



# Arbete och organisation i framtidens digitaliserade industri

Felix Lundmark

Luleå tekniska universitet  
Institutionen för ekonomi, teknik och samhälle  
Avdelningen för människa och teknik



L  
LULEÅ  
TEKNISKA  
UNIVERSITET





# Arbete och organisation i framtidens digitaliserade industri

Felix Lundmark

Luleå tekniska universitet  
Institutionen för ekonomi, teknik och samhälle  
Avdelningen för människa och teknik

Omslagsbild: Onni Wiljami Kinnunen/SSAB

Luleå 2019

[www.ltu.se](http://www.ltu.se)

## Summary

This report was as an initial input to the two research projects *Attractive Workplaces Through Industry 4.0* and *Produktion 4.0*. The purpose of the report has been to increase the understanding of Industry 4.0 on a general level. The goal was to describe what Industry 4.0 is, how it may affect organizations in the future as well as position the concept in a bigger context of national strategies and organizational models.

Industry 4.0 was presented as the German national strategy in 2013. Industry 4.0 has been found to be a technological concept that can be characterized by Internet of Things (IoT), Cyber-Physical Systems (CPS) and smart factories. On a general level, Industry 4.0 can be described as a digitalization where products, machines and entire factories become interconnected. This is possible through vertical integration, horizontal integration and end-to-end integration. It has been stated that Industry 4.0 is not an organizational model, even though elements of previously known organizational models may be indirectly implemented through Industry 4.0.

Industry 4.0 is expected to shift routine work towards a freer role for future operators. With an increase in complexity, future work is expected to be characterized as mental work to a greater extent. A risk identified is the possibility of a polarization of the workforce, where some jobs are enriched with variation in work content and others depleted. A vision for a future Operator 4.0 has been established within the literature. In this vision, the operator is an integrated component in the complex system of an Industry 4.0 environment. This integration face challenges in terms of integrity and privacy, since the collection of data about individuals will be a necessity.

The complex and abstract systems of Industry 4.0 implies that dealing with technology that, after all, does not work will be increasingly difficult for workers. Technological solutions such as smart cognitive support tools and smart personal protective equipment can be seen as possible solutions to future problems in the working environment. There is a risk, however, that an excessively large technical focus can lead to technical solutions being given priority over changes in the working environment that constitute the cause of the problems. Given the decentralization that is often referred to in Industry 4.0, both negative and positive changes can be expected. Decentralization can contribute to increased freedom in how and where work is carried out, but can at the same time increase requirements for accessibility and cause uncertainty in who is responsible for the working environment. Industry 4.0 is likely to result in new working environments as well as old problems occurring in a new context. Given the digitalization of the industrial sector, the digital working environment is expected to become a more central matter.

Descriptions of Industry 4.0 tends to be visionary and may at first glance appear as unproblematic. Before Industry 4.0 can become reality the scientific, technological, economic, social and political challenges must be addressed. The report concludes that a broad focus, where technology is implemented on human terms, will be necessary for Industry 4.0 to be successful.

# Sammanfattning

Denna rapport har tagits fram som ett inledande underlag för de två forskningsprojekten *Attraktiva arbetsplatser genom Industri 4.0* och *Produktion 4.0*. Rapportens syfte har varit att öka förståelsen av Industri 4.0 på en övergripande nivå. Målet har varit att med ett arbetsvetenskapligt perspektiv beskriva vad Industri 4.0 är, hur det kan komma att påverka organisationer i framtiden samt positionera detta koncept i en större kontext av nationella strategier och organisationsmodeller.

Industri 4.0 kommer ursprungligen från den tyska strategin Industrie 4.0 som presenterades under 2013. Industri 4.0 har konstaterats att vara ett tekniskt drivet koncept som främst kan karaktäriseras av Internet of Things (IoT), cyber-fysiska system (CPS) och smarta fabriker. På en övergripande nivå kan Industri 4.0 beskrivas som en digitalisering där produkter, maskiner och hela fabriker blir uppkopplade. Denna uppkoppling är möjlig genom vertikal integrering, horisontell integrering och end-to-end-integrering. Det konstateras i rapporten att Industri 4.0 ej är en organisationsmodell, även om Industri 4.0 indirekt kan resultera i att redan kända organisationsmodeller delvis implementeras.

Inom Industri 4.0 väntas framtidens arbete att skifta från rutinarbete till en friare roll. Med ökad komplexitet väntas även arbetet kunna karaktäriseras i större grad som mentalt arbete. En risk som identifierats är en polarisering av arbetskraften, där vissa arbeten berikas och andra utarmas. Visionen om Operatör 4.0 har etablerats inom litteraturen för Industri 4.0. I denna vision beskrivs operatören som en integrerad komponent i det komplexa system som Industri 4.0 utgörs av. Integreringen av operatörer står däremot inför utmaningar gällande integritet, då Operatör 4.0 ställer krav på insamling av data från samtliga individer.

I de komplexa och abstrakta system som Industri 4.0 kräver kommer det bli svårare för människan att hantera de situationer där tekniken, trots allt, inte fungerar. Tekniska lösningar såsom smarta kognitiva stödverktyg och smart personlig skyddsutrustning kan ses som möjliga åtgärder för framtida arbetsmiljöproblem. Risken finns däremot att ett allt för stort tekniskt fokus kan leda till att tekniska lösningar prioriteras över förändringar i den arbetsmiljö som i grunden utgör orsaken till problemen. Givet den decentralisering som ofta benämns inom Industri 4.0 kan både positiva och negativa förändringar förväntas. Decentralisering kan bidra till en ökad frihet i hur och var arbetet utförs, men kan samtidigt öka krav på tillgänglighet och medföra otydligheter i vem som bär ansvaret för arbetsmiljön. Sannolikt kommer Industri 4.0 att resultera i nya arbetsmiljöproblem likväl som gamla problem i en ny kontext. Givet en digitalisering av industrin kan även den digitala arbetsmiljön väntas ta en större plats i framtiden.

Beskrivningar av Industri 4.0 tenderar till att visionärt beskriva konceptet i en positiv anda. Vid första anblick kan Industri 4.0 framstå som oproblematiskt och enfaldigt positivt. Innan Industri 4.0 kan bli verklighet så måste de vetenskapliga, tekniska, ekonomiska, sociala och politiska utmaningarna mötas. Slutsatsen har dragits att ett helomfattande fokus, där teknik implementeras på människans villkor, kommer att vara nödvändigt för att Industri 4.0 ska kunna realiseras framgångsrikt.

# Innehållsförteckning

1. Inledning.....	1
1.1. Bakgrund.....	1
2. Metod.....	2
3. Industri 4.0.....	4
3.1. Begreppets ursprung.....	5
4. Ett tekniskt drivet koncept.....	6
4.1. Industri 4.0 karaktäriseras av ett antal tekniska begrepp.....	6
4.2. Internet of Things.....	6
4.2.1. Produkter och tillverkningskapacitet som tjänster.....	7
4.3. Smarta produkter, maskiner och fabriker.....	7
4.4. Cyber-fysiska system.....	8
4.5. Big data.....	10
4.6. Cloud Computing.....	10
4.7. Virtual reality.....	10
4.8. Augmented reality.....	11
5. Nationella strategier skiljer sig åt.....	12
5.1. Smart industri.....	12
5.2. Made In China 2025.....	13
5.3. Society 5.0.....	14
6. Koppling mot några organisationsmodeller.....	15
6.1. Lean production.....	15
6.2. Business Process Reengineering.....	15
6.3. Den lärande organisationen.....	16
6.4. Den gränslösa organisationen.....	16
6.5. Summering.....	16
7. Det framtida arbetet.....	17
7.1. Förändring sker främst inom produktion.....	17
7.2. Minskat behov av traditionell arbetskraft.....	17
7.2.1. En friare arbetsroll.....	18
7.2.2. Decentraliserat arbete.....	18
7.2.3. Outsourcing och crowdsourcing.....	18
7.2.4. Fyra olika typer av interaktion.....	19
7.3. Framtidens kompetensbehov.....	20
8. Framtidens operatörer.....	21

8.1. Den superstarka operatören.....	21
8.2. Den förstärkta operatören .....	21
8.3. Den virtuella operatören .....	22
8.4. Den hälsosamma operatören .....	23
8.5. Den smarta operatören.....	24
8.6. Den kollaborativa operatören.....	25
8.7. Den sociala operatören.....	26
8.8. Den analytiske operatören.....	26
8.9. Teknik möjliggör integrering av operatörer i den smarta fabriken.....	26
9. Framtidens arbetsmiljö.....	27
9.1. Teknik kan förbättra arbetsmiljön .....	27
9.2. Potentiella arbetsmiljöproblem.....	28
9.3. Gamla problem i ny kontext .....	29
10. Problem och utmaningar .....	30
10.1. En vetenskaplig, teknisk, ekonomisk, social och politisk utmaning .....	30
10.2. Industri 4.0 är ännu inte verklighet .....	31
10.3. En multidisciplinär ansats .....	32
11. Slutsatser.....	33
11.1. Vad är Industri 4.0?.....	33
11.2. Hur relaterar Industri 4.0 till organisationsmodeller?.....	33
11.3. Hur påverkas det framtida arbetet av Industri 4.0? .....	33
11.4. Vad är visionen för operatörer inom Industri 4.0?.....	34
11.5. Hur kommer Industri 4.0 påverka framtida arbetsmiljöer? .....	34
11.6. Avslutande kommentar .....	35
12. Referenser.....	36

# 1. Inledning

Denna rapport har tagits fram som ett inledande underlag för forskningsprojekten *Attraktiva arbetsplatser genom Industri 4.0* och *Produktion 4.0*. Rapportens syfte är att beskriva Industri 4.0 på en övergripande nivå. Målet har varit att med ett arbetsvetenskapligt perspektiv beskriva vad Industri 4.0 är och hur organisationer kan väntas påverkas samt positionera detta koncept i en större kontext av nationella strategier och organisationsmodeller. För detta arbete användes följande frågeställningar.

- Vad är industri 4.0?
- Hur relaterar Industri 4.0 till organisationsmodeller?
- Hur påverkas det framtida arbetet av Industri 4.0?
- Vad är visionen för operatörer inom Industri 4.0?
- Hur kommer Industri 4.0 påverka framtida arbetsmiljöer?

Attraktiva arbetsplatser genom Industri 4.0 är ett samarbete mellan Arbetsvetenskap vid Luleå tekniska universitet, SSAB Luleå och IF Metall. Projektet finansieras av Vinnova, SSAB Luleå och IF Metall. Projektet syftar till att forma rekommendationer för attraktiva arbetsplatser och kompetensutveckling i en högteknologisk industriell kontext som präglas av Industri 4.0. Fokus inom projektet ligger på framtidens kontrollrums- och underhållsarbete.

Produktion 4.0 är ett samarbete mellan IUC Norr och Arbetsvetenskap vid Luleå tekniska universitet. Projektet syftar till att stärka konkurrenskraften och stötta den digitala strukturomvandlingen hos de tillverkande industriella små och mellanstora företagen i norra Sverige. Detta ska uppnås genom att öka företagets insikt i, kunskap om och förmåga att effektivisera sina produktionssystem med avseende på strategier för flödeseffektivitet, hållbar produktion och införande av ny innovativ digital produktionsteknik.

## 1.1. Bakgrund

År 2013 publicerade den tyska regeringen Industrie 4.0 som deras nationella strategi för att realisera den fjärde industriella revolutionen. Sedan dess har Industri 4.0 etablerats som ett välkänt begrepp över hela världen. Som svar på den tyska strategin har även andra länder presenterat sina egna, snarlika, nationella strategier. I Sverige presenterades *Smart industri* under 2016, där Industri 4.0 var ett av de fyra nyckelområdena för framtidens smarta industri. Industri 4.0 beskrivs i den tyska strategin som höglöneländernas möjlighet att konkurrera inom produktion, utan sänkta löner. Industri 4.0 finns beskrivet i många olika sammanhang och kan i dessa skilja sig något åt. Industri 4.0 som produktionskoncept är relativt nyetablerat och beskrivs ofta på ett visionärt och oproblematiskt sätt ur ett tekniskt perspektiv. Detta leder till att konceptet kan vara svårt att få grepp om. Därför finns ett behov av att positionera Industri 4.0 i en större kontext.

## 2. Metod

Denna rapport är resultatet av en explorativ litteraturstudie som tar sin utgångspunkt i Industrie 4.0 som presenterats av den tyska regeringen under 2013 samt den svenska strategin, Smart industri, som lanserades 2016. Rapporten bygger främst på vetenskapligt säkerställd litteratur trots att andra typer av litteratur inkluderats. Bland annat har ett antal publikationer från den svenska, tyska och den japanska regeringen inkluderats. Även om dessa dokument kan ses som politiska dokument så har dessa varit viktiga att inkludera för att påvisa uppkomsten av Industri 4.0 likväl som hur olika nationer valt att angripa utvecklingen av industrin. Vidare har även ett antal böcker använts som referenslitteratur för att relatera Industri 4.0 till ett antal organisationsmodeller.

