-up. Samlet har det som effekt at investering ofte foretages i isolerede teknologier til dedikerede operationer. Derved skabes der kun i meget begrænset omfang nye digitale systemløsninger, som samlet kan generere nye muligheder. Løsningsrummet er ofte isoleret til "øer" af automatisering i produktionen, eller integration af intelligens i enkeltstående produkter. Vi så en lav grad af anvendelse af data til at skabe nye muligheder. Det blev fremhævet at aktiviteterne blev drevet som traditionelle business cases, og at der kun eksperimenteres i lav grad. Denne mangel på eksperimenter begrænser virksomhedernes mulighed for at tilegne sig i4.0 kompetencer løbende.

Det blev således fremhævet gentagende gange at erkendelse af at system- og forretningsforståelse i højere grad må opbygges. Det er en udfordring for virksomhederne at identificere konkrete business cases, og forretningsforståelse i produktionen fokuserer ofte på kostbesparelser snarere end nye indtjeningspotentialer.

Disse udfordringer understreges yderligere af at det er svært at (få) dedikere medarbejdere til at drive omstillingen. Der anvendes ofte eksterne ressourcer til at drive tekniske omstillinger. Dette er mest kosteffektivt ifht. det enkelte projekt. Men det betyder også samtidigt at der ikke opbygges intern kompetence til at videreudvikle i4.0 initiativer.

Alt i alt giver tegner dette et billede af, at der er kun i begrænset omfang er fokus på de nye kompetencer der er nødvendige for til fulde at udnytte de muligheder for i4.0 byder på. I stedet bliver den digitale udvikling set som en forlængelse af det eksisterende. Men når vi taler i4.0 så stiger kompleksitetsniveauet grundet behov for systemintegration. Her kommer mange virksomheder og teknologileverandører til kort fordi det kræver bredere sæt af kompetencer (flere samvirkende teknologier, organisation, forretning mv.) Dvs. at selvom den generelle digitale infrastruktur i virksomheder er relativt veludviklet, så er evnen til at omsætte potentialer herfra endnu umoden.

3.4.3 Hvordan opkvalificeres medarbejdere?

Medarbejderne i virksomhederne udrustes kun i mindre grad til at håndtere disse udfordringer. Hertil gøres der mest brug af:

- AMU kurser
- Leverandørkurser
- Sidemandsoplæring

Uden effektiv og intensiv opkvalificering vil implementeringen og udnyttelsen af Industri 4.0 teknologier foregå langsomt og ikke nå det potentiale der ligger i teknologierne. Uddannelsessystemet har derfor en helt central rolle at udfylde ifht. bedre opkvalificering af medarbejdere.

Det er vigtigt at understrege at opkvalificering af medarbejdere drejer sig ikke kun om medarbejder i produktionen. Det drejer sig både om medarbejdere på strategisk, taktisk og operationelt niveau. Nedenstående peger vi på nogle af de udfordringer og kompetencebehov vi har identificeret på hvert af disse tre niveauer.

Strategisk niveau:

På det strategiske niveau kunne vi identificere en stor nysgerrighed overfor i4.0 og de muligheder dette byder på. Mange ledere vil gerne udforske mulighederne i mødelokalet, men er usikre på den praktiske implementering. Derfor er interessen for i4.0 ofte ikke kommet videre end til skrivebordet. Dette ses f.eks. ved at virksomheder har udefinerede strategier i forhold til i4.0 og en svag kobling mellem teknologi, organisation og kompetencer.

Der peges fra ledelsesniveauet særligt på at potentialeafklaring er forbundet med mange usikkerheder, og at de endnu ikke føler sig klædt tilstrækkeligt på til at arbejde effektivt med dette.

Desuden peges der på udfordringen i at eksterne afhængigheder bliver dominerende, når der arbejdes med nye kompetencer. Dette kan være en strategisk udfordring.

Taktisk niveau:

På det taktiske niveau kunne vi konstatere at virksomhederne kan generere store mængder af data, men at de primært forholder sig til et begrænset udsnit heraf; det data der er behov for til at drive produktionsanlægget. Dvs. at man på taktisk niveau har kompetencer til at skabe data, men at man endnu ikke er kompetent inden for data analytics og til at omsætte data til ændret praksis.

På dette niveau kunne udfordringen vedr. begrænset strategi og systemtænkning i forbindelse med anskaffelse af nyt udstyr også konstateres.

Operationelt niveau:

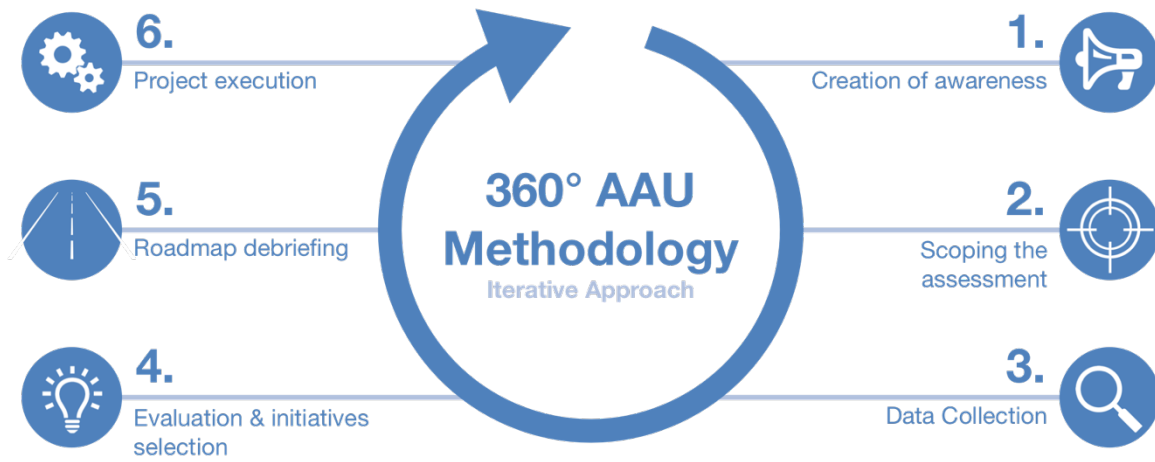
Operationelt fremstod det tydeligt, at kompetencerne primært er fokuserede på at vi har sat strøm til manualer, SOPer, etc. Dvs. at vi har skabt operationelle kompetencer til at arbejde med digitaliserede versioner af eksisterende arbejdsgange. Der var en generel komfort med digitale muligheder, men det blev fremhævet at der opleves et stort behov for opkvalificering på grundlagskompetencer og procesforståelse.

Vi har gennem projektet Labour 4.0 set mange gode enkeltstående tiltag (sensorer, robotter...), men der er lang vej til I4.0 og der er mange potentialer, der kan tages hjem på vejen mod samme. Nordjylland har en stærk infrastruktur og stærke løsningsleverandører, men de nordjyske virksomheder er kun i begrænset indgreb med industrielle kunder, ligesom viden om applikationsdomæne også er begrænset.