Som sökhjälpmedel för litteraturinhämtning användes Scopus. Sökningarna som genomfördes begränsades till att enbart innefatta litteratur som skrivits på svenska eller engelska. Två sökningar genomfördes inom titel, nyckelord och sammanfattning. De sökord som användes var "work 4.0" och "operator 4.0". Dessa begrepp har inom litteraturen för Industri 4.0 tagit en egen plats. Begreppet "work 4.0" syftar till, precis som det antyder, arbete inom Industri 4.0. Snarlikt har även "operator 4.0" ett människocentrerat fokus där begreppet syftar till operatörer i kontexten av Industri 4.0. Anledningen till att dessa sökord användes var för att få ett arbetsvetenskapligt perspektiv samt exkludera den stora mängd litteratur som enbart behandlar tekniska aspekter av Industri 4.0. Från de resultat som erhöles så genomfördes en manuell gallring där irrelevanta texter uteslöts ur urvalet. Uteslutande av litteratur kunde bland annat bero på att litteraturen ej behandlade Industri 4.0 eller på annat sätt ej passade inom ramarna för rapporten. Från resultatet av sökningarna breddades sedan litteraturen till att även innefatta relevanta texter från den citerade litteraturen. Vidare har även några av de citerade texterna utforskats för relevanta referenser. Genom att även undersöka den citerade litteraturen så uppnåddes en snöbollseffekt där mängden litteratur utökades successivt.

Den insamlade litteraturen har delats in tematiskt i olika avsnitt för att skapa en helhetsbild över Industri 4.0. Den ursprungliga frågeställningen har legat som grund för det övergripande upplägget på rapporten. I de individuella avsnitten så diskuteras den insamlade litteraturen löpande.

## Rapportens struktur

Nedan följer en kortfattad beskrivning av rapportens struktur.

### *Industri 4.0*

Detta avsnitt sätter begreppet Industri 4.0 i en historisk kontext och förklarar varifrån det härstammar. De fördelar som utlovas i den tyska strategin summeras kortfattat.

### *Ett tekniskt drivet koncept*

I detta avsnitt beskrivs Industri 4.0 som ett tekniskt drivet koncept. De vanligaste begreppen och teknikerna presenteras för att ge en bild av vad Industri 4.0 är.

### *Nationella strategier skiljer sig åt*

Kort beskrivning av hur initiativ för nyindustrialisering utvecklats inom ett antal länder som ett svar på Industri 4.0.

### *Koppling mot några organisationsmodeller*

Industri 4.0 positioneras i relation till några av de kända organisationsmodellerna för att avgöra om det är en organisationsmodell eller bara ny teknik.

### *Det framtida arbetet*

Som följd av Industri 4.0 förväntas arbetets karaktäristik att förändras. Detta avsnitt redogör för några av de förändringar som kan komma att bli verklighet i framtiden.

### *Framtidens operatörer*

Inom Industri 4.0 finns det visioner om en ny typ av operatör. Detta avsnitt är därför tillägnat att beskriva hur denna vision ser ut samt hur den relaterar till den tekniska utvecklingen.

### *Framtidens arbetsmiljö*

I enlighet med de förändringar som förväntas ske i det tekniska systemet likväl som i arbetets karaktäristik redogör detta avsnitt för hur framtidens arbetsmiljö kan komma att påverkas. Vidare diskuteras en rad olika potentiella arbetsmiljöproblem.

### *Problem och utmaningar*

Detta avsnitt redogör för några av de problem och utmaningar som existerar samt en indikation på var vi befinner oss nu.

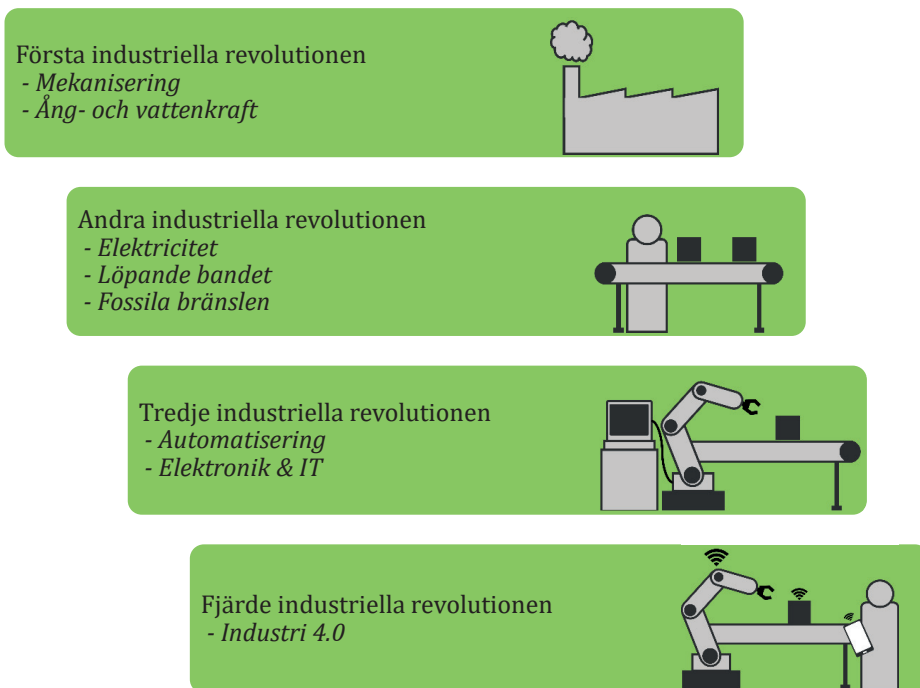
### *Slutsatser*

I detta avsnitt dras slutsatser i relation till de frågeställningar som presenterades i inledningen.

### 3. Industri 4.0

Inom litteraturen beskrivs Industri 4.0 som *den fjärde industriella revolutionen*, vilket antyder att industrin tidigare genomgått tre revolutioner. Konsekvenserna av den första industriella revolutionen återges ofta som en urbanisering, där arbetskraften koncentrerades kring städernas industri. Men hur kom det sig att denna förändring ägde rum? *Den första industriella revolutionen* tillskrivs ofta som resultatet av att industrin mekaniserades samt att vatten- och ångdrivna maskiner kunde tillföra kraft på ett sätt som tidigare ej varit möjligt. I ett liknande förfarande uppenbarade sig *den andra industriella revolutionen* då nyttjandet av elektricitet, fossila bränslen och det löpande bandet möjliggjorde ytterligare framsteg inom industrin. Den tredje revolutionen tillskrivs utvecklingen av elektronik och IT-lösningar som möjliggjort automatisering av industrin. Karaktäriserande för de industriella revolutionerna har varit att något exakt start- eller stoppdatum inte existerat. Utvecklingen av industrin har emellertid levererat teknik som revolutionerat förutsättningarna för att kunna leverera produkter eller tjänster.

Nuläget inom dagens industri kan i stora drag beskrivas med hjälp av den teknik som uppdagade sig under *den tredje industriella revolutionen*. Industrin är i många anseenden automatiserad, men endast till den grad att yttre påverkan från människan fortfarande till stor del är en nödvändighet för att industrin skall fungera. Detta är något som på allvar kan komma att förändras i framtiden. Industrin närmar sig ett paradigmskifte där produkter, maskiner och fabriker går från att vara dumma till att vara smarta i den så kallade *fjärde industriella revolutionen*. Detta kallas alltmer för Industri 4.0.



Figur 1. De fyra industriella revolutionerna.

### 3.1. Begreppets ursprung

Begreppet Industri 4.0 kommer från strategin Industrie 4.0 som tagits fram av den tyska regeringen. Tyskland har under många år betraktats som en av de främsta industrinationerna. I den tyska strategin menas det att Industri 4.0 är en strategi för att säkra framtiden för den tyska industrin (Kagermann, Wahlster, & Helbig, 2013). De ekonomiska incitamenten för Industri 4.0 är att ekonomier med höga löner ska kunna konkurrera på den internationella marknaden. För att kunna leverera produkter eller tjänster i hård konkurrens blir det därmed uppenbart att ekonomier med högre löner ej kommer kunna nyttja samma mängd arbetskraft. De ekonomiska incitamenten i kombination med bland annat kortare serier och kundspecifika anpassningar tyder på att framtidens industri kommer att behöva arbeta smartare och att den tekniska produktionsapparaten kommer att få en större roll. Den tyska strategin menar att tekniken kommer möjliggöra åtta distinkta fördelar:

1. Möta individuella krav från kund
2. Ökad flexibilitet
3. Optimerat beslutsfattande
4. Ökad resurseffektivitet och resursproduktivitet
5. Värdeskapande genom nya tjänster
6. Förbättrade förutsättningar för att hantera demografiförändringar
7. Bättre balans mellan det privata och arbetslivet
8. Ökad konkurrenskraft inom produktion för höglöneländer.

Med Industri 4.0 kan kundspecifika produkter produceras lönsamt i små serier. Detta möjliggörs genom möjligheten att inkorporera kundspecifika kriterier i design, konfiguration, order, planering och tillverkning. Ökad flexibilitet tillskrivs införandet av *cyber-fysiska system* (CPS) som möjliggör dynamisk konfiguration av verksamheten. Beslutsfattande väntas optimeras eftersom Industri 4.0 erbjuder end-to-end transparens i realtid. Den ökade resurseffektivitet och resursproduktivitet som förväntas erhållas av Industri 4.0 beror på införandet av CPS. Istället för att stanna produktionen kan systemen kontinuerligt optimeras parallellt med produktionen ur såväl resurs-, utsläpp- och energisynpunkt. Nytt värdeskapande genom nya tjänster möjliggörs av att applicera smarta algoritmer på stora kvantiteter data (Big Data) som samlats in av smarta enheter. Genom interaktiv kollaboration mellan människa och tekniska system samt flexibla karriärvägar menas Industri 4.0 förbättra förutsättningarna till att hantera demografiförändringar. Företagen som i framtiden använder sig av CPS ges möjligheten till mer flexibla arbetsorganisationer där en bättre balans mellan privat- och arbetsliv kan uppnås. Slutligen menas Industri 4.0 öka konkurrenskraften för höglöneländer. Från dessa åtta olika punkter är det tydligt att det inte är några små fördelar som den tyska strategin gör anspråk på. Bland annat brukar ökade möjligheter att möta individuella krav eller en höjd flexibilitet ofta anses vara direkt motstridigt mot att organisationen ska kunna arbeta mer effektivt.

## 4. Ett tekniskt drivet koncept

Litteraturen som behandlar Industri 4.0 har ett starkt fokus riktat mot de tekniska aspekterna. Lasi, Kemper, Fette, Feld, & Hoffman, (2014) menar att Industri 4.0 kan anses vara drivet av förändringar främst inom de tekniska produktionssystemen med ett klart fokus på IT. I litteraturen så framgår det att Industri 4.0 i någon mening är ett samlingsbegrepp för en digitalisering av industrin där gränserna mellan det fysiska och det virtuella suddats ut.

### 4.1. Industri 4.0 karaktäriseras av ett antal tekniska begrepp

I en systematisk litteraturoversikt, där 224 vetenskapliga artiklar som publicerats inom området för Industri 4.0 till slutet av juni 2016 analyserats, konstaterade Liao, Deschamps, Loures, & Ramos (2017) att de fem mest förekommande kluster av nyckelord var:

1. Industry 4.0
2. Cyber Physical System
3. Manufacturing
4. Smart factory
5. Internet of Things

Inte helt oväntat så var just begreppet Industri 4.0 det kluster av nyckelord som var högst representerat. Av de fyra efterföljande klustren framgår det att fokus ligger på en tillverkande, uppkopplad, smart fabrik, där det fysiska integreras med det digitala. Bland de tekniker som möjliggör Industri 4.0 presenterar Liao m.fl. (2017) två olika kategorier; data-modellering och tekniker kopplade mot virtualisering likväl som visualisering. Inom virtualisering och visualisering är de mest frekvent använda begreppen *augmented reality* och *virtual reality*. En annan forskargrupp (Xu, Xu, & Li, 2018) menar att tekniken är möjliggöraren för morgondagens mer effektiva och konkurrenskraftiga industriella ekosystem. För att underlätta förståelsen av vad Industri 4.0 faktiskt är kommer därför detta kapitel att kortfattat gå igenom några av de mest vanliga begreppen och teknikerna som förknippas med framtidens industri.

### 4.2. Internet of Things

Ett av de mest förekommande begreppen som dyker upp inom litteraturen för Industri 4.0 är *Internet of Things* (IoT). Enligt Internet of Things Sverige (2018), en nationell satsning för att Sverige ska bli ledande inom användandet av IoT, så är IoT ett samlingsbegrepp för den utveckling som innebär att maskiner, fordon, gods, hushållsapparater o.s.v. förses med små inbyggda sensorer och processorer. Med dessa kan enheterna uppfatta och kommunicera med sin omvärld. Tekniken är således en möjliggörare för att skapa smarta, såväl som attraktiva och hjälpsamma varor, tjänster och miljöer.

Inom detta område av sakernas internet finns även andra begrepp som liknar eller utvecklar betydelsen av dessa uppkopplade enheter. Det mest snarlika konceptet är *Industrial Internet of Things* (IIoT) som har en snarlik betydelse, fast i en industriell kontext. Det förekommer även att detta kallas för *Industrial Internet*. General Electric (2018) menar att det industriella internet utgörs av olika typer av industriella enheter som länkats samman med kommunikationsteknologi. Tillsammans utgör dessa ett nätverk som kan övervaka, utbyta och insamla data vilket erbjuder insikt i systemen som ej tidigare varit möjlig. General Electric menar även att detta kommer leda till smartare och snabbare affärsbeslut för de industriella

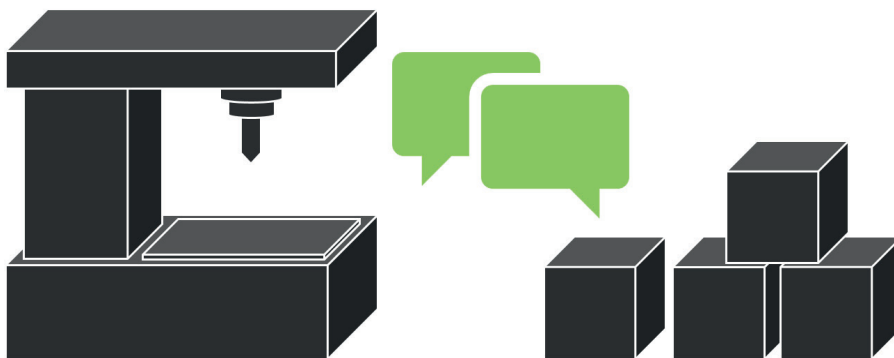
företagen. Den huvudsakliga skillnaden mellan IoT och IIoT blir således främst beroende på vilken kontext tekniken placeras inom. Radio-Frequency Identification (RFID) beskrivs av Xu m.fl. (2018) som en av hörnstenarna inom IoT. Med RFID kan identitet och position registreras trådlöst och således kan en stor mängd data samlas in utan att kräva någon mänsklig arbetsinsats.

#### **4.2.1. Produkter och tillverkningskapacitet som tjänster**

Kagermann m.fl. (2013) menar att Industri 4.0 kommer att leda till nya affärs- och partnerskapsmodeller. För små och mellanstora företag (SMF) kommer detta leda till möjligheten att använda sig av tjänster och programvara som de under nuvarande licensiering- och affärsmodeller ej har råd att finansiera. En tjänstefiering förväntas inom området för Industri 4.0. Ghobakhloo (2018) menar att *Internet of Services* (IoS) medför nya möjligheter för företagen att skapa värde för sina kunder. *Products as a Service* (PaaS) möjliggör affärsmodeller där data löpande kan samlas in under användandet för att leverantören skall kunna debitera kunden för bland annat användandet av produkten eller för förebyggande underhåll (Ghobakhloo, 2018). PaaS innebär alltså att kunden betalar för en tjänst istället för att köpa den faktiska produkten. För leverantörer innebär detta ett utökat ansvar till följd av att produkten aldrig övergår till att ägas av kunden. På ett liknande vis kan även tillverkning tjänstefieras. *Manufacturing as a Service* (MaaS) relaterar till en affärsmodell där ett nätverk kollektivt har tillgång till en tillverkningsinfrastruktur (Ghobakhloo, 2018). Detta innebär att istället för produkter så kan tillverkningskapacitet säljas som en tjänst i framtidens industri.

#### **4.3. Smarta produkter, maskiner och fabriker**

Smarta produkter har alltmer blivit en självklarhet i det vardagliga livet för många människor. Smarta mobiltelefoner, TV-apparater och klockor är produkter som vi ofta stöter på i vardagen. Med den fjärde industriella revolutionens intåg kommer dessa smarta lösningar att ta sig in alltmer även inom industrin. Smarta produkter inom industrin är identifierbara, går att lokalisera vid alla tidpunkter samt känner till sin egen historia, nuvarande tillstånd och sitt tänkta flöde för att nå sitt färdiga tillstånd. Kagermann m.fl. (2013) beskriver den smarta produkten som en viktig komponent i framtidens industri. Genom att besvara frågor som "vilka parametrar skall användas för att tillverka mig?" och "Var ska jag levereras?" stödjer den smarta produkten aktivt tillverkningsprocessen. Samma logik som för den smarta produkten gäller även för smarta maskiner och fabriker. De är medvetna om sig själva, känner av sin egen status och kan kommunicera med varandra.



Figur 2. I den smarta fabriken kan smarta produkter och smarta maskiner kommunicera med varandra. Denna kommunikation utgör en viktig del i realiserandet av Industri 4.0.

#### 4.4. Cyber-fysiska system

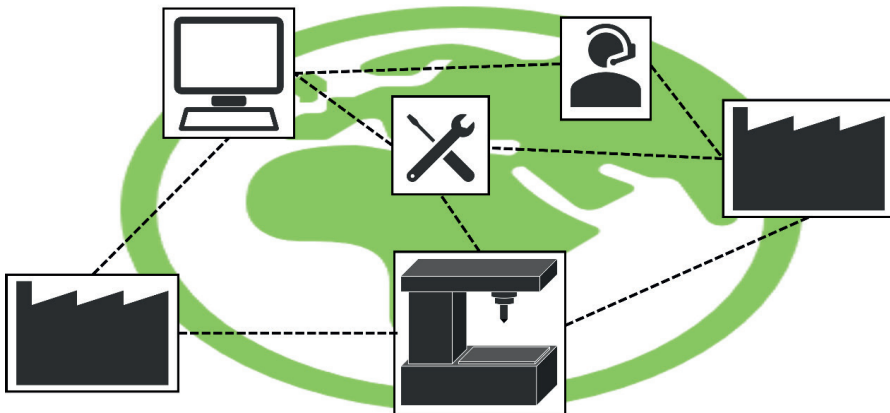
Den tekniska utveckling som föreligger industri 4.0 handlar om skapandet av *cyber-fysiska system* (CPS) som tillåter att smarta maskiner, lagersystem, och produktionsanläggningar autonomt kan utbyta information, agera och kontrollera varandra (Kagermann m.fl., 2013). Integreringen av virtuell och fysisk verklighet är ett måste för att realisera smarta produkter och smart produktion (Zhou, Liu, & Zhou, 2015). I den tyska strategin menar författarna att de smarta fabriker som börjat dyka upp använder sig av en helt ny infallsvinkel på produktion. I den tyska strategin poängteras det tydligt hur Industri 4.0 förutsätter tre olika typer av integration.

1. Vertikal integrering
2. Horisontell integrering
3. End-to-end integrering

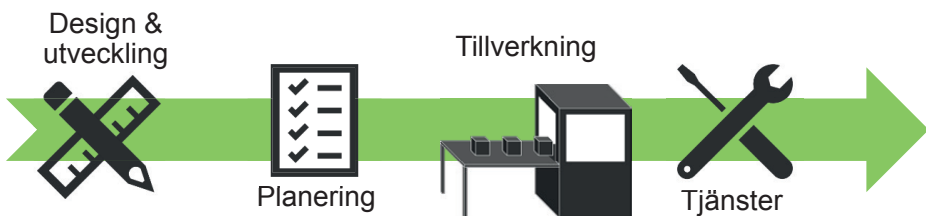
*Vertikal integrering* syftar till den hierarkiska integrationen som utspelar sig inom fabriken där bland annat sensorer, maskiner, robotar och digitala IT-system sammankopplas. *Horisontell integrering* syftar istället till att integrera över hela värdekedjan, både inom och utanför företagsgränserna. *End-to-end-integrering* syftar till den fullständiga integrering som uppnås då hela värdeflödet är sammankopplat där system som används vid olika skeden inom exempelvis planering, tillverkning, logistik och marknadsföring kan kommunicera med varandra. Denna fullständiga end-to-end-integrering kan ses i kontrast till nuvarande situation där företag handskas med en mängd olika gränssnitt till flertalet olika IT-system. Kagermann m.fl. (2013) menar att målet med dessa integrationstyper är att kunna nå en bättre helhetslösning snarare än flertalet sub-optimeringar. De tre integrationstyperna kan ses i Figur 3-Figur 5.



Figur 3. Vertikal integration syftar till integrering mellan olika typer av enheter och system inom den smarta fabriken.



Figur 4. Horisontell integrering sker över hela värdekedjan, både inom och utanför företagsgränser.



Figur 5. End-to-end integrering sträcker sig över hela värdeflödet.

## 4.5. Big data

Inom litteraturen nämns ofta insamling av stora mängder data och analys av denna för att skapa värde för framtidens industri. Det vanligaste begreppet inom Industri 4.0 som behandlar just detta ämne är *Big Data*. Begreppet används inom många olika industrier och branscher där betydelsen av begreppet följer olika teman. De Mauro, Greco, & Grimaldi (2016) menar att trots den vida spridningen av begreppet så saknas en ordentlig formell definition. Författarna formulerade i deras litteraturstudie en definition av Big Data baserat på dess essentiella egenskaper.

*“Big Data is the Information asset characterized by such a High Volume, Velocity and Variety to require specific Technology and Analytical Methods for its transformation into Value.”*  
(De Mauro m.fl., 2016)

Definitionen antyder att Big Data är ett flerdimensionellt begrepp. Volym, hastighet och variation beskriver karaktärstiken på information. Teknologi och analytiska metoder beskriver de förutsättningar som krävs för att informationen skall kunna tillgodogöras. Vad informationen sedan kan omvandlas till i termer av insikter för företag och samhälle i stort är vad som representerar värde. Det skulle kunna handla om insamlandet av data från maskiner för att planera underhåll, förutse driftstopp eller för att optimera energiförbrukning. När Big Data diskuteras så är det inte ovanligt att insamling av all tillgänglig data förespråkas. Insamlad data kan vid insamlingsstillfället vara utan värde, för att vid ett senare tillfälle vara mycket värdefull. I ett sådant scenario ges ett stort försprång genom att data redan är insamlad innan behovets uppkomst.

## 4.6. Cloud Computing

*Cloud Computing* (CC) är ett av de begrepp som blivit alltmer populärt genom Industri 4.0. Begreppet syftar till en beräkningsteknik som erbjuder hög prestanda till ett lågt pris (Xu m.fl., 2018). Precis som benämningen antyder så handlar det om att lagra och genomföra beräkningar i molnet. Bland annat så menas CC understödja komplex beslutsfattning, ökar effektiviteten i datautbyte och förbättrar utnyttjandet av tillverkningens resurser.

## 4.7. Virtual reality

Möjligheten att observera virtuella objekt i 3D finns numera genom tekniken *virtual reality* (VR). VR är en datorgenererad skenvärld som användaren upplever sig vara i samt agera inom. En vanlig metod för VR är VR-glasögon som använder två små skärmar, en för vardera ögat. Genom registrering av rörelser hos användaren kan datorn beräkna vilka bilder som skall visas. Detta medför att miljön förändras baserat på användarens rörelser och skapar således en virtuell verklighet. VR har potential att användas inom industrin för bland annat produktionsstyrning och arbetsrelaterad träning.

#### **4.8. Augmented reality**

*Augmented reality* (AR) är nära besläktat med VR. Det finns däremot skillnader som klart särskiljer de två teknikerna från varandra. VR innesluter användaren totalt i den virtuella verkligheten medan AR tillåter användaren att tillgodogöra sig både den verkliga och den virtuella världen (Azuma, 1997). AR blir således en integrering av virtuella element in i den faktiska verkligheten. Möjligheten att förstärka människans sinnen genom AR erbjuder en stor potential för industrin. Att AR inte är en självklarhet i industrin idag beror däremot inte på att tekniken inte funnits. Masoni m.fl. (2017) menar att begränsningar inom hård- och mjukvara fram tills idag har varit ett hinder för att AR ska bli ett industriellt verktyg. Bland annat så har prestandan i relation till kostnad varit låg. Förutsättningarna för AR är däremot fortfarande begränsade. Bland annat så tillåter batterier endast kortare användningsperioder och problematik förekommer med den visuella perceptionen. I tillägg till detta så har tracking-tekniken, enligt Masoni m.fl. (2017), ansetts vara för oprecis för industriella applikationer.

## 5. Nationella strategier skiljer sig åt

Det faktum att Industri 4.0 ursprungligen kommer från det tyska strategiska initiativet tycks ha haft stor inverkan på var i världen forskningen hittills har bedrivits. I en systematisk litteraturöversikt beskriver Liao m.fl. (2017) att 83 % (n=186) av de inkluderade dokumenten kommer från europeiska institutioner. Av dessa visade det sig vara totalt 128 vetenskapliga bidrag från enbart Tyskland. Det går därmed att påstå att Tyskland varit främsta drivkraften för forskningen inom Industri 4.0. En av förklaringarna till detta skulle kunna vara att just begreppet Industri 4.0 används främst inom Tyskland medan andra länder låter samma tekniska utveckling benämnas under andra termer. Ett flertal nationer har valt att presentera sina egna strategier för hur de ska möta kommande industriella utmaningar. Detta kapitel kommer att redogöra för några av de initiativ som presenterats sedan Tyskland lanserade Industrie 4.0.