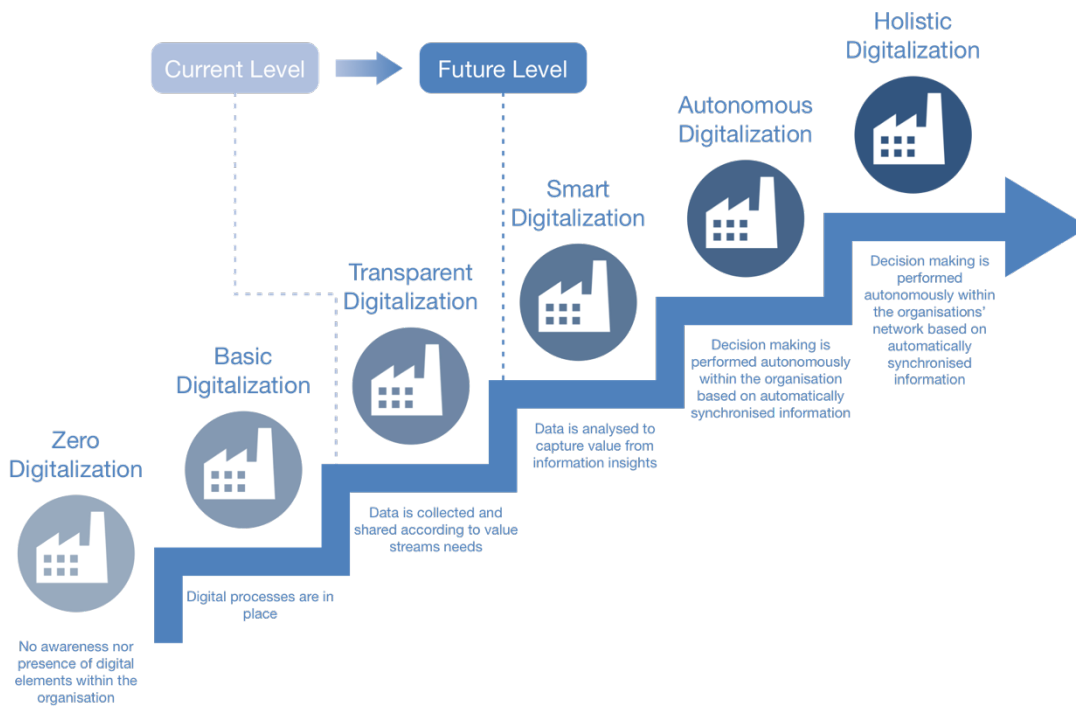
3.5 Labour 4.0 modenhedsmodel

På baggrund af resultater af ovenstående pilotstudier, studierejser og øvrige arbejde med I4.0 dannede vi på AAU en model, der understøtter vurderingen af virksomheders modenhed ifht. Industri 4.0. Modellen er dokumenteret i en forskningsartikel som præsenteres ved en konference med særlig fokus på transformation mod - I4.0 InCom 2018 i Bergamo Italien (Colli et al, 2018). Modellen opbygger en referenceramme omkring virksomhedernes digitalisering og den medfølgende transformationsproces for organisationen som helhed.

... You need to asses current level and identify focused initiatives...



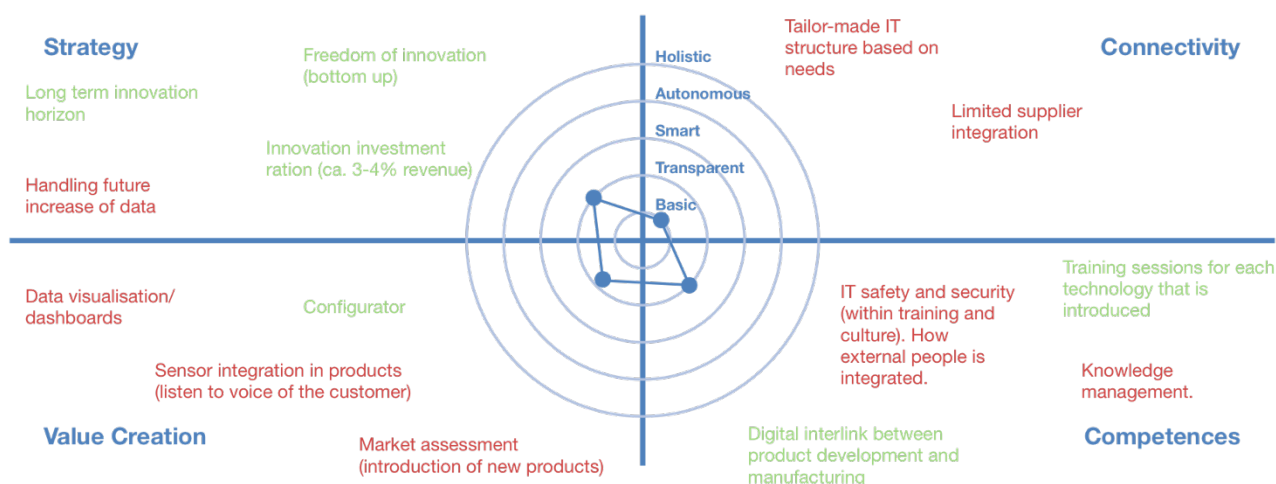
... in order to develop the level of digitalization...



Figur 13: Modenhedsniveauer AAU 2017

Virksomheden indplaceres indikativt på et som resultat af vurderinger på fire sammenhængende dimensioner: 1. digitaliseringsstrategi, og dermed spørgsmål om virksomhedens strategiske arbejde med digitalisering, 2. "connectivity" altså spørgsmål om i hvilken grad virksomhedens processer er forbundet i en samlet digital infrastruktur; 3. Kompetencer og kapabilitet, hvilke kompetencer og ressourcer har virksomheden til at sætte ind på agendaen og hvad er virksomhedens evne til at applikere disse i praksis; 4. værdiskabelse, hvordan omsætter virksomheden potentialer til forretningsmuligheder og hvad er dens evne til at aktivere dens værdinetværk i form af nødvendige partnere.

En virksomhed kan hermed være langt med den teknologiske omstilling, men samtidigt ikke have de nødvendige kompetencer og evner til at omsætte teknologiens muligheder i praksis, eller kan for den sags skyld have svært ved at forbinde en digital infrastruktur med konkrete forretningspotentialer og tilegne sig værdien af samme. For at sikre en succesfuld omstilling er der dermed behov for at udvikle virksomhedens modenhed på alle dimensioner. Selvom dette ikke behøver foregå fuldt synkroniseret, så vil virksomhedens samlede modenhed, og dermed evne til at omsætte digitale muligheder, kræve at alle dimensioner udvikles kumulativt og koordineret.



Figur 14: Vurderingsværktøj og dets fire sammenhængende dimensioner (eksempler er fiktive og ikke udtømmende)

Metoden understøttes af en proces, som med udgangspunkt i en afklaring og erkendelse af muligheder og potentialer, specificerer et problemorienteret og virksomhedstilpasset forløb, med det formål at gøre status samt at skabe et roadmap for virksomhedens videre udvikling. Processen starter med at skabe erkendelse i projektgruppen omkring agendaen og dennes muligheder, en proces som understøttes af konkrete eksempler og demonstratorer fra industri og laboratorie, samt afrapportering af et spørgeskema udsendt på tværs af organisationens centrale funktioner. Herefter scopes indsatsen i forhold analyseenhed og særlige fokusområder, og endeligt påbegyndes dataindsamling for at kvalificere indsatsen yderligere og for at vise potentialer ved indsatsen. Herefter sker der i skridt 4 en kvalificering og prioritering af udvalgte indsatser og i skridt 5 tegnes der et roadmap for virksomhedens digitale transformation. I skridt 6 bevæger vi os så videre

mod næste læringsform "løsningsorienteret læring" og arbejder her med udfoldelse af konkrete demonstrationsprojekter, som vi vil behandle i det følgende afsnit samt i appendiks 1.

3.6 Udvikling af I4.0 kompetencer i pilotstudier

Modenhedsmodellen og den indsigt vi har skabt om udfordringer og potentielle løsninger er blevet anvendt proaktivt i samarbejde med fire virksomheder, med formålet at øge deres kompetencer til at arbejde med forskellige Industri 4.0 teknologier. Hver case har indledningsvist arbejdet med at forstå virksomhedens modenhedsniveau og udfordringer/potentialer ifbm. Industri 4.0. Dernæst er der udført en konkret aktivitet, hvorigennem virksomheden har eksperimenteret med såvel ny teknologi som nye kompetencer. Hver case har således et forskelligt forløb og omdrejningspunkt, men også en fællesnævner i fokus på at udvikle yderligere I4.0 kompetencer. I det følgende beskriver vi de fire cases.

3.6.1 Mejeri A/S

Den digitale 4. industrielle revolution, Industry 4.0, introducere nye teknologier og digitale arbejdsgange. Et af emnerne under Industry 4.0 er den digitale tvilling. Den digitale tvilling er en virtuel repræsentation af produkter/produktionsprocesser/produktionssystemer. I det heromtalt projekt har vi yderligere afgrænset os til at arbejde med den specifikke afart af digitale tvillinger, som beskæftiger sig med virtual indkøring (virtual commissioning). I forbindelse med virtual indkøring arbejder virksomheden med at teste forskellige operationelle valg og fysiske opstillinger af før en produktionslinje opstilles fysisk og kan dermed reducere indkøringstiden med 75% og væsentligt reducere børnesygdomme ved den nye opstilling. Dette er især interessant fordi nutidens forbrugsvaner kræver at produktionsvirksomheder omstiller oftere og dermed har flere indkøringer i levetiden af produktionsudstyret. For at undersøge hvilken kompetencer virtual indkøring kræver samt hvorledes vi kan lærer os selv og andre disse kompetencer blev pilotprojektet Labour 4.0 søsat. Projektet tager udgangspunkt i hypotesen om at ved at sammensætte en gruppe af forskellige domænespecialister med enten kort videregående uddannelse (KVU) eller mellemlang videregående uddannelse (MVU) kan løse håndtere virtual indkøring. Dette udføres med antagelsen af, hvis vidensniveauet kan flyttes fra virtual indkøringsspecialiser med lang videregående uddannelse, til en multidisciplinær gruppe, kan virtual indkøring, og hermed den 4. industrielle revolution, opnå større succes i små og mellemstore virksomheder, som ofte ikke har adgang til IT ingeniører og som oftere oplever kulturelle og tekniske barrierer i forhold til digitalisering.