### 5.1. Smart industri

Under början av år 2016 lanserade Näringsdepartementet *Smart industri* som Sveriges mot svarighet till det tyska initiativet Industrie 4.0 (Näringsdepartementet, 2016a). Smart industri lyfter fram Sverige som en framgångsrik industrination och talar starkt för att detta skall tas tillvara på och utvecklas ytterligare. Den vision som uttrycks inom Smart industri är att Sverige skall vara en världsledande nation inom innovativ och hållbar produktion av varor och tjänster. Målet är således att den svenska industrin skall öka sin konkurrenskraft och deltagande främst inom de högkvalificerade delarna av de globala värdekedjorna. Dessa delar av värdekedjan befinner sig som oftast i områden där tjänsteinnehållet är högt. I Smart industri betraktas attraktiva förhållanden för tillverkning som en viktig komponent för att kunna ta del av de mer tjänsteintensiva delarna av produktionen. Likt det tyska initiativet så understryks vikten av att konkurrera med en smartare industri och inte med lägre löner. För att möta de utmaningar som svensk industri ställs inför har fyra olika fokusområden valts ut.

1. Industri 4.0
2. Hållbar produktion
3. Kunskapslyft industri
4. Testbädd Sverige

Från dessa fokusområden går det snabbt att se likheter med det tyska Industrie 4.0. Inom Smart industri har industri 4.0 fått ett eget utrymme som främst är kopplat mot de tekniska utmaningar som industrin står inför. Den beskrivning som ges av Industri 4.0 är mer visionär och inte alls deskriptiv i samma omfattning som det tyska initiativet. I det tyska initiativet inkluderas hållbarhet som en del av industri 4.0 (Kagermann m.fl., 2013) medan Smart industri lyfter fram hållbar produktion på samma nivå som industri 4.0 i sig självt. Cirkulär ekonomi, ett bättre utnyttjande av resurser och nya affärsmodeller ses som viktiga komponenter i den smarta industrin. Kunskapslyftet inom industrin syftar till det kompetensförjningssystem som kommer att behövas på lokal, regional och nationell nivå för att kunna möta den svenska industrins behov. Smart industri vill även positionera Sverige som ledande inom forskning som stärker den industriella produktionen i Sverige. Detta är något som menas vara möjligt genom Testbädd Sverige.

Smart Industri har sedan dess följts av två handlingsplaner (Näringsdepartementet, 2016b, 2017). I dessa handlingsplaner presenteras åtgärder inom flera politikområden som hjälper till att realisera Smart industri. Den första handlingsplanen presenterades i juni år 2016 och lyfte fram totalt 45 åtgärder. Efter att dessa 45 åtgärder genomförts så presenterades i december 2017 den andra handlingsplanen bestående av ytterligare 37 åtgärder. På en övergripande nivå är det lätt att se likheter mellan det svenska och det tyska initiativet. Båda anser att digitaliseringen av industrin är möjliggöraren för att kunna konkurrera samt att positionen som industrination riskeras förloras om den nya tekniken inte anammas.

## 5.2. Made In China 2025

Den kinesiska regeringen presenterade 2015 sin strategi *Made in China 2025*. I detta initiativ gör Kina anspråk på att bli den mest avancerade och konkurrenskraftiga ekonomin genom innovativ tillverkningsteknik (Wübbeke, Meissner, Zenglein, Ives, & Conrad, 2016). I samband med denna satsning introducerades två fonder för att få fart på verksamheten. En av fonderna riktade sig mot avancerad tillverkning och den andra mot kretskort. I fonden för avancerad tillverkning har 2,7 miljarder euro avsatts och inom fonden för kretskort har 19 miljarder euro avsatts. Detta är enorma summor i jämförelse med de 200 miljarder euro som fram tills 2016 lagts på Industri 4.0 i Tyskland. Kennedy (2015) menar att målet i stort är att uppgradera den kinesiska industrin samt att de ledande principerna kan summeras som:

- Innovationsdriven tillverkning
- Kvalitet över kvantitet
- Grön utveckling (ekologisk hållbarhet)
- Optimering av den kinesiska industrins struktur
- Nyttjande av mänsklig talang

I likhet med den svenska strategin kan innovationsdriven tillverkning ses som ett av flera områden i den nationella satsningen. Ett fokus på kvalitet över kvantitet kan liknas med den riktning som existerar inom den svenska och tyska strategin där synsättet existerar att avancerad produktion ses som mer fördelaktig. Planen innefattar även ett fokus på att ersätta utländsk teknik med kinesisk teknik. Detta är något som lett till att den kinesiska strategin kritiserats. Tekniskt förvärv stöds och styrs av den kinesiska staten med hjälp av statsfinansiering. Wübbeke m.fl. (2016) menar därför att rättvis konkurrens inte möjliggörs. Vidare påpekas det att det är politik som är drivkraften bakom den kinesiska strategin, inte affärer.

### 5.3. Society 5.0

I Japan ser den nationella strategin något annorlunda ut i jämförelse med de tidigare nämnda. Den japanska regeringen har lanserat *Society 5.0* som representerar den femte samhällsformen där de föregående typerna var jägare/samlare-, jordbruks-, industri- och informationssamhället (Government of Japan, 2016). Den femte samhällsformen, Society 5.0, är det supersmarta samhället som möjliggörs av den fjärde industriella revolutionen. Genom den fjärde industriella revolutionens nyskapande av tjänster och värden menar Society 5.0 att dess medborgare kan ges ett rikare liv. I The 5th Science and Technology Basic Plan menar den japanska regeringen att Society 5.0 karaktäriseras enligt:

*Ett samhälle som är kapabelt att erbjuda nödvändiga varor och tjänster till personer som behöver dem vid rätt tid och i rätt mängd; Ett samhälle som klarar av att hantera en bred variation av sociala behov; Ett samhälle där alla människor kan ta del av högkvalitativa tjänster, överkomma skillnader i ålder, genus, region, språk samt leva ett gott liv. (Min översättning)*

Några av de exempel som ges på applikationer inom Society 5.0 är outröttliga vårdgivande robotar, smarta hem och autonoma bussar (Government of Japan, 2018). Med Society 5.0 har Japan lyft blicken från enbart industrin och formulerat Society 5.0 på en mer samhällsövergripande nivå.

## 6. Koppling mot några organisationsmodeller

Industri 4.0 har beskrivits som en strategi som främst är tekniskt driven och härstammar från en nationell satsning i Tyskland. Sällan benämns Industri 4.0 i sammanhang med tidigare etablerade organisationsmodeller. Detta avsnitt kommer därför att presentera ett antal organisationsmodellerna samt diskutera hur Industri 4.0 förhåller sig till dessa.

### 6.1. Lean production

*Lean production* är sannolikt den mest populära organisationsmodellen i dagens industri. Begreppet Lean härstammar från när amerikanska forskare besökte Toyota för att studera varför den japanska bilindustrin var så framgångsrik. Ett av de mest kända verken inom litteraturen om Lean är *The Toyota Way* som skrivits av Jeffrey K. Liker (2009). Det mest centrala inom Lean är att genom ständiga förbättringar eliminera det slöseri som förekommer inom organisationen. Detta ligger i linje med Industri 4.0 som syftar till att optimera hela verksamheten och utnyttja sina egna, likväl som vår planets resurser på bästa sätt. Liker menar att organisationen skall låta efterfrågan styra produktionen. Även här finns en överensstämmelse med Industri 4.0 som uppmärksammar fördelarna med att direkt i produktionen kunna koppla individuella produkter mot sin kund. Den smarta fabriken som förespråkas inom litteraturen för Industri 4.0 realiserar även Just-In-Time (JIT) och utjämning som är två centrala begrepp inom Lean. Liker förespråkar att nätverket av partners och leverantörer skall respekteras och utmanas för att driva på förbättringar. Här kan direkta kopplingar ses till det Kagermann m.fl. (2013) förespråkar genom horisontell integrering över företagsgränser. Liker och Kagermann m.fl. kan således anses vara överens om att slöseri skall elimineras över hela flödet, och inte enbart inom företagsgränserna. Boston Consulting Group menar att kombinationen av Lean och Industri 4.0, något de benämner som *Lean Industry 4.0*, bär en hög potential (Küpper, Heidemann, Spindelndreier, & Knizek, 2017).

### 6.2. Business Process Reengineering

Under 1990-talet etablerades Business Process Reengineering (BPR) som syftade till att modernisera och effektivisera organisationer. I kontrast till de kontinuerliga förbättringar, som förespråkas inom Lean, menar Hammer & Champy (1995) istället att mer drastiska åtgärder krävs. BPR syftar till en dramatisk och helomvälvande förändring där nuvarande utformning av organisation och processer förbises. Om några få procents förbättringar efterfrågas så är BPR inte rätt väg att gå. BPR syftar istället till mer radikala förändringar som förväntas ge större utdelning resultatmässigt. För att nå ett framtida optimalt läge menar (Hammer & Champy, 1995) att nuvarande tillstånd måste ignoreras. Bara genom att se bortom de regler och antaganden som existerar idag kan ett optimalt framtida tillstånd tas fram. I de helomvälvande förändringar som förespråkas inom BPR menar Hammer & Champy att IT är en mycket viktig komponent. Teknik beskrivs som möjliggöraren till att förändra hur organisationer fungerar och de resultat som erhållas. Detta kan liknas vid den bild som återges inom litteraturen för Industri 4.0. Genom implementering av ny teknik förväntas företag att bland annat öka sin konkurrenskraft. Industri 4.0 kräver en omfattande teknisk utveckling av organisationer, där de regler och antaganden som existerar idag kan komma att utmanas.

### 6.3. Den lärande organisationen

*Den lärande organisationen* (Senge, 1990) har dels fått ta plats som en egen organisationsmodell likväl som en komponent i andra organisationsmodeller (Liker, 2009). Bidraget från Senge var att se lärande som en konkurrenskraft. Organisationer som är bäst på att lära menas vara de organisationer som kommer att vara mest konkurrenskraftiga. En lärande organisation måste således utformas på ett sådant sätt att lärande kan ta plats nära i arbetet. I den tyska strategin för Industri 4.0 menar Kagermann m.fl. (2013) att relevanta kompetenser kommer att förändras och att utmaningar kommer att uppkomma inom arbetsplatsbaserad professionell yrkesutveckling. Inom Industri 4.0 finns alltså utmaningar där en lärande organisation kan erbjuda möjligheter.

### 6.4. Den gränslösa organisationen

Ashkenas, Ulrich, Jick, & Kerr (1997) har lanserat begreppet *gränslös organisation* men betonar att det inte syftar till att upplösa gränser. Istället syftar den gränslösa organisationen till en ökad genomtränglighet av gränser. Enligt Ashkenas m.fl. finns fyra olika typer av gränser:

1. Lodräta: Mellan nivåer och befattningar
2. Vågräta: Mellan funktioner och yrken
3. Externa: Mellan organisationer, leverantörer, kunder och myndigheter
4. Geografiskt: Mellan länder, kulturer och marknader

Här går det att se en direkt koppling mot de tre integrationstyperna som presenterades i den tyska strategin av Kagermann m.fl. (2013). Vertikal, horisontell och end-to-end integration har potential att öka genomträngligheten av organisationers gränser. Industri 4.0 borde således positivt påverka förutsättningarna för gränslösa organisationer.

### 6.5. Summering

Av genomgången ovan framgår det att det tekniskt drivna Industri 4.0 mycket väl kan kombineras med de managementdrivna organisationskoncept som presenterats. Lean production, den lärande organisationen, BPR och den gränslösa organisationen ger inte på något sätt en komplett bild över alla de organisationsmodeller som finns men de har haft ett stort genomslag och kan i flera hänseenden uppvisa likheter med Industri 4.0. Frågan blir då om även Industri 4.0 ska ses som en organisationsmodell. Industri 4.0 är så pass nytt att inget enkelt svar på denna fråga kan ges ännu. Det kan däremot argumenteras att tidigare organisationsmodeller kan förväntas inkorporeras i den teknik som associeras med Industri 4.0. Eliminering av slöseri kanske sker autonomt i framtiden av smarta fabriker, utan någon uttalad anknytning till Lean. Likaså finns möjligheten att framtidens industri utgörs av gränslösa organisationer där de tre typerna av integrering realiserats, utan att gränslöshet i termer av organisationsmodell påpekats. Mitt svar på frågan om Industri 4.0 är en organisationsmodell blir därför både ja och nej. Teknisk utveckling har lett till att vad som tidigare ansågs som en organisationsmodell kan uppnås genom implementering av ny teknik. Samtidigt kan den tekniska utvecklingen antas vara ett resultat av samverkan mellan teknik och organisationsmodeller. Möjligen kan det vara så att den teknik som utformas inom Industri 4.0 är ett svar på de problem som många organisationsmodeller syftar till att lösa. Industri 4.0, med tekniken som möjliggörare, kan därför skörda frukterna av flera organisationsmodeller samtidigt. Möjligen kommer organisationsmodeller som vi känner dem idag att ta mindre plats i framtidens industri.