3.6.1.1 Partner

Projektet blev udført mellem følgende nordjyske uddannelsesinstitutioner: Aalborg Universitet – Institut for Materialer og Produktion (AAU), som fungerer som facilitator samt vidensdeler, og University College Nordjylland (UCN), som leverandør af studerende under KVVU og MVU. De involveret KVVU var "automationsteknolog", "IT-teknolog" og "produktionsteknolog" samt studerende fra retningen "produktudvikling og teknisk integration". Den industrielle nordjysk pilotcase blev gennemført hos Mejeri A/S. Den jyske virksomhed Xcelgo A/S leverede deres emuleringsplatform Experior til virtuel indkøring.

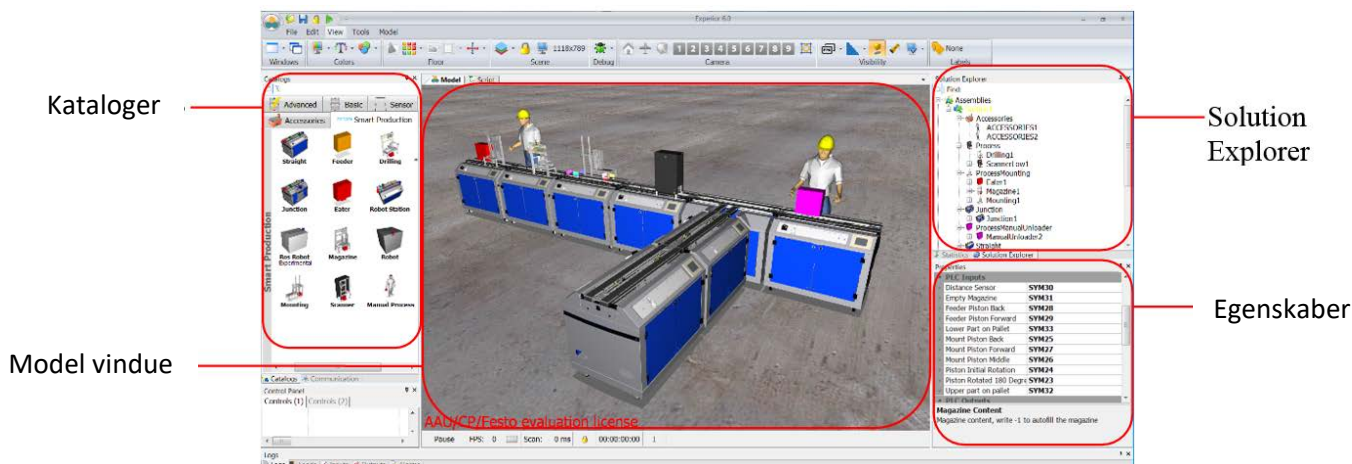
3.6.1.2 Projektindledning

Aalborg Universitet afholdte først et tre dages introduktionskursus for de involveret studerende fra UCN. Kursuset indeholdte lektioner i industri 4.0, den digitale tvilling og virtual indkøring af ledende forskere på AAU. Herudover en præsentation af Smart Produktions laboratoriet, en industri 4.0 demonstrator. Xcelgo afholdte en introduktion til deres software for de studerende. En mini-case blev præsenteret hvor de studerende skulle udføre virtuel indkøring af et eksisterende procesmodul på Smart Produktions laboratoriet.

3.6.1.3 Industriel case:

Den industrielle case tager udgangspunkt i at Mejeri A/S skulle opdatere dele af deres produktion. De studerende første opgave var at lave en digitale tvilling af det nuværende anlæg. Hermed skulle de studerende identificere det datagrundlag de skulle bruge fra virksomheden for at fuldføre opgaven. Derudover skulle de identificere og udføre opgaver relateret til modellering af virkeligheden, f.eks. oprettelse af de kinematiske og logiske modeller, der ligger til grund for de virtuelle enheder. Med oprettelse af et katalog af de forskellige virtuelle enheder kan den virtuelle fabrik sammensættes. De studerende har igennem den industrielle case fået et dyb kendskab til den digitale tvilling og hvordan denne kan omsættes i et konkret produktionsmiljø, samt hvilken fordele og begrænsninger denne giver.

Aalborg Universitet har udviklet en virtual idriftsættelse læringsplatform. Platformen er bygget til at supportere undervisning og formidling. Den virtual idriftsættelse læringsplatform har 3 hovedelementer: Et ordreudføringssoftware (MES), Programmerbart logisk styringsudstyr (PLC) og et virtuelt miljø. Det virtuelle miljø er illustreret nedenfor. Den virtuelle miljø tager udgangspunkt i AAU Smart Produktion lab. Herved har vi muligheden for at teste tingene i den virtuelle verden før vi implementere det i den fysiske verden.



Figur 15: Digital tvilling

Kataloget indeholder moduler som repræsenterer enten transport- eller procesmoduler. Disse moduler kan bygges sammen i modelvinduet til en samlet produktionslinje, som kan re-konfigureres. Modulerne bliver styret af PLC'er. De fysiske PLC'er, der styre den virkelige verden, kan også styre den virtuelle verden. Hermed opnås en emulering af den virtuelle verden.

Kataloget af standardkomponenter udbygges løbende i et samspil med AAU, hvilket gør barrieren for anvendelse af emuleringssystemet væsentligt mindre og gør systemet tilgængeligt i forbindelse med rekonfiguration af produktionssystemet. Rekonfiguration og behovet for løbende omstillinger forventes, at stige kraftigt i forbindelse med omstillingen mod I4.0 og der kan være store fordele at hente ved en virtuel gennemspilning af ændrede produktionsopstillinger, så kan de kompetencemæssige og tekniske barrierer sænkes som pilotprojektet indikerer, så vil der åbne sig en mulighed for omkostningseffektive omstillinger og effektivt optag af ny teknologi.

3.6.1.4 Anvendelsen af den virtual idriftsættelse læringsplatform

Platformen udmærker sig ved at den kan benyttes fra introduktionsværktøj (kendskab jf. Blooms taksonomier) op til forskningsniveau (vurdering jf. Blooms taksonomier). Kendskabet eller "awareness" er tiltænkt virksomheder og interessenter, som kan få en kort introduktion til virtual idriftsættelse.

3.6.1.5 "Awareness"

AAU har udført flere forskellige aktiviteter på forskellige platforme for at skabe "awareness" omkring den digitale tvilling. På det regionale niveau med præsentation for UCN (underviser) og præsentation for Business Region North. Derudover har vi skabt national "awareness" med udstilling ved Herning Industriel messe, blog indlæg på ing.dk samt 50+ virksomhedspræsentationer i forbindelse med præsentation af Smart production Lab.

3.6.1.6 Undervisningsbrug

Labour 4.0 projektet begyndte med en præsentation af den virtual idriftsættelse efterfulgt af øvelser i brugen af den virtual læringsplatform. Hermed blev de studerende fra UCN løftet fra et kendskabsniveau igennem et forståelsesniveau til et anvendelsesniveau. Læring platformen er også blevet benyttet i klasseundervisning som udvidelse i traditionel PLC kursus på universitet på et forståelsesniveau. Den virtuelle idriftsættelse læringsplatform er blevet brugt i et 2. semester projekt på kandidaten virksomhedsteknologi hvor synteseniveau blev opnået. Endeligt er platformen også blevet brugt til forskning af virtual idriftsættelse.

Den virtuelle idriftsættelses platform har vist sig som en platform med bred anvendelse, som studerende med KVU, MVU og LVU kan benytte uden større tekniske barrierer.

3.6.2 Trapper A/S

Trapper A/S er en af de verdensførende producenter af lofttrapper, trapper og gelændere og har de seneste år investeret tungt i automatiseret produktion. Virksomheden har tydeligt mærket at være en del af et i stigende grad globaliseret marked med konkurrence fra hele verden, og føler sig derfor presset til igennem bredere produktsortimenter og mere specialiserede løsninger at konkurrere på andre parametre end udelukkende pris.