## 7. Det framtida arbetet

Det tidigare kapitlet om Industri 4.0 som ett tekniskt drivet koncept beskrev hur den tekniska förändringen lägger grunden för den fjärde industriella revolutionen. Förändring bör emellertid inte enbart betraktas ur ett tekniskt perspektiv. Förändringar kan även ske inom arbetsorganisationen, i en yrkesgrupp eller för en enskild individ. Detta avsnitt kommer att diskutera hur Industri 4.0 kan komma att påverka det framtida arbetet.

### 7.1. Förändring sker främst inom produktion

Bauer, Schlund, Hornung, & Schuler (2018) har studerat 385 tillämpningar av Industri 4.0 och funnit att 69 % av dessa är direkt relaterade till produktion. Andra områden var huvudsakligen inom service, design och teknik samt logistik. Bauer m.fl. (2018) visar även att 49 % av tillämpningarna kan klassificeras inom områdena för mjukvara och systemteknik. Det fanns två anledningar till detta; att decentralisera kontrollen samt att kunna hantera stora mängder data. Decentralisering av kontroll kan anses vara en möjliggörare för flexibla arbetsorganisationer. Kagermann m.fl. (2013) menar att flexibla arbetsorganisationer erbjuder den anställde möjligheten att kombinera arbete med privatliv och kontinuerlig yrkesutveckling. Detta antas kunna resultera i en bättre balans i arbetslivet. Att fokus ligger på produktion kan direkt avläsas från de många olika nationella strategierna som presenterats under de senaste åren. Att förändringar främst sker inom vissa delar av organisationer innebär även att olika yrkesgrupper kan påverkas på olika sätt. Bauer m.fl. (2018) fann att i 42 % av tillämpningarna som studerats så var intressenten en maskinoperatör. Övriga intressenter var servicetekniker (27 %), montörer (23 %), designers (18 %) och logistikoperatörer (16 %). Dessa siffror är något som direkt kan antas bero på det stora fokus som Industri 4.0 lägger på just produktion.

### 7.2. Minskat behov av traditionell arbetskraft

Tidigare automationssatsningar har strävat efter att ersätta människan med teknik. Gorecky, Schmitt, Loskyll, & Zühlke (2014) menar att Industri 4.0 istället syftar till att integrera människan i den cyberfysiska strukturen. Genom integrering ska operatören kunna utnyttja sina individuella talanger och färdigheter. Enligt Kazancoglu & Ozkan-Ozen (2018) väntas förändringarna i den industriella produktionsmiljön minska behovet av traditionell arbetskraft. Detta bekräftas av Bauer m.fl. (2018) som visar på ett minskat antal anställda vid praktiska tillämpningar av Industri 4.0 i Tyskland. Inom litteraturen för Industri 4.0 har Ghobakhloo (2018) funnit, i sin systematiska översiktsartikel av 178 dokument, att Industri 4.0 förväntas ersätta vissa arbeten. Han menar att den huvudsakliga faktorn som påverkar huruvida en individ blir av med sitt arbete främst beror på personens kvalifikationer. Lägre kvalificerade yrken förväntas drabbas hårdast. Samtidigt finns en uppfattning inom litteraturen för Industri 4.0 att teknik alltid har skapat fler arbetstillfällen än vad den ersatt (Ghobakhloo, 2018). Särskilt menar Ghobakhloo att arbetstillfällen kommer att skapas inom datorteknik, IT och matematik. Organisationer som strävar mot Industri 4.0 skulle kunna agera proaktivt genom att satsa på kompetensutveckling av den arbetskraft man redan har.

### **7.2.1. En friare arbetsroll**

Implementeringen av Industri 4.0 möjliggör enligt Kagermann m.fl. (2013) en friare roll för operatören. Istället för rutinarbete så tillåts operatören att fokusera på kreativa och värdeskapande aktiviteter. Kontroll, reglering och konfigurering av den smarta industrin ses som framtida arbetsuppgifter för operatörer. Därmed antas operatören erhålla en nyckelroll inom produktionen, framförallt inom kvalitetssäkring. Eftersom rollen blir friare för operatören så menar Gorecky m.fl. (2014) att den klassiska, statiska, arbetsplatsen kommer att bli allt mindre förekommande. Med större tillgång till information förväntas verksamhetsområdet likväl som ansvarsområdet för operatörer att utökas. Med en ökad komplexitet i produktionen och en bred roll som problemlösare väntas karaktären på det traditionella operatörarbetet skifta allt mer mot mentalt arbete. Till följd av det nära samspelet mellan människa och cyber-fysiska system finns det enligt Gorecky m.fl. god grund att lyfta sociotekniska frågor gällande autonomi och befogenheter för beslutsfattande.

### **7.2.2. Decentraliserat arbete**

Ett annat område som blir relevant med en digitaliserad och uppkopplad industri är möjligheten till decentralisering. Med tekniken möjliggörs att vissa typer av arbete kan genomföras på distans från den faktiska produktionen. Det kan till exempel handla om truckar i en gruva som kan manövreras från en säker kontrollrumsmiljö ovan jord. På liknande sätt skulle framtidens industri potentiellt kunna styras från en annan plats än där den faktiska produktionen finns. Detta kan resultera i stora förändringar av arbetets karaktär. Till följd av arbetets förändrade karaktär är det möjligt att vissa yrken övergår från att vara "blue-collar" till "white-collar", förändringar som i förlängningen kan påverka den fackliga tillhörigheten.

### **7.2.3. Outsourcing och crowdsourcing**

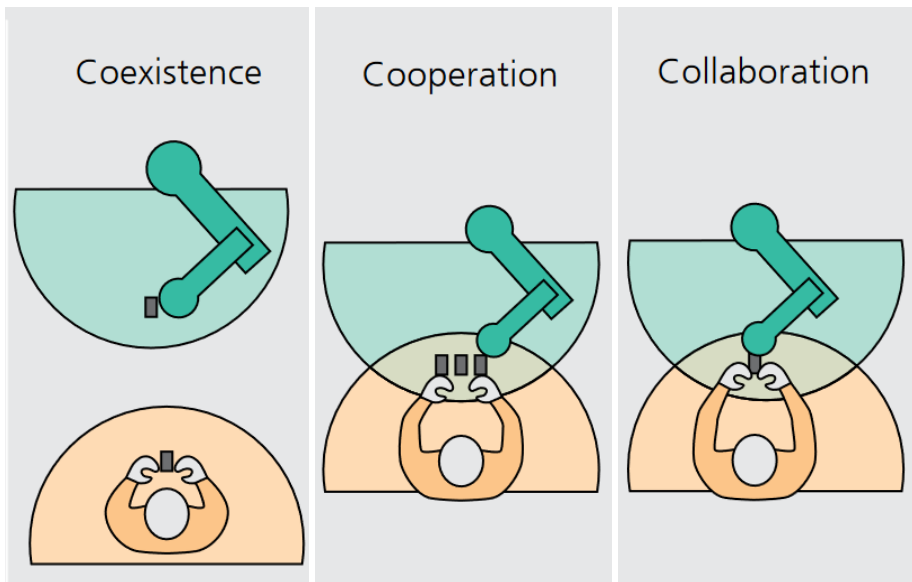
Möjlighet till decentralisering kan även innebära en ökad möjlighet att outsourca arbetet till entreprenörer. Det relativt nya begreppet crowdsourcing syftar till möjligheten att via internetuppkoppling outsourca arbetsuppgifter till externa aktörer. Den mest avgörande skillnaden mellan crowdsourcing och traditionellt arbete är en högre grad av flexibilitet, skalbarhet och tillgång till kompetens för ett lägre pris, vilket går att koppla till de begränsade anställningsvillkoren (Johansson m.fl., 2017). Detta ses av en del som en positiv utveckling där den eftersökta kompetensen bara är några klick bort. Det som anses problematiskt är de villkor som den externa aktören arbetar under. Johansson m.fl. (2017) menar att crowdsourcing, där internationella företag använder digitala plattformar för att fördela arbeten till mindre företag, är det mest synliga exemplet där arbete och anställningsförhållanden omformas. Outsourcing och crowdsourcing kan även betraktas ur ett perspektiv där arbetsgivaren påverkas negativt. Att låta externa aktörer genomföra arbetsuppgifter inom företaget kan i förlängningen innebära att företaget är hjälplösa i vissa frågor. Vid till exempel funktionsupphandlingar eller avancerat underhåll som hanteras av externa parter kan företagen stå utan kontroll över sin egen produktionsprocess. För företagen blir det därför viktigt att reflektera kring vilka arbetsuppgifter som kan hanteras av externa parter respektive den egna organisationen.

#### 7.2.4. Fyra olika typer av interaktion

Inom litteraturen för Industri 4.0 så väntas interaktionen mellan människa och teknik att påverkas. Bauer m.fl. (2018) fann i sin studie av 385 tillämpningar fyra olika interaktionstyper.

1. Coexistence (31 %)
2. Cooperation (38 %)
3. Collaboration (11 %)
4. Substitution (19 %)

Coexistence syftar till att människa och maskin existerar samtidigt fast utan direkt interaktion. Cooperation innebär att människa och maskin tillsammans arbetar mot ett gemensamt mål där de genomför olika uppgifter. Collaboration innebär att operatör och maskin tillsammans arbetar med samma arbetsuppgift för att uppnå ett gemensamt mål. Substitution innebär ett direkt ersättande av människan och därmed ingen interaktion alls. Dessa interaktionstyper kan ses i kontrast till vad automation traditionellt inneburit. Automation har generellt sett inneburit en substitution av arbetskraften, där en maskin eller robot placerats bakom stängsel för att ta över specifika arbetsuppgifter. De olika interaktionstyperna kan ses i Figur 6.



Figur 6. De olika interaktionstyperna mellan människa och maskin. Bildkälla: Bauer, Bender, Braun, Rally, & Scholtz (2016)

Hantering av cyber-fysiska system och den informationen som erbjuds via dessa kommer att ställa krav på den utrustning som människan ska arbeta med. Gorecky m.fl. (2014) menar att mobila enheter som smartphones, surfplattor och smarta glasögon kommer att vara de viktigaste verktygen. Tillsammans kombinerar dessa fördelar av touch-skärmar,

röstigenkänning och rörelseigenkänning. Användandet av dessa enheter anses vara självförklarande eftersom de erbjuder kort inlärningskurva och kräver en låg grad av dokumentation – förutsatt att applikationerna är väl utformade.

### 7.3. Framtidens kompetensbehov

Med en förändring i arbetets karaktär blir det uppenbart att framtidens kompetensbehov kommer att förändras. När det tekniska systemet tar över allt fler manuella operationer och människan får en friare roll uppkommer frågan om mer högkvalificerade arbetsuppgifter eller enkla maskinassisterande arbetsuppgifter kommer att ta dess plats. Risken för denna typ av polarisering är en viktig fråga som måste bevakas i framtiden. Visionen för framtidens arbete inom Industri 4.0 är däremot alltid positiv där interdisciplinärt samarbete och fokus på felåterställning menas vara viktiga komponenter. Med en fri roll menar Kazancoglu & Ozkan-Ozen (2018) att organisering av det egna arbetet, hantering av komplexitet och förmågan att tänka i överlappande processer är viktiga egenskaper i framtidens industri. Den dominerande bilden är att framtidens arbetskraft förväntas vara problemlösare med god förmåga att hantera separata processer snarare än att vara tekniskt skickliga inom ett begränsat område. Inom den svenska strategin riktas ett av de fyra fokusområdena, kunskapslyft industri, direkt mot just behovet av förändrade kompetenser. Kunskapslyft industri syftar till att höja kunskapen och förbereda den svenska industrin för Industri 4.0. Genom uppmärksammande av förändringar i kompetenskrav finns det även en möjlighet att den lärande organisationen kommer, eller behöver, ta en större plats i framtidens industri.

När arbetets karaktär skiftar mot en mer övergripande och fri roll så kan det antas att den specifika kunskapen om processen minskar i betydelse. Den tysta kunskap som operatörer tidigare förfogat över formaliseras till teoretisk och digital kunskap för att kunna nyttjas av de cyber-fysiska systemen. För att denna fria roll ska kunna realiseras kommer det även att ställas krav på organisationen att erbjuda en flexibel och mångkunnig arbetsstruktur. Kazancoglu & Ozkan-Ozen, (2018) föreslår att matrisorganisationer kan vara en lösning på denna problematik. Förändringen i kompetenser är något som väntas resultera i en utmaning kopplat mot rekrytering. Ghobakhloo (2018) menar att företagen noggrant måste bedöma vilka färdigheter som är nödvändiga, vilka digitala färdigheter som finns inom företaget samt vilka färdigheter som saknas. Kagermann m.fl. (2013) menar att företag behöver lämpliga strategier för att organisera arbetet på ett sådant sätt att ett livslångt lärande och arbetsplatsbaserad professionell yrkesutveckling möjliggörs. Johansson m.fl. (2017) menar att individer och organisationer kommer tvingas att skapa och återskapa kvalifikationer, identiteter och genus när ny teknik förändrar arbetet. Med detta menas att även ge utrymme för ett synsätt där kvinnor och andra underrepresenterade grupper kan ges möjlighet att etablera sig inom industrin. Johansson m.fl. menar att teknik ofta associeras med manlighet och därför krävs kritisk reflektion kring hur jämställdhet skall uppnås givet dessa förutsättningar.