3.6.2.1 Generalister frem for specialister

Trapper A/S har tidligere haft en højere grad af specialisering inde i virksomheden – havde tidligere webprogrammør, systemadministrator, ERP-ansvarlig ansat selv, i dag har de en enkelt projektleder, resten er outsourcet. Det handler grundlæggende om, at man, i for eksempel implementeringsfasen med et nyt softwaresystem, godt kan fuldtidsbeskæftige en teknisk specialiseret medarbejder, men at man efterfølgende ikke har noget særligt behov for at have en sådan ansat så mange timer. De har heller ikke teknisk specialister der kan omprogrammere deres nuværende automatiserede setup i tilfælde af en justering af det pågældende produkt, der skal de have fat i deres maskinleverandører. Det er planen at det blot skal være således i forbindelse med implementeringen af nye teknologier, således at man efterfølgende får opkvalificeret medarbejdere igennem leverandørkurser til at kunne varetage driften. Der skal stadig på enkelte kerneområder være ansat specialister, som man mener, egentlig skal være endnu mere specialiserede.

Som konsekvens af Trapper A/S strategi med flere generalister og færre tekniske specialiserede medarbejdere oplever man at være mere afhængige af højt kvalificerede projektledere på flere områder. Man efterspørger således i høj grad projektledere med teknisk, organisatorisk og forretningsmæssig indsigt.

3.6.2.2 Hurtigere og mere simpel oplæring

En anden problematik Trapper A/S arbejder med, er, at de i takt med mere komplekse maskiner er blevet indført, også har et voksende behov for gnidningsfri og nemt tilgængelig oplæring, særligt relevant da man lokalt er meget afhængige af vikarer. Dette har Trapper A/S løst ved at bruge en del flere ressourcer på at lave meget udførlige billedvejledninger, der beskriver de enkelte delprocesser som hvert emne skal igennem. Det er en tilgang der tager lang tid at etablere da vejledningerne er tidskrævende at lave, men der er til gengæld gode erfaringer med på denne måde at give udførlig og meget specialiseret viden om de pågældende emner på meget kort tid.

3.6.2.3 Emergent strategi

Trapper A/S har som virksomhed gjort en masse arbejde for at være med fremme i en branche der globalt set er meget presset på priserne. Virksomheden har derfor lavet en række tiltag for fortsat at være relevante og kunne konkurrere, for eksempel forsøgte det at sætte sensorer i trapper for at kunne indsamle data, at have et øget fokus på smarte løsninger, der udnytter ellers uudnyttet plads og automatisere store dele af produktionen. På kompetencesiden af disse nytænkninger har Trapper A/S dog ikke haft et stort overblik over de nye behov, der er opstået, derimod har man haft en emergent strategi hvor man reaktivt har handlet på de afledte kompetencemangler.

Trapper A/S er således som virksomhed godt på vej med digitalisering af driftssystemet og næste skridt i rejsen er dermed at skabe grundlag for anvendelse af den øgede transparens og dermed et konceptuelt skift

Opgave: Indsamling af data fra produktionsmaskiner til forebyggende vedligehold og finde/eliminere flaskehalse

- Hvordan registrerer og opsamler vi takttider

Datafangst: hvordan får vi I/O data fra maskiner over i en SQL-database (i gang sammen med Damgaard Automation)

- Hvordan analyserer vi data

Datamanipulation – Hvordan optimerer vi datasættet til databehandling, evt. fletning med data fra ERP-system (I gang på idéplan)

Dataanalyse og visualisering – Hvad kommer vi længst med? Opstilling af hypoteser og test heraf eller datamining, hvor vi leder eftersammenhænge i datasættet, som vi ikke havde forestillet os. Hvordan præsenterer vi sammenhænge og konklusioner

Nye opgaver kræver kompetencer vi i dag ikke har i huset – spørgsmålet er om vi skal:

- Opkvalificere nuværende medarbejdere
- Ansætte nye medarbejdere
- Købe os til viden udefra

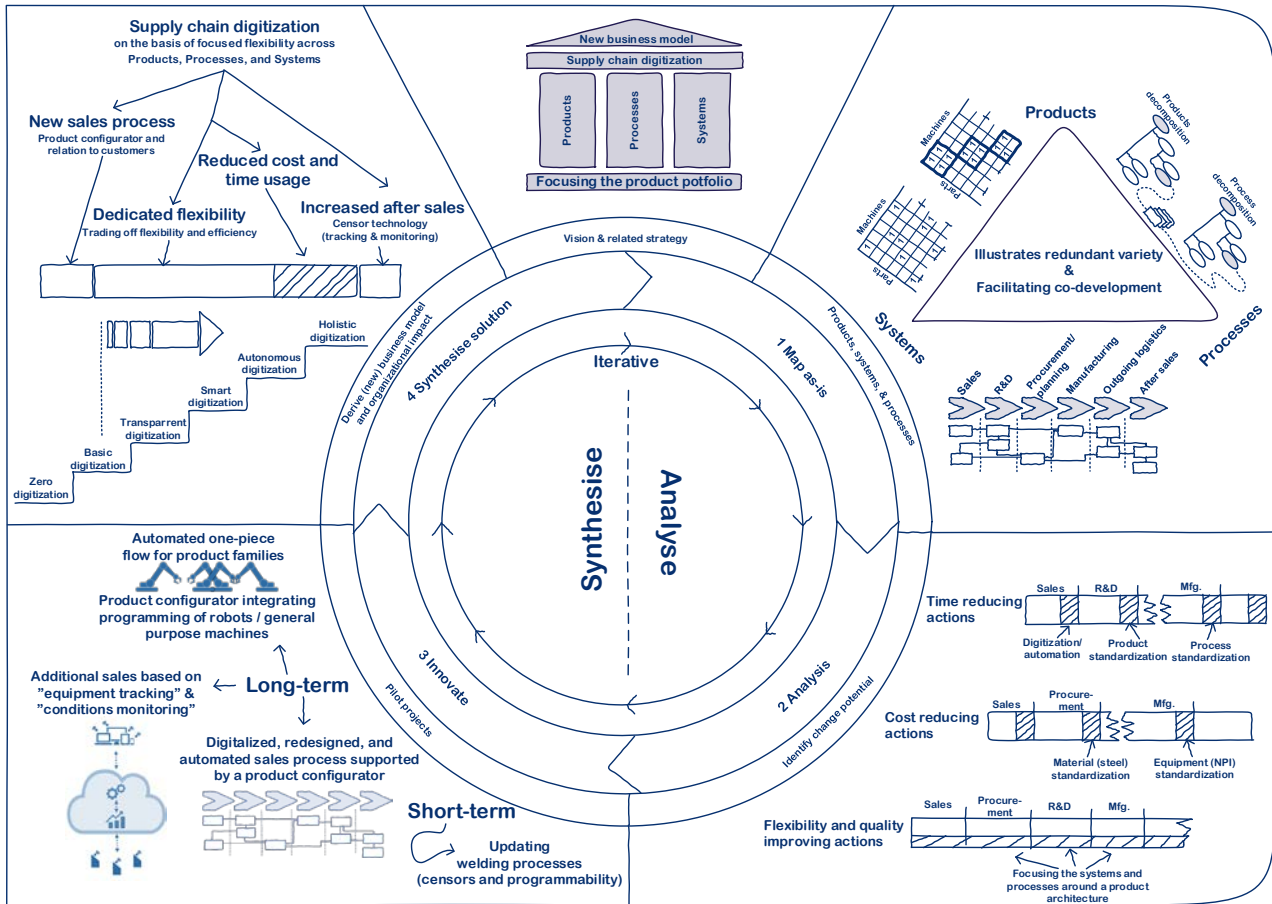
fra driftsafvikling til data understøttet udvikling. Som led i denne udvikling arbejdes der på at etableret et samarbejde på tværs af AAU og UCN med følgende opgavemandat:

3.6.3 Maskinfabrik A/S

Hos Maskinfabrik A/S er der sket en fokusering af produktporteføljen, således denne kommer til at bestå af skovle, hvilke har vist sig at være produkter som genererer indtjening modsat tidligere producerede strukturedele. Denne fokusering af produktporteføljen giver mulighed for dedikeret fleksibilitet på tværs af processer og systemer. En sådan fokusering indebærer at organisationens kapabilitet indskrænkes til håndtering af et prædefineret løsningsrum for skovle, hvilket til gengæld kan medvirke øget effektivitet gennem forsyningskæden afledt af en reduceret varians.

For at sikre at en digital transformation bygger på det rigtige grundlag skal forsyningskæden først og fremmest fokuseres førend den digitale transformation pågår, men en sådan fokusering åbner samtidig muligheden for digitale løsninger, som kan skabe værdi for virksomheden. I den fokuserede forretningsmodel vil der forekomme langt højere grad af kontinuitet, hvilket åbner for standardisering, og automatisering gennem digitalisering. Dette kan blandt andet komme til udtryk i digital produktkonfiguration i salgsprocessen som bl.a. kan medvirke automatisering af administrative aktiviteter under ordrebehandling, udvikling, indkøb, planlægning, og af fysiske processer, herunder konfiguration af produktionsapparatet. Sidstnævnte kan fremadrettet komme til udtryk i anvendelsen af digitale tvillinger til automatisk programmering af svejserobotter.

Maskinfabrik A/S er i dag, i nogen grad, understøttet af IT på tværs af virksomhedens forretningsprocesser. De er vandt til at håndtere stor diversitet i tilgående ordrer, men behovet har ændret sig, og for at drage nytte af synergien ved den igangværende fokusering af produktporteføljen, vil den eksisterende IT skulle suppleres af en yderligere digitalisering. Et første skridt i denne proces er, at der i samarbejde med en ny kunde er skabt grundlag for en produktkonfigurator, som kan tilbyde kunden en given specifikationsfrihed og styrket ordrestyring. Næste skridt er dermed at koble denne til det interne ordreflow samt produktionsgrundlaget. Dette flow er søgt illustreret i nedenstående digitaliserings-roadmap, som skitserer en udviklingsproces som starter med en opbygning af digitaliseringskompetence i små skridt som følger den planlagte investering i nye IT baserede værktøjer.

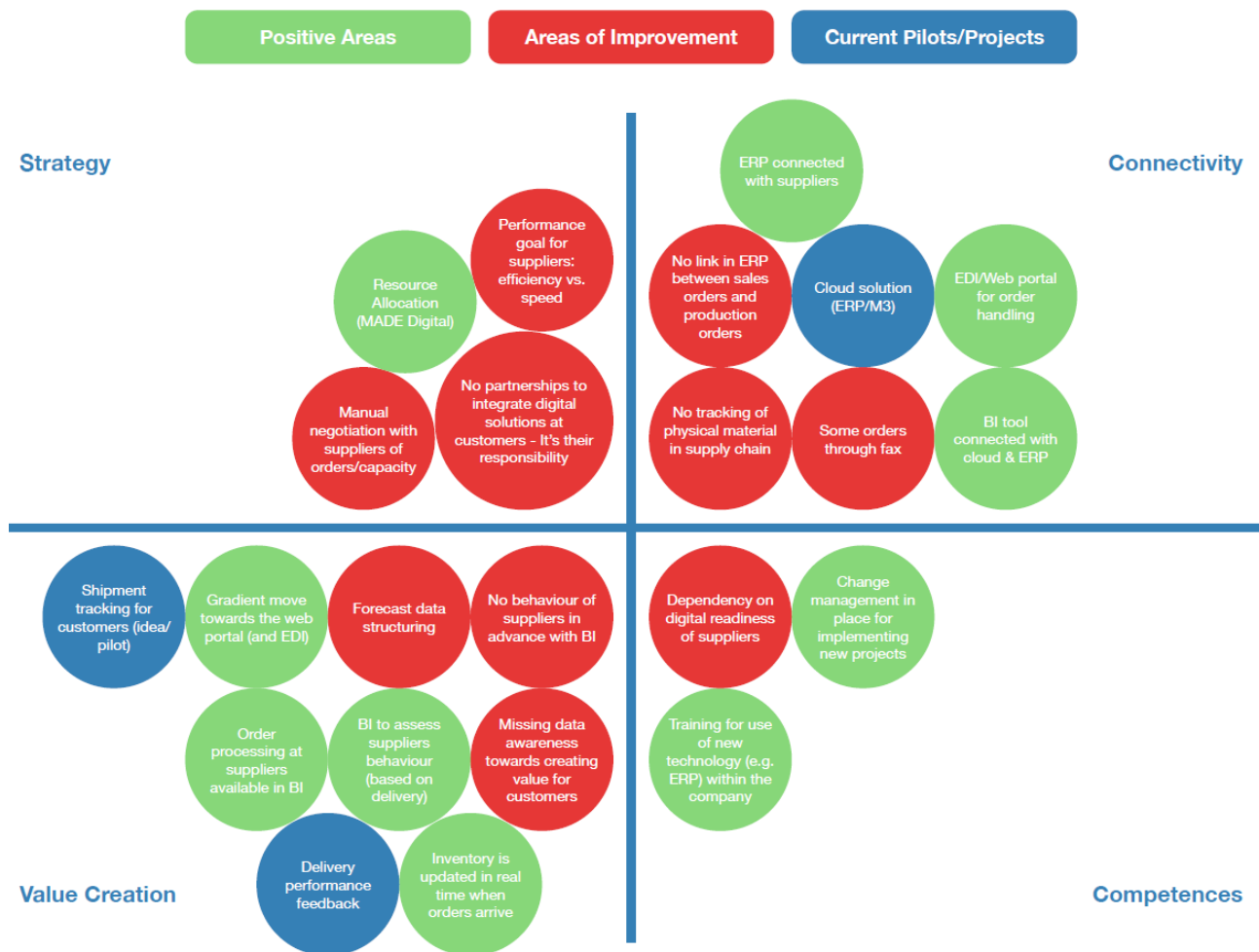


Figur 16: Industri 4.0 strategi map

3.6.4 Beklædning A/S

Beklædning A/S er en moderne beklædningsvirksomhed, som producerer møbelstoffer og udvikler løsninger omkring møbelbeklædning til primært store internationale industrielle kunder. Beklædning A/S I har i 2017 værksat en mindre arbejdsgruppe med fokus på fremtidens fremstillings- og leveranceunderstøttende teknologier i beklædningsbranchen og deltager i den forbindelse i arbejde i AAU regi omkring intelligens i leverancekæden. Beklædning A/S har særlig fokus på evnen til og hastighed/omkostninger forbundet med at respondere på specifikke kundekrav, hvilket i stigende grad opleves som et væsentligt konkurrenceparameter.

Beklædning A/S understøtter generelt forretningen gennem teknologi og har stærke processer for og har i vid udstrækning arbejdet på at systemunderstøtte deres leverancekæde, men som en distribueret virksomhed med mange interne og eksterne partnere, der skal arbejde sammen omkring eksekvering af leverancekæden globalt, så er der stadig store potentialer forbundet med at forbinde denne kæde yderligere. Beklædning A/S er som sådan i en proces mellem grundlæggende digitalisering af leverancekæden og en udviklingsfase hvor potentialer forbundet med øget transparens søges udnyttet.



Figur 17: Udarbejdet af 7. semester studerende som prøvede værktøjet af i samspil med vejledningsteam

Øvelsen førte til tre prioriterede indsatsområder, som skal understøtte rejsen mod transparens modenhedsniveauet. Afledte kompetencebehov går i retning af et øget fokus på "analytics og business intelligence" og på evnen til at anvende IT-løsninger strategisk sammen med eksterne partnere (kunder og leverandører).