## 8. Framtidens operatörer

Eftersom de komponenter som utgör Industri 4.0 främst är tekniskt inriktade finns det anledning att fundera kring vad tekniken innebär för människorna som ska arbeta inom framtidens industri. Cyber-fysiska system har presenterats som en av de viktigaste tekniska komponenterna inom Industri 4.0. Med människan i åtanke har sedan Romero, Bernus, Noran, Stahre, & Berglund (2016) presenterat begreppet *Human Cyber-Physical Systems* (H-CPS). H-CPS är en modell som utgör grunden för en vision om framtidens arbete. Det kan ses som ett nytt gränsområde, där den utsuddade gränsen mellan digital och fysisk verklighet tillsammans med interaktionen mellan människa-maskin kan användas för att förstärka mänskliga egenskaper och prestation.

Snarlikt den tyska teorin om den fjärde industriella revolutionen menas även människorna inom industrin haft en liknande revolution. I kontexten av Industri 4.0 menar Romero, Bernus, m.fl. (2016) i sin modell att fyra olika revolutioner kan urskiljas. I visionen beskrivs operatör 1.0 som den människa som genomför ett manuellt hantverk med stöd från enklare mekaniska verktyg och manuellt kontrollerade maskiner. Operatör 2.0 är den mänskliga operatör som genomför sitt arbete med stöd från datorverktyg. Exempelvis kan operatör 2.0 hantera CNC-maskiner. Operatör 3.0 menas vara den mänskliga enheten som samarbetar med robotar, maskiner och datorverktyg. Framtidens Operatör 4.0 är enligt Romero m.fl. definierad som en smart och skicklig operatör som utöver sitt samarbete med robotar och maskiner även assisteras av H-CPS. Eftersom H-CPS är ett omfattande begrepp så har Romero, Stahre, m.fl. (2016) presenterat åtta olika idealtyper av hur Operatör 4.0 kan tänkas se ut. I dessa idealtyper så är visionen att operatören understöds av teknik för att kunna interagera med det cyberfysiska systemet. Nedan följer en beskrivning av de olika typerna.

### 8.1. Den superstarka operatören

Den superstarka operatören är utrustad med ett mobilt och flexibelt exo-skelett där motorer, pneumatik eller hydraulik assisterar operatören att genomföra rörelser. Denna operatör kan således betraktas som ett bio-mekaniskt system som erbjuder mer kraft och uthållighet än vad enbart en människa kan leverera samtidigt som det tillåter mer flexibilitet än en helt mekaniserad lösning. Romero, Stahre, m.fl. (2016) menar att exo-skelett kan reducera skillnaderna mellan ett automatiserat (effektivt) system och ett manuellt (flexibelt) system. Vidare menar författarna att den superstarka operatören kan öka den sociala hållbarheten långsiktigt samtidigt som det kan tillåta bibehållandet av äldre operatören inom industrin till följd av den förändrande demografin. Utnyttjandet av exo-skelett menas kunna avvärja skador och olyckor till följd av tungt arbete samtidigt som det skulle kunna bidra till en ökad produktivitet.

### 8.2. Den förstärkta operatören

Den förstärkta operatören är utrustad med augmented reality (AR) som berikar operatören med digital information och media. Informationen presenteras i realtid i operatörens synfält med hjälp av smarta telefoner, surfplattor, glasögon, eller andra typer av huvudburna lösningar. Romero, Stahre, m.fl. (2016) menar att en mängd olika vinster kan göras om operatörer utrustas med AR. Några av dessa är kortare cykeltider, ökad tillförlitlighet, minskat antal defekter och en ökad spårbarhet. Vidare menar Romero, Stahre, m.fl. (2016) att AR minskar behovet av skrivna arbetsinstruktioner och datorskärmar samtidigt som det kan betraktas som ett digitalt inbyggt kvalitetssystem. Utöver detta förväntas AR bli mänskliga-

maskin-gränssnittet till industrins IT-system. Detta skulle i sin tur medföra att operatörer får information och feedback i realtid för att bättre kunna utföra sina arbetsuppgifter. Nedan, i Figur 7, kan en tillämpning av den förstärkta operatören ses.



*Figur 7. Den förstärkta operatören understöds med AR vid en monteringslina. Virtuella instruktioner integreras i operatörens synfält. Operatören får information om vilka detaljer som ska plockas samt hur dessa ska monteras ihop.*

AR har på senare tid blivit en av de tekniker som ansetts som mest intressant för industri 4.0, särskilt inom service och underhållsarbete Masoni m.fl. (2017). Med en ökad komplexitet i systemen kan det antas att mängden underhåll och service kommer att öka. Ett utökad underhåll och service skulle däremot ställa högre krav på kunskap hos operatören. Masoni m.fl. (2017) menar att en av fördelarna med AR i relation till traditionell dokumentation är att operatören kan ta del av informationen direkt på arbetsplatsen, utan några utskrivna manualer. I ett liknande scenario där kunskap gällande underhållet ej finns dokumenterad skulle en expert potentiellt kunna koppla upp sig till operatörens AR-glasögon för att ta del av samma visuella input som operatören på plats. Experten kan sedan vägleda operatören som finns på plats för att genomföra uppgiften. En sådan lösning skulle kunna motverka dyra och tidskrävande insatser från utomstående experter vid akuta produktionsstopp. Den framtida operatören, som befinner sig i en alltmer komplex miljö, skulle således kunna dra stor nytta av AR-teknik.

### **8.3. Den virtuella operatören**

Den virtuella operatören ges möjligheten att interagera med den virtuella världen. Här tillåts operatören att betrakta och interagera med exempelvis en design, en konstruktion eller en produktionsmiljö. Eftersom detta sker i en simulering innebär det även att risk reduceras och att feedback kan ges i realtid. VR kan även inkluderas som ett verktyg i produktdesign- och konstruktionsfasen. Ritningar kan visualiseras med VR för att undersöka produkter med hänseende till bland annat montering, tillverkningsbarhet och möjlighet till underhåll. Kagermann m.fl. (2013) beskrev i den tyska strategin hur paradigmskiftet i människans interaktion med sin omgivning kommer att skapa nya virtuella arbetsmiljöer som fysiskt kan placeras utanför den faktiska fabriken. I Figur 8 demonstreras hur VR kan användas för att låta en människa ta ett virtuellt kliv in i en produktionsanläggning.



Figur 8. Med VR-tekniken så tillåts människan ta ett kliv in i en virtuell miljö. Datorskärmen visar en spegling av vad som presenteras i VR-glasögonen.

#### 8.4. Den hälsosamma operatören

Med den hälsosamma operatören så menar Romero, Stahre, m.fl. (2016) att operatören utrustas med bärbara trackers som kan mäta aktivitetsnivå, stress, puls, position och en rad andra hälsorelaterade variabler. Denna typ av teknik finns redan idag tillgänglig på konsumentmarknaden och används av människor, ofta i form av smarta klockor, se Figur 9. Bärbara trackers kan medföra en rad olika fördelar såsom ökad produktivitet, välmående och proaktiva säkerhetsåtgärder. Den hälsosamma operatören kan i visionen anpassa sitt arbete efter hälsorelaterade mätvärden. En operatör som arbetat hårt under en längre period kan bli uppmanad att ta en paus för att inte riskera att skadas. Här måste det beslutas gällande vilken information som skall samlas in, vem som äger informationen och vem som skall få åtkomst till informationen. Informationen är känslig eftersom att den potentiellt skulle kunna användas för att avgöra individers kognitiva och fysiska förmågor, något som kan användas vid lönesättning, befordran eller avskedning. Möjlighet att följa operatörens position har även potential att förbättra intern logistik genom att möjliggöra att en operatör som befinner sig närmast en specifik uppgift kan ta sig an denna.



Figur 9. Med bärbara sensorer kan operatörens tillstånd bedömas. Redan idag finns lösningar på konsumentmarknaden som klarar av att mäta flera av de relevanta parametrarna för den hälsosamma operatören.

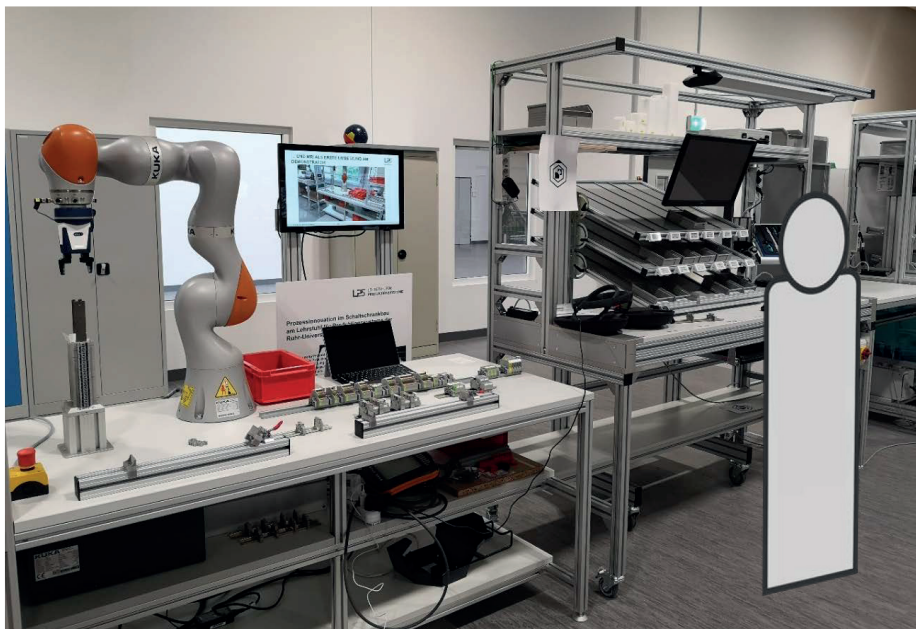
Vid brand eller liknande faror kan tillgång till operatörens position avsevärt förbättra förutsättningarna för att genomföra en framgångsrik räddningsinsats. Det kan kännas självklart att denna teknik har potential att medföra fördelar för en organisation. Det framkommer däremot mer sällan problematiseringar kring hur tekniken kan inkräkta på operatörens integritet. Insamlingen av den information som är nödvändig för att realisera den hälsosamma operatören kan upplevas kränkande av operatören. I visionen av den hälsosamma operatören blir det därför särskilt viktigt att tänka på integritetsfrågan.

### 8.5. Den smarta operatören

Den smarta operatören är enligt Romero, Stahre, m.fl. (2016) utrustad med en intelligent personlig assistent (IPA). IPA är en mjukvarubaserad lösning som kan använda sig av *artificiell intelligens (AI)* för att stödja operatören i att kommunicera med de aktuella IT-systemen. En av de huvudsakliga funktionerna med IPA är möjligheten att erbjuda röstigenkänning vilket medför en smidig interaktion mellan människa och system och som tillåter operatören att arbeta "hands-free". IPA är redan idag tillgänglig på konsumentmarknaden som inbyggd funktion i smarta mobiltelefoner likväl som i dedikerade IPA-lösningar, exempelvis Amazons Alexa.

## 8.6. Den kollaborativa operatören

Kollaborativa robotar (CoBots) är industriella robotar som är kapabla till att genomföra varierade och icke-ergonomiska uppgifter i samarbete med människor. CoBots är försedda med sensorer som tillåter att uppgifter genomförs sida vid sida med operatören utan att utgöra en säkerhetsrisk. Romero, Stahre, m.fl. (2016) menar att den kollaborativa operatören kan använda sig av CoBots som avlastning och på så vis berika sina egna arbetsuppgifter. Utöver möjligheterna för framtidens operatörer medför detta att traditionella säkerhetsbarriärer kommer att kunna undvikas, vilket bidrar till högre utnyttjandegrad av golvyta och minskade kostnader kopplade till säkerhetsutrustning. För att ett flexibelt samarbete mellan operatör och CoBot ska kunna äga rum krävs det att förutsättningarna för programmering av CoBots är goda. Nedan i Figur 10 kan en tillämpning av den kollaborativa operatören ses.



Figur 10. Monteringslina där operatör (till höger) och robot (till vänster) kan arbeta sida vid sida utan traditionella säkerhetsbarriärer. I denna tillämpning existerar människa och robot bredvid varandra, men utför skilda arbetsuppgifter. Roboten har fått i uppgift att utföra de slitsamma och fysiskt krävande monteringsmomenten.