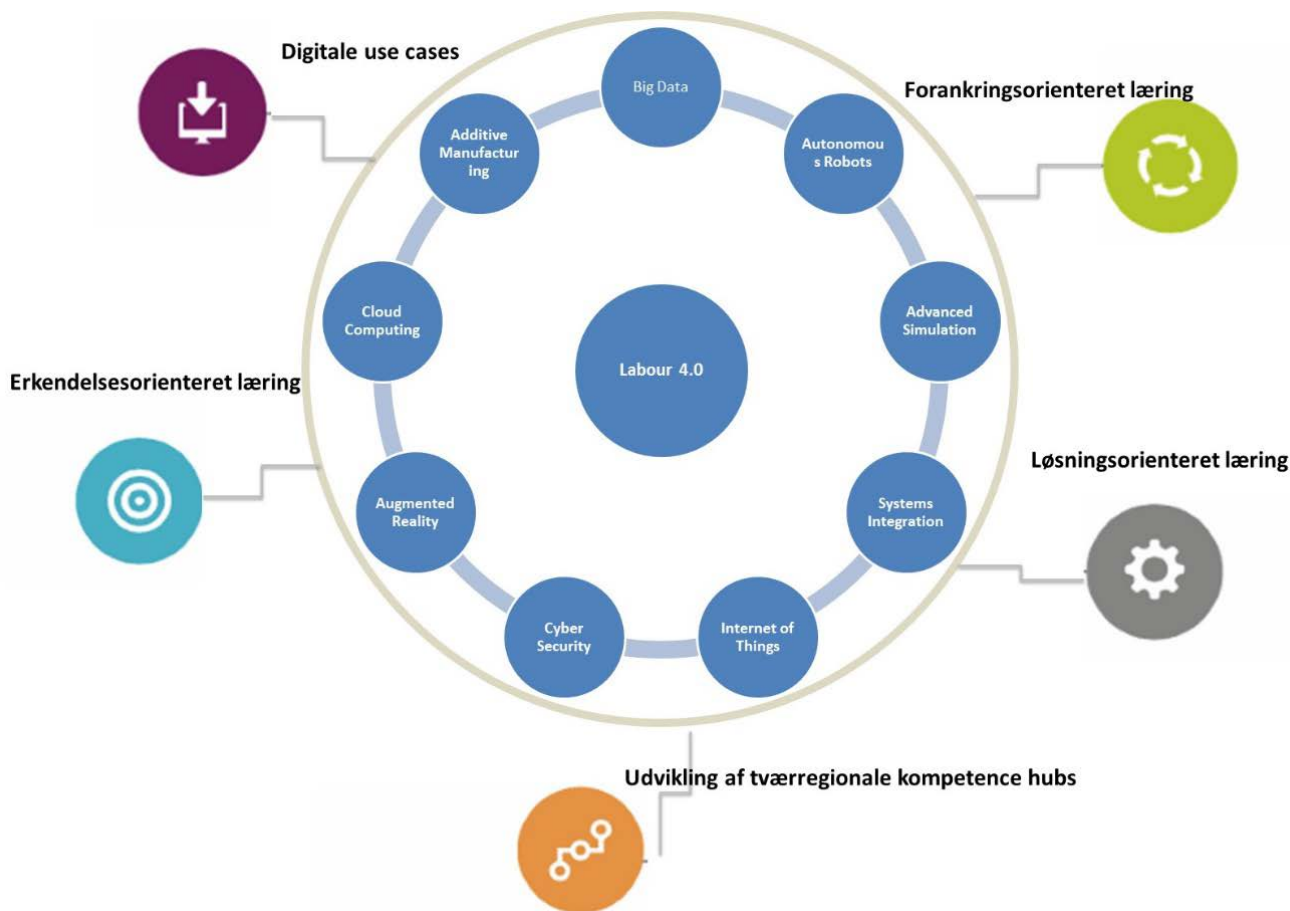
Figur 18: Indsatsområder identificeret gennem dialog mellem AAU studerende, vejledningsteam og Beklædning A/S

3.7 Labour 4.0: Konklusioner og anbefalinger til et videre forløb

Mens de fleste initiativer omkring I4.0 agendaen tager teknologien som deres udgangspunkt, så anbefales det at en fremtidig regional indsats tager kompetence og kapabilitet som sit udgangspunkt og dermed anskuer teknologien og de teknologiske muligheder ud fra et procesperspektiv. Det er således et faktum at den primære barriere for I4.0 ikke er teknologien i sig selv, men snarere den forretningsmæssige omsætning af denne i den konkrete virksomhedskontekst. Dermed ikke sagt, at der ikke skal foregå meget nødvendig udvikling af teknologi, men at teknologi og forståelse heraf hænger uløseligt sammen med den praksis teknologien forankres i.

På baggrund af for-projektets undersøgelser anbefales det at investere i:

- Understøt udviklingen af et regionalt Hub – hvor trådene kan samles og som kan have et programansvar for viden- og kompetenceopbygning.
- Understøt planlagte eksperimenter med ny teknologi og gør dem offentligt tilgængelige, at sætte teknologierne konkret i spil og skabe forretningsgrundlag omkring dem må være centrale prioriteter. Vi giver nedenstående forslag til et antal konkrete indsatsområder som kan forene teknologisk omstilling, kompetenceopbygning og organisatorisk udvikling.
- Understøt virksomheder i at skabe grundlag for en kompetencestrategi omkring ny teknologi – det er vigtigt for at potentialerne kan udfoldes.
- Initier arbejde omkring snitflader mellem teknologi, organisation og mennesker (op mod 80% kan automatiseres, men hvad er snitfladen omkring det sidste arbejde?)



Figur 19: Indsats til Udvikling af Industri 4.0 kompetencer

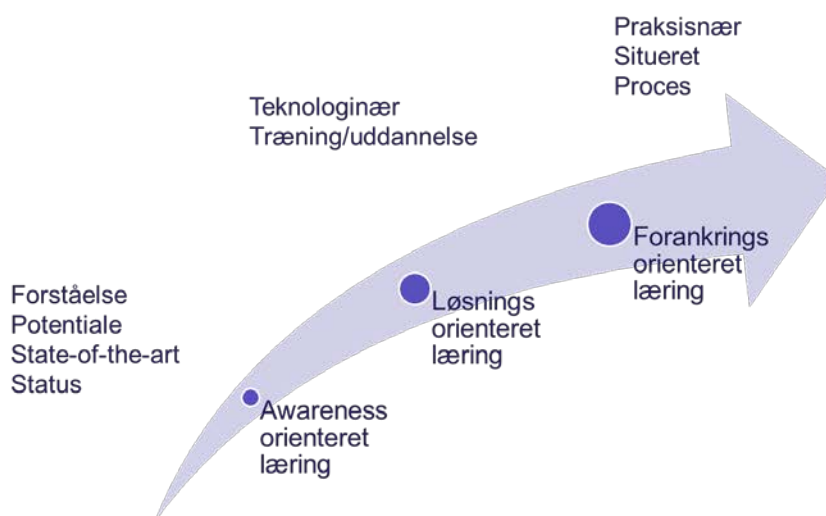
3.8 Den fysiske infrastruktur og læringskonceptet som skal udfolde potentialet

Et regionalt hub må opbygges omkring en fysisk infrastruktur da I4.0 med sit teknologiske udspring tilsiger et konkret udgangspunkt. SMVer har kun i begrænset omfang egne faciliteter eller kompetencer til systematiske eksperimenter. De har brug for nogle "sandkasser" hvor nye muligheder kan testes af. Lab faciliteterne er der eller er under opbygning i de fleste regioner og de er enten forankret omkring uddannelsesinstitutioner eller de store virksomheder. Eet er de fysiske rammer, men disse LABs har brug for et systematisk udgangspunkt for læring i form af et "læringskoncept" for at kunne opbygge og sprede viden effektivt. Læringskonceptet halter dog efter implementeringen af de fysiske faciliteter og det efterlader os med en række åbne spørgsmål:

- Hvordan skabes der relevant aktivitet omkring disse labs?
- Hvordan sikrer vi at erkendelser forankres hos virksomheder og studerende?

- Hvordan får vi aktiveret den nødvendige tværfaglighed omkring temaerne, som sikrer omsætning i praksis og helhedsløsninger?
- Hvordan får vi med udgangspunkt i standardopstillinger skabt et eksperimentelt rum, som sikre mere end kendskab til teknologierne/processerne?
- Hvordan opnås indkobling af og indlejring i virksomhedsspecifik domæneviden?

Disse spørgsmål skal besvares gennem udfoldelse af et læringskoncept byggende på tre læringsformer. Den første opbygger erkendelse af potentialer, her vil vi nedenstående introducere et værktøj til modenheds vurdering. Det næste tager udgangspunkt i konkrete teknologier og teknologinær træning, her har vi gennemført et pilotprojekt omkring digitale tvillinger. Det sidste handler om at sætte teknologien i spil i den konkrete tekniske, organisatoriske og forretningsmæssige kontekst, her har vi to demonstrations projekter under udvikling (automatiseret robotprogrammering og digital tvilling). Disse tre læringsformer opbygger tilsammen en stærk platform for digital transformation, da de både opbygger en bred forståelse for virksomhedens udviklingstrin, skaber konkret viden om teknologi (og kan dermed virke til at bekæmpe generelle teknologiblokeringer), og forankring af teknologi i den konkrete applikationskontekst. Der er ikke tvivl om at SMVerne skal i gang med at forholde sig til I4.0 og det må ske ved at de gør sig nogle erfaringer med agendaen ved at bevæge sig gennem de tre skitserede læringsformer.



Figur 20: Læringskoncept - de tre læringsformer

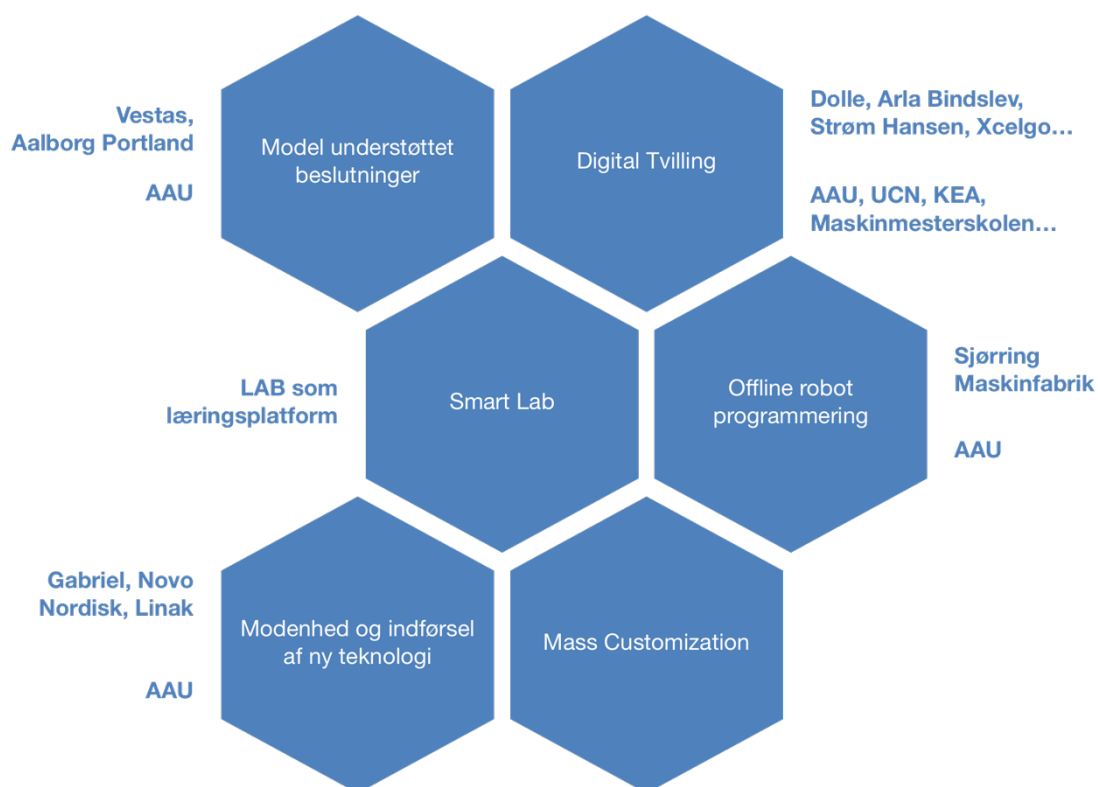
3.8.1 "Awareness" - erkendelsesniveauet

Virksomheden har brug for at vide hvor den er i digitaliseringsprocessen for at kunne tage de næste skridt med en højere grad af bevidsthed og for at kunne skabe en struktureret vej mod øget opbyggelse af virksomhedens digitalisering og udnyttelse af mulighederne i denne. Digitalisering vil ikke være en helhedsløsning fra start, men vil etableres gennem en række øer som dog på sigt skal indgå i en fælles infrastruktur, hvilket fordrer en bevidst transformationsproces. Med andre ord er der behov for at kunne tegne et virksomhedsspecifikt roadmap, hvilket bedst kan skabes med udgangspunkt i en modenhedsvurdering. På

Institut for Materialer og Produktion på AAU har vi udviklet en modenhedsmodel med udgangspunkt i og inspiration fra tilsvarende modenhedsmodeller som med stor succes applikeres strategisk i Tyskland i forbindelse med deres omstilling til I4.0. Vores model adskiller sig ikke væsentligt fra de andre på de enkelte modenhedsstrin, men gør det derimod på grundlæggende principper og tilgang. Som grundlæggende principper arbejder vi med udgangspunkt i problembaseret læring, hvilket betyder at vi arbejder eksplorativt, tværfagligt, problemanalytisk og resultatorienteret. Vi arbejder på tværs af teknologi, teknologisk infrastruktur, organisation og kompetencer. Troen er, at denne tilgang tillader os at skabe grundlag for en læringsproces med større inddragelse og bedre mulighed for at aktivere viden fra organisationen og fra den understøttende faggruppe.

3.8.2 Løsningsorienteret læring

Nedenstående figur skitserer en række indsatser omkring AAUs Smart Produktions Lab. Det er vigtigt at sige, at de skitserede indsatser ikke er udtømmende og der kunne tænkes i flere områder, men de skitserede repræsenterer en række områder med igangværende aktivitet, hvor man med fordel kunne starte med at opbygge et/flere understøttende læringskoncepter.



Figur 21: Konkrete læringskoncepter med udgangspunkt i Smart LAB

Vores samtaler med virksomheder i region nordjylland har vist, at et centralt udgangspunkt for virksomheders forståelse for og begyndende arbejde med I4.0 findes i arbejdet med dataopsamling og udnyttelse. Her findes

der mange umiddelbare gevinster, og arbejdet kan påbegyndes uden større forudgående investeringer i udstyr. Disse indsatses fanges i vores terminologi under overskriften "digitale tvillinger" og der er allerede i forprojektet gennemført et testforløb i samspil med UCN og industrielle partnere (se appendiks 1 for eksempel). I disse trænings- og udviklingsforløb i og omkring Lab ligger der naturligvis en begyndende forankring i virksomhedens praksis, men erfaring viser os at der er behov for et mere grundlæggende indgreb med virksomhedernes praksis og tænkning omkring de nye teknologiske muligheder og investeringer, hvilket bringer os til vores sidste læringselement den "forankringsorienterede læring".

3.8.3 Forankringsorienteret læring - Ad markveje mod I4.0

Transformationen mod I4.0 har ikke en velsmurt maskine bag sig og der tegner sig ingen klart udlagt motorvej for indsatsen. Dette betyder også, at der må mange eksperimenter til, samt at mange må gøre sig nogle nødvendige erfaringer med agendaen for på længere sigt at kunne omsætte de på nuværende tidspunkt noget flyvske forretningspotentialer i praksis. Ad markveje kan dermed fungere som en passende metafor for indsatsen, der er mange veje til målet og disse behøver ikke være fuldt udviklede for at man kan gøre sig værdifulde erfaringer. Dette betyder dog ikke, at dansk industri ikke kan have stor gavn af at opbygge nogle samtlende initiativer, hvor læring kan forankre sig. Behovet for viden- og kompetenceopbygning er stort og de tilgængelige ressourcer er små så det er væsentligt at vi får mest muligt ud af de indsatses der understøttes. Danmark og danske virksomheder har en lang og stolt tradition for at eksperimentere sig ind til ny teknologi, vi tager sjældent store kvantespring, men lykkedes alligevel med at gøre os gældende på centrale teknologiområder, som det f.eks. et tilfældet for energiproduktion og –forsyning. Meget tyder på, at dette hænger sammen med en særlig dansk tilgang og et nationalt beredskab for innovation via markveje (Garud & Karnøe, 2003).