Enligt Romero m.fl. (2018) är en adaptiv CoBot en kollaborativ robot som dynamiskt anpassar sig till människans takt, stressnivå och erfarenhet. Genom att anpassa sig efter den hälsosamma operatören kan den övergripande produktiviteten ökas. När operatören uppvisar tecken på för hög ansträngning kan ett AI-system ta över arbetsuppgifter för att sänka den fysiska likväl som den kognitiva arbetsbördan. Denna typ av samverkan mellan människa och robot innebär även möjligheter för en co-bot att ta över arbetsuppgifter när operatören behöver genomföra andra arbetsuppgifter, exempelvis lösa en störning i produktionslinjen. Nyttjandet av CoBots inom industrin menas även kunna bidra till social acceptans av CoBots inom andra tillämpningsområden, exempelvis vård och omsorg.

### **8.7. Den sociala operatören**

Med den sociala operatören menar Romero, Stahre, m.fl. (2016) att operatörer ges åtkomst till så kallade Enterprise Social Networking Services. Sådana sociala nätverk tillåter de smarta operatörerna att kollaborera i realtid med den smarta fabriakens resurser. Denna typ av kommunikationslösningar tillåter arbetskraften att dela med sig av sin kompetens till sina medarbetare. Detta är något som anses gynna problemlösning likväl som kunskaps-hantering och kunskapsskapande.

### **8.8. Den analytiske operatören**

Romero, Stahre, m.fl. (2016) menar att den analytiske operatören arbetar med att upptäcka information och förutspå viktiga händelser. Operatören kan genomföra analyser på den smarta fabriken i realtid. Den komponent inom Industri 4.0 som är möjliggöraren för den analytiske operatören är Big Data och IoT. IoT bidrar till insamlingen av data i den smarta fabriken vilket möjliggör för operatören att analysera denna och på så vis kunna förutspå eventuella händelser, förebygga misstag samt ta de rätta besluten för att öka den operativa effektiviteten.

### **8.9. Teknik möjliggör integrering av operatörer i den smarta fabriken**

De operatörstyper som beskrivits medför onekligen nya möjligheter för framtidens operatörer. De olika typerna har beskrivits individuellt för att visa hur tekniken kan utrusta den framtida arbetskraften. I framtiden är det däremot möjligt att flera av dessa tekniker kommer att kombineras med varandra för att tillsammans med människan utgöra framtidens operatörer. Det är högst sannolikt att nya tekniker kommer att verka som stöd för framtidens operatörer. De tidiga resultat som finns inom realiserandet av Operatör 4.0 är lovande. I en litteraturöversikt konstaterade Ruppert, Jaskó, Holczinger, & Abonyi (2018) att konceptet operatör 4.0 genomförts framgångsrikt och att fyra fördelar observerats.

1. Eliminering av pappersbaserad administration
2. Händer frigörs och feedback om tillverkningsprocessen kan ges i realtid
3. Tid för arbetsrelaterad träning minskar
4. Effektivitet ökar och antalet fel minskar

Ruppert m.fl. (2018) drog även slutsatsen att konceptet av en operatör med smarta sensorer och bärbara enheter erbjuder möjligheten att framgångsrikt integrera operatörer i det mer övergripande konceptet av smarta fabriker.

## 9. Framtidens arbetsmiljö

Industri 4.0 kommer att innebära förändringar i flera hänseenden. Bland annat kommer fler arbetsuppgifter att försvinna eller förändras samtidigt som nya tillkommer. Framtidens operatörer kommer att interagera med ny teknik och relevanta kompetenser kan komma att förändras. Med förändringar i arbetets karaktär och arbetsmiljöer blir det därför viktigt att identifiera och utvärdera framtida arbetsmiljöproblem. Nya arbetsmiljöer kan resultera i nya arbetsmiljöproblem – eller gamla problem i en ny kontext.

Inom industrin menar Sandblad, Gulliksen, Lantz, Walldius, & Åborg (2018) att automatisering i flera hänseenden förbättrat de anställdas arbetsmiljö. Den fysiska arbetsmiljön har förbättrats och risker för olycksfall eller ohälsa har minskat. Tyvärr så har förändringarna även resulterat i att nya risker och miljöfaktorer uppkommit. De risker som uppkommit har enligt Sandblad m.fl. (2018) främst handlat om psykologiska, kognitiva risker och faktorer. I komplexa system, likt de som beskrivs inom Industri 4.0, blir det allt svårare för människan att hantera situationer där tekniken inte fungerar. Eftersom teknik aldrig kan förväntas att fungera helt felfritt blir det således uppenbart att människan vid något tillfälle kommer att handla felaktigt. Förändringen i arbetets karaktär när arbetsuppgifter digitaliseras kan handla om att fysiska arbetsmiljöproblem som tunga lyft kanske ersätts av långvarigt stillasittande och att människan spenderar en större del av sin arbetsdag i en digital arbetsmiljö. Med en ökande grad av digitalisering inom industrin kan därför den digitala arbetsmiljön antas få ett större fokus i framtiden.

### 9.1. Teknik kan förbättra arbetsmiljön

Industri 4.0 som karaktäriseras av flexibel, anpassningsbar tillverkning med hög grad av kundanpassning kommer i framtiden sannolikt att resultera i produktionsanläggningar med högre komplexitet än de vi är vana vid i dagsläget. Med framtida visioner om en operatör 4.0 med breda arbetsuppgifter kommer den mentala belastningen sannolikt att öka. Romero m.fl. (2018) har ett optimistiskt synsätt där de menar att ökad komplexitet inte per definition är negativ för operatörens hälsa. Vidare ser de möjligheten att utrusta operatören med smarta kognitiva stödverktyg. Genom dessa verktyg kan operatörens tillstånd mätas och arbetsuppgifterna därefter anpassas. Exempelvis är det möjligt att reglera arbetsinnehållet för en operatör som inte hinner med sina arbetsuppgifter och omfördela till en som är sysslöslös. Alternativt kan det handla om en person som utsatts för en hög fysisk belastning som ombeds att ta en rast för att inte öka risken för en arbetsskada. Data som är nödvändig för denna typ av analyser är bland annat puls, blodtryck, kroppstemperatur, andning, hudkonduktans och registrering av ögonrörelser. Insamlandet av dessa data öppnar samtidigt upp för en diskussion kring vilken information som ska vara tillåten att registreras och vem som har tillgång till denna.

Smart personlig skyddsutrustning benämns som ytterligare en teknisk möjlighet för att förbättra arbetsmiljön (Romero m.fl., 2018). Smart skyddsutrustning kan aktivt förebygga och säkerställa operatörens hälsa och säkerhet genom att varna operatören för riskfaktorer såsom gifter, höga temperaturer, ljudnivåer likväl som farliga rörliga objekt i närheten. Att digitalisera operatörens säkerhet och hälsa menas av Romero m.fl. (2018) leda till fyra huvudsakliga teoretiska vinster utöver det generella målet om hälsosammare anställda:

1. Färre sjukdagar
2. Lägre risk för arbetsolyckor och olycksrelaterade rättegångar
3. Förbättrad planering då personaltillgång kan prognosticeras
4. Lägre personalomsättning

Bortsett från personlig skyddsutrustning så finns det ett antal studier av tekniska lösningar som kan bidra till mindre risk för olyckor och förbättrad arbetsmiljö. I en av dessa så har Li m.fl. (2016) presenterat en modell som samlar in data med hjälp av hjälmar som utrustats med RFID-taggar. RFID-tagging möjliggör en positionsbestämning av den anställde. I modellen kan sedan denna position samköras med olycksfalls- och incidentrapportering. Från analysen kan arbetsplatsen slutligen delas in i zoner baserat på säkerhetsbedömningar.

## 9.2. Potentiella arbetsmiljöproblem

I visionen om den superstarka operatören presenterade Romero, Stahre, m.fl. (2016) möjligheten och fördelarna med att komplettera människan med ett exo-skelett. Denna vision kan däremot vara problematisk ur arbetsmiljösynpunkt. Visserligen understödjer ett exoskelett operatören vid ansträngande arbetsmoment. Samtidigt kan det innebära att ett exoskelett möjligen håller kvar operatörer i en arbetssituation som inte är önskvärd. I utsatta arbetsmiljöer är det bästa för operatören att förändra arbetets karaktär eller automatisera för att kunna lyfta ut operatören ur den skadliga arbetsmiljön. Denna typ av insats har genomförts i LKAB:s gruvor där lastare numer kan fjärrstyra utrustningen från en säker kontorsmiljö (Abrahamsson & Johansson, 2006). Även om detta exempel inte innefattar en applikation där exo-skelett kunnat användas så exemplifierar det hur operatörer kan frikopplas helt från en riskfylld arbetsplats istället för att enbart minska riskerna som den anställde utsätts för genom personlig utrustning. Med liknande logik kan den smarta personliga skyddsutrustningen eller kognitiva verktyg som Romero m.fl. (2018) föreslår ses som problematisk. Med ett för stort fokus på tekniska lösningar finns det risk att personlig skyddsutrustning prioriteras över förändringar i den arbetsmiljö som faktiskt utgör orsaken till problemen. Tekniska lösningar skall däremot ej undvikas eller undervärderas utan det handlar om en noggrann avvägning gällande när den bör ses som ett lämpligt alternativ.

Kagermann m.fl. (2013) menar att VR möjliggör skapandet av nya virtuella arbetsplatser som kan placeras utanför den fysiska fabriken. En möjlighet kan vara att operatören kan placeras i en säker kontorsmiljö, alternativt att denne kan arbeta från hemmet. Spekulativt kan det antas att dessa miljöer även tillåter operatören att välja sin arbetsmiljö. En trevlig virtuell arbetsmiljö kanske kan uppnås med en virtuell utsikt över havet eller en inblick i den svenska fjällvärlden. Existerar möjligheten att skapa en trivsamt virtuell miljö kan operatören potentiellt placeras i ett litet mörkt skrymsle utan fönster. I ett sådant exempel blir det tydligt att både fysisk och digital arbetsmiljö behöver beaktas som en helhet. Hur företaget väljer att integrera tekniken i sin organisation kommer alltså starkt att påverka de anställdas arbetsmiljö.

Digitalisering har i ett tidigare avsnitt beskrivits som en möjliggörare för decentralisering av arbetsuppgifter. Många arbetsuppgifter som tidigare enbart genomförts på arbetsplatsen kan nu utföras på en bärbar dator, surfplatta eller mobiltelefon. Johansson m.fl. (2017) menar att detta kan resultera i en ökad frihet i hur och var arbetet utförs. Positiva effekter kan fås ur detta då det medför en ökad flexibilitet för arbetstagaren. Samtidigt menar Johansson m.fl. att det kan öka kraven på tillgänglighet, kanske ända upp till 24 timmar per dag, varje dag. Vidare kan möjligheten till kontroll och övervakning leda till ny psykosocial stress. I avsnittet om framtidens arbete presenterades crowdsourcing som en möjlig arbetsform i den uppkopplade industrin. Ur en arbetsmiljösynpunkt kan det bli otydligt vem som bär ansvaret för den anställdes säkerhet och hälsa. Risken i en sådan situation kan vara att arbetstagaren tvingas arbeta under bristande arbetsvillkor.

### **9.3. Gamla problem i ny kontext**

Det är lätt hänt att tankar kring nya arbetsmiljöer resulterar i en förväntning att nya och helt okända arbetsmiljöproblem kommer att förekomma. Johansson m.fl. (2017) menar istället att gamla arbetsmiljöproblem kan väntas förekomma i en ny kontext och för andra grupper av anställda. Vissa arbetare kanske deltar i utformningen av system medan andra får en maskinassisterande roll där de utför lågkvalificerade arbetsuppgifter. I denna diskussion menar de att det kan vara dags att återuppliva diskussionen kring A- och B-lag. Framtiden behöver inte nödvändigtvis resultera i en polarisering av de anställda. Istället bör förekommandet av gamla problem i nya kontexter ses som en möjlighet där tidigare kunskap kan ligga som grund för framtiden (Sandblad m.fl., 2018).

## 10. Problem och utmaningar

I de tidigare avsnitten har det klargjorts var Industri 4.0 kommer ifrån, vilka tekniker som främst associeras med begreppet och hur det förhåller sig till ett antal organisationsmodeller. Förväntade effekter för framtidens arbete, framtidens operatörer och arbetsmiljöer har också diskuterats. De fördelar som utlovades i de nationella strategierna var många och av varierande karaktär. Vissa handlade om effektivitet och flexibilitet medan andra om ett förlängt arbetsliv och bredare arbetsuppgifter. Det är däremot viktigt att förstå att de nationella strategierna är politiska dokument som presenterar visioner om vad som önskas uppnås snarare än bekräftar effekterna av Industri 4.0. Flera av de förväntade effekter som utlovas i de nationella strategierna har emellertid bekräftats. Bauer m.fl. (2018) fann att den mest vanligt förekommande fördelen av Industri 4.0 var en ökning i effektivitet (47 %). Några av de andra effekterna som observerades var minskade kostnader (33 %), stöd till medarbetare (32 %), nedkortade ledtider (31 %) och ökad kvalitet (28 %). Även om fördelar observerats är det fortfarande viktigt att reflektera kring de problem och utmaningar som industrin ställs inför.