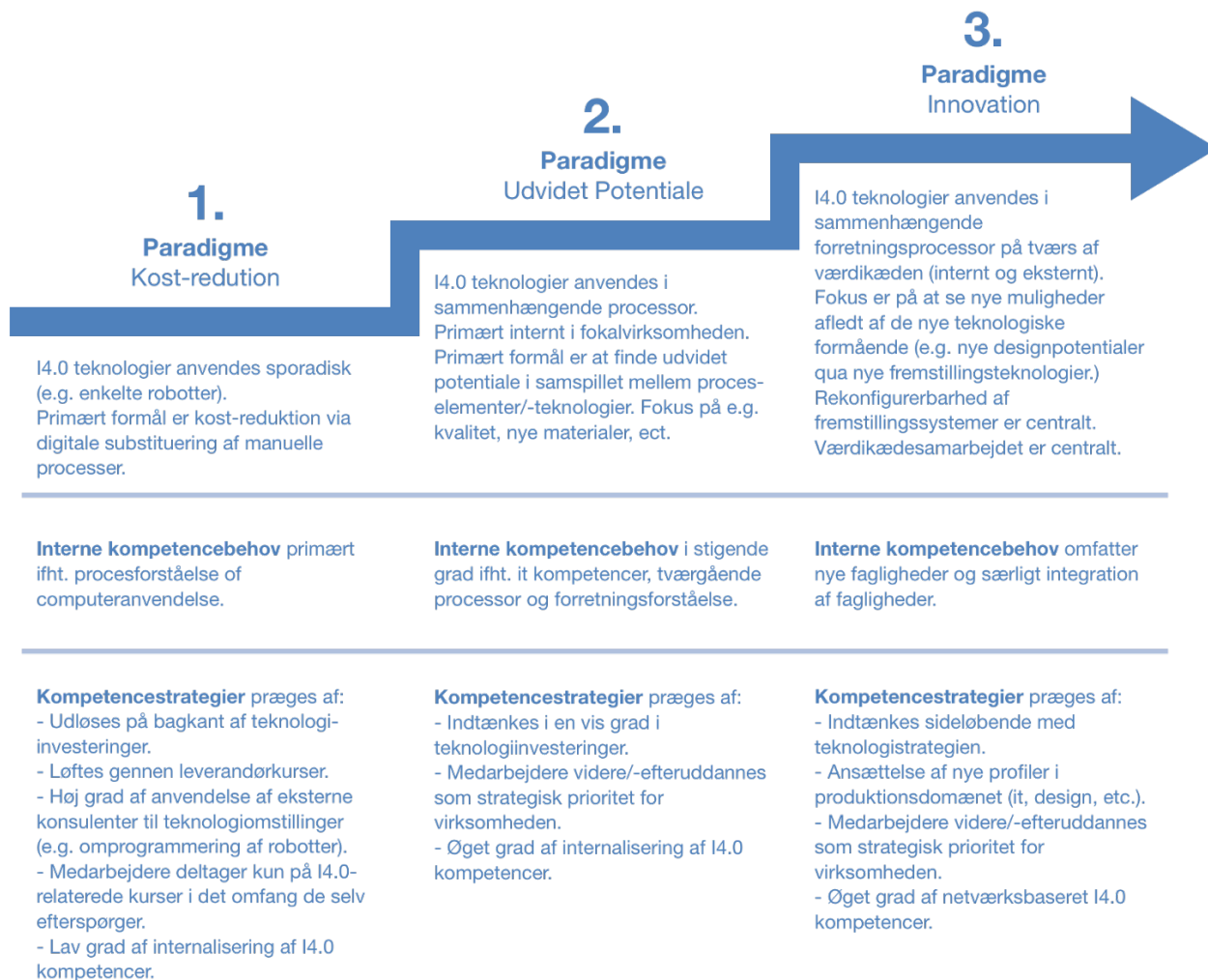
Vores forankringsorienterede indsats arbejder med tre læringsparadigmer, som væsentligt påvirker de mulige gevinster, og som hver især arbejder med forskellige tidsperspektiver.

Paradigme 1 tager det korte sigte og understøtter det identificerede behov for at kunne fremvise positive business cases på relativ kort sigt ved at fokusere indsatsen på at identificere de umiddelbare potentialer ved den smart omstilling. Disse umiddelbare potentialer vil typisk være direkte effekter af teknologien, som overtager arbejdsfunktioner, øger produktiviteten og skærer omkostninger bort.

Paradigme 2 er mere omfattende i scope, bl.a. ved at involvere flere funktionsområder, som er i forbindelse med den primære proces, samt ved ofte at tænke hele forretningsprocessen ind. Her leder vi efter udvidede potentialer såsom øget kvalitet, øget fleksibilitet, hastighed i levering osv.

Paradigme 3 bryder med initiativets oprindelige formål og scope og søger de innovations potentialer, der knytter sig til den smarte omstilling. Det kan f.eks. være hurtigere og omkostningseffektiv omstilling og

indkøring af nye produkter, samt det at omsætte nye procesmæssige muligheder i produktudvikling.



Figur 22: Produktivitetsparadigmer

3.9 Behov for støtte til:

En indsats med udgangspunkt i kompetence og kapabilitet afføder et behov for forsknings- og udviklingsmæssige støtte. På trods af at der er meget fokus på virksomhedernes digitale transformation, så er der overvejende etableret et nationalt beredskab med udgangspunkt i teknologi

3.9.1 LAB- og Konceptledelse

- Lab- og konceptudvikling omkring 3-5 læringskoncepter (digital tvilling; mass customisation; robot proces automatisering)

- Lab- og koncept-management
- Opbygning af viden i erhvervsrådgiversegmentet
- Opbygning af viden hos tekniske viden- og uddannelsesinstitutioner
- Behov for støtte til regional koordination og samlet kapabilitetsløft

3.9.2 SMV udviklingsforløb

- 20 udviklingsforløb – fire bølger af 5 virksomheder over tre år. Grupper af virksomheder gennemgår de skitserede lærings- og udviklingsfaser understøttet af rådgivningsteam. Gruppen vil i fællesskab arbejde med et specificeret teknisk domæne som udgangspunkt (f.eks. digital tvilling).
- Et antal større virksomheder vil indgå i dette arbejde med sparring og vil bidrage til videnopbygning.

3.9.3 Resultatmål

- 20 virksomheder får kickstartet deres digitaliseringsproces, får tegnet et roadmap, udviklet en kompetencestrategi, og får implementeret et demonstrationsprojekt.
- Et dokumenteret overordnet læringskoncept applikeret på 3-5 indsatsområder (f.eks. digital tvilling).
- Træning af 15 instruktører (5 på AAU; Væksthus 5; UCN/erhvervsskole 5).

Referencer

1. Colli, M., Madsen, O., Berger, U., Møller, C., Vejrum Wæhrens, B., og Bockholt, M. (2018). Contextualizing the outcome of a maturity assessment for Industry 4.0. *InCom 2018*, Bergamo Italy
2. Danmark som digital frontløber: Anbefalinger til regeringen fra Digitalt Vækstpanel (2017) *Digitalt Vækstpanel*
3. Danmarks digitale position i EU (2017) <https://ec.europa.eu/digital-single-market/scoreboard/denmark>
4. Drath R., Horch A. (2014) Industrie 4.0 – hit or hype? *IEEE Industrial Electronics Magazine*. Vol 8, Iss.2, pp. 56-58
5. Erol, S., Jäger, A., Hold, P., Ott, K., og Sihm, W. (2016): Tangible Industry 4.0: a scenario-based approach to learning for the future of production. *Procedia CIRP*. Vol. 54, pp. 13-18
6. Erpenbeck, U.D. (2013). Emerging Open-Learning Cultures: Transforming Higher Education. In *Open Learning Cultures: A guide to Quality, Evaluation, and Assessment for Future Learning*. Springer
7. FREMKOM3, Fremtidens kompetencer i Nordjylland (2016). *Regional Udvikling*. Region Nordjylland
8. Garud, R. og Karnøe, P. (2003). Bricolage versus breakthrough: distributed and embedded agency in technology entrepreneurship. *Research Policy*, pp. 277-300
9. Gerbert, P., Lorenz, M., Rüßmann, M., Waldner, M., Justus, J., Engel, P. og Harnisch, M. (2015). *Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries*. The Boston Consulting Group
10. Investeringer i automatisering inden for fem år. (2014). *Automatisering I Industrien*, IDA http://ida.dk/sites/default/files/ida_analyse_-_automatisering_i_industrien
11. Kagermann, H., Wahlster, W. og Helbig, J. (2013) *Securing the future of German manufacturing industry. In Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0*. Forschungsunion
12. *Kompetenzen für Industrie 4.0* (2016). Acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften in Kooperation mit Fraunhofer IML und equeo
13. Kortuem, G., Kawsar, F., Sundramoorthy, V. og Fitton D. (2010). Smart Objects as Building Blocks for the Internet of Things. *IEEE Internet Computing*. Vol. 14, Iss. 1.
14. Lorenz, M., Rüßmann, M., Strack, R., Lueth, K.L. og Bolle, M. (2015). *Man and Machine in Industry 4.0 - How Will Technology Transform the Industrial Workforce Through 2025?* The Boston Consulting Group
15. Schumacher, A., Erol, S. og Sihm, W. (2016). A maturity model for assessing Industry 4.0 readiness and maturity of manufacturing enterprises. *Procedia CIRP*, Vol 52, pp. 161-166