### 10.1. En vetenskaplig, teknisk, ekonomisk, social och politisk utmaning

För att närma sig de förväntade fördelarna som presenterats i den tyska strategin så menar Kagermann m.fl. (2013) att följande åtta nyckelområden måste ges fokus.

1. Standardisering och referensarkitektur
2. Hantering av komplexa system
3. Förståelig bredbandsinfrastruktur för industrin
4. Säkerhet & IT-säkerhet
5. Arbetsorganisation och utformning av arbetet
6. Träning och kontinuerlig professionell utveckling
7. Regelverk
8. Resurseffektivitet

Flera av dessa punkter är svåra för enskilda företag att direkt arbeta med. Exempelvis är det omöjligt för de flesta företag att påverka standardisering och vilken referensarkitektur som bör användas inom framtidens industri. Enligt samma logik är utformningen på lösningar för bredbandsinfrastruktur och IT-säkerhet något som är svårt att påverka för de flesta företag. Dessa åtta punkter kan däremot erbjuda vägledning på en mer övergripande nivå för framtiden. Kopplat till några av de ovan nämnda nyckelområdena anser jag att följande frågor kan erbjuda vägledning för företagen i framtiden.

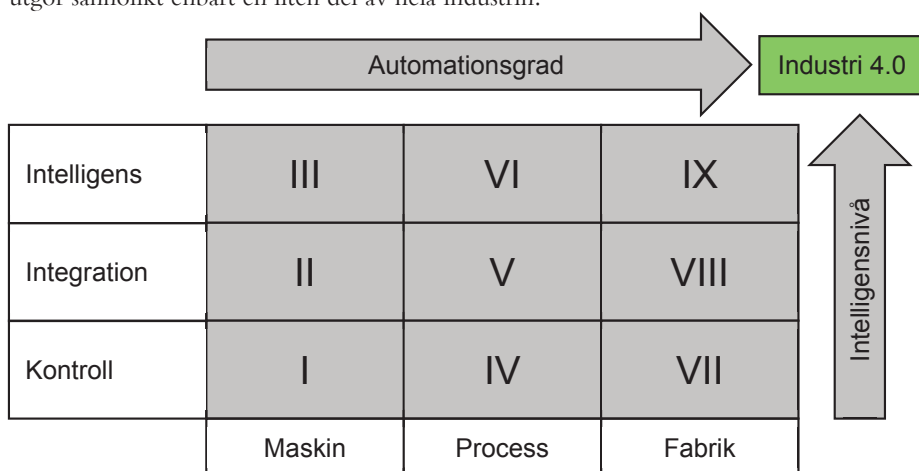
- Hur hanteras en ökad komplexitet?
- Hur uppnås säkerhet för anställda likväl som för IT-system?
- Hur utformas arbetsorganisationen och arbetet bäst?
- Hur kan kontinuerlig professionell utveckling säkerställas?

Dessa är bara ett fåtal av de många frågor som kommer att behöva ställas inom organisationer. Som tidigare påpekat är det svårt för företag att på djupet påverka de åtta nyckelområden som föreslås inom den tyska strategin. Snarare är det så att dessa områden är i behov av vidare forskning och utveckling för att företagen i framtiden skall kunna dra nytta av Industri 4.0. Detta är något som bekräfts av Zhou m.fl. (2015) som menar att

Industri 4.0 är en vision för framtiden som nu står inför vetenskapliga, tekniska, ekonomiska, sociala och politiska utmaningar. I de tillämpningar som Bauer m.fl. (2018) observerat har de främsta problemen som förekommit varit kopplade till en ökad komplexitet i produkter och processer till följd av enstycksflöde och ökad produktvariation.

## 10.2. Industri 4.0 är ännu inte verklighet

Om dagens produktionssystem jämförs med de som beskrivs inom Industri 4.0 så menar Qin m.fl. (2016) att det finns ett stort gap. Qin, Liu, & Grosvenor (2016) presenterar ett ramverk som identifierar vad som behöver uppnås för att realisera Industri 4.0, se Figur 11. Ramverket utgörs av två dimensioner; intelligensnivå och automationsnivå. Ramverket är sekventiellt, vilket innebär att en högre nivå endast kan uppnås om samtliga föregående nivåer uppfyllts. Exempelvis så kan en smart fabrik endast realiseras om maskiner och processer är automatiserade, kontrollerbara, integrerade och intelligenta. Det går därför inte att påstå att Industri 4.0 är verklighet redan idag. De företag som lyckats realisera detta utgör sannolikt enbart en liten del av hela industrin.



Figur 11. Visualisering av det ramverk som Qin m.fl. (2016) presenterade för att demonstrera de krav Industri 4.0 ställer på framtidens produktionssystem.

Ramverket i Figur 11 kan ses som ett verktyg för att utvärdera hur väl förberett ett produktionssystem är för industri 4.0 likväl som en strategisk sekvens för hur detta kan uppnås. För att realisera Industri 4.0 menar Ghobakhloo (2018) att organisationer behöver ta fram sina egna strategiska roadmaps för bättre tidshantering, visualisering och förståelse för de beslut och handlingar de behöver genomföra. På den allra mest övergripande nivån måste dessa roadmaps innefatta kortsiktiga, medellångsiktiga och långsiktiga strategier.

### 10.3. En multidisciplinär ansats

Även om Industri 4.0 har ett tekniskt fokus så existerar medvetenheten om att Industri 4.0 inte kan ses som enbart tillämpandet av teknik (Piccarozzi, Aquilani, & Gatti, 2018). Det finns fler aspekter att ta hänsyn till för ett framgångsrikt realiserande av Industri 4.0. Även om Industri 4.0 är ett tekniskt drivet koncept, med fokus på IT (Lasi m.fl., 2014), kan en multidisciplinär ansats antas ha en viktig roll i realiserandet. Enligt Sandblad m.fl. (2018) sade en verksamhetsledare inom den statliga sektorn i Sverige följande under tidigt 2000-tal:

*”Vi har inga it-utvecklingsprojekt, vi har bara verksamhetsutvecklingsprojekt, i vilka it-systemen ingår. Det handlar om att ta ett samlat grepp om verksamhetsutveckling, organisationsförändringar, kompetensutveckling, systemutveckling och utveckling av arbetsmiljön. Man kan inte förändra någon av dessa utan att det ger en påverkan på alla andra. Därför måste man beakta alla aspekter i systemet samtidigt.”*

Detta citat kan anses vara väldigt talande för hur Industri 4.0 bäst bör angripas av företagen. Teknisk utveckling kan ses som möjliggöraren för Industri 4.0, men kan samtidigt inte betraktas som den enda viktiga komponenten. Teknisk förändring innebär förändringar i bland annat organisation, arbetet, den anställdes roll, relevanta kompetenser och arbetsmiljö. För att framgångsrikt kunna realisera Industri 4.0 bör företagen således anta en multidisciplinär ansats för att säkerställa att tekniken implementeras på ett långsiktigt hållbart sätt.

# 11. Slutsatser

I detta avsnitt besvaras de frågeställningar som presenterats i inledningen.

## 11.1. Vad är Industri 4.0?

Industri 4.0 kommer ursprungligen från den tyska strategin Industrie 4.0 och begreppet anspelar på kopplingen mot den fjärde industriella revolutionen. Om Industri 4.0 sätts i ett människa-teknik-organisationsperspektiv går det att konstatera att det finns ett tydligt fokus på teknik. Industri 4.0 har sitt tydliga fokus mot tillverkningsindustrin och de mest karaktäriserande begreppen är Internet of Things (IoT), cyber-fysiska system (CPS) och smarta fabriker. På en övergripande nivå kan det konstateras att Industri 4.0 handlar om en digitalisering av industrin där det mesta blir uppkopplat mot internet. Denna transformation möjliggörs genom de tre olika integrationstyperna av CPS; vertikal integrering, horisontell integrering och end-to-end-integrering. Denna integrering, tillika uppkoppling, möjliggörs genom IoT. Att Industri 4.0 är ett tekniskt drivet koncept innebär inte att fokus helt utelämnats från människa och organisation. Ett eget spår för framtidens operatörer (Operatör 4.0) och de människocentrerade produktionssystemen (H-CPS) har tagit plats inom litteraturen för Industri 4.0. Även inom dessa områden finns ett stort fokus på teknik i form av smarta bärbara sensorer, exoskelett samt AR- och VR-glasögon.

Det faktum att de nationella strategierna är politiskt influerade medför även osäkerheter. Risken finns att bilden av framtidens industri förskönats av det positiva budskap som Industri 4.0 erbjuder. Flera av de förväntade effekterna som beskrivs inom den tyska strategin har däremot redan observerats (Bauer m.fl., 2018). Qin m.fl. (2016) menar däremot att det finns ett stort gap mellan nutidens produktionssystem och de som beskrivs inom Industri 4.0.

## 11.2. Hur relaterar Industri 4.0 till organisationsmodeller?

Industri 4.0 uppvisar likheter med ett flertal olika organisationsmodeller. Det går däremot inte att påstå att Industri 4.0 i sig självt nödvändigtvis är en organisationsmodell. Den teknik som förespråkas inom Industri 4.0 har i vissa anseenden lyckats institutionalisera de effekter som tidigare förknippats med traditionella organisationsmodeller. Bland annat kan en mer gränslös organisation uppnås genom de tre integrationstyperna som tidigare nämnts. Populära metoder inom Lean production såsom till exempel värdeflödesanalys kan direkt integreras i framtidens produktionssystem och genomföras helt autonomt, utan mänsklig inverkan. Möjligheten finns att organisationsmodellens betydelse kommer att minska då tekniken indirekt redan innefattar delar av dessa. Realiserandet av Industri 4.0 kan med andra ord innebära en indirekt, möjligen omedveten, implementering av de kända organisationsmodellerna.

## 11.3. Hur påverkas det framtida arbetet av Industri 4.0?

I kontrast till tidigare automationsinsatser så ligger fokus inom Industri 4.0 inte primärt på att ersätta människan, utan istället är människan tänkt att integreras i Industri 4.0 (Gorecky m.fl., 2014). Ett minskat behov av traditionell arbetskraft kan väntas, där lågkvalificerade yrken drabbas hårdast (Kazancoglu & Ozkan-Ozen, 2018). Samtidigt kommer nya arbetstillfällen att skapas, främst inom datorteknik, IT och matematik (Ghobakhloo, 2018). Det går alltså att konstatera att arbetet kommer att påverkas på olika sätt i olika delar av organisationen. Operatörsarbetets karaktär väntas skifta från rutinarbete till en friare roll som innefattar kreativa och värdeskapande aktiviteter (Kagermann m.fl., 2013). Med ökad

komplexitet väntas traditionellt operatörsarbete övergå till mer mentalt arbete (Gorecky m.fl., 2014). Med en friare roll kan specifik kompetens gällande processen antas minska i betydelse till förmån för mer processoberoende generiska kunskaper. Den tysta kunskap som finns hos operatörer formaliseras till teoretisk kunskap för att kunna nyttjas inom de cyber-fysiska systemen. Med den tekniska utveckling som förespråkas så följer ett minskat platsberoende, det vill säga styrning och kontroll av produktionen kan förläggas i kontrollrum utanför produktionsenheten. I samband med detta finns möjligheten till outsourcing och crowdsourcing. Då kan en högre grad av flexibilitet, skalbarhet och tillgång till kompetens för ett lägre pris erhållas, vilket kan kopplas till begränsade anställningsvillkor (Johansson m.fl., 2017). Möjligheten till decentralisering av verksamheten kan således få stora effekter för såväl organisationen som för de som i framtiden utför arbetet. Vi kan även vänta oss nya typer av interaktioner mellan människa och det tekniska systemet. Troligen kommer automation i högre grad innebära ett samspel mellan människa och maskin. En risk som existerar till följd av Industri 4.0 är en polarisering av arbetskraften där vissa arbeten berikas och andra utarmas (Johansson m.fl., 2017).

#### **11.4. Vad är visionen för operatörer inom Industri 4.0?**

Inom litteraturen för Industri 4.0 har begreppet Operatör 4.0 myntats. Åtta olika idealtyper av operatörer presenteras där dessa utrustats med teknik för att integreras i det tekniska systemet. I verkligheten kommer dessa åtta idealtyper sannolikt att kombineras till en mer allsidig operatör. Visionen om Operatör 4.0 är beskriven i positiva termer. Kritik som kan riktas mot Operatör 4.0 handlar främst om integritet. Vidare kan Operatör 4.0 kritiseras för att främst vara tekniskt fokuserat, snarare än människocentrerat. För att framgångsrikt realisera Operatör 4.0 kommer det att vara viktigt att reflektera kring när de tekniska lösningarna bör användas, vilken information som samlas in samt hur denna information får användas.

#### **11.5. Hur kommer Industri 4.0 påverka framtida arbetsmiljöer?**

Vi vet idag att automation har resulterat i en lägre risk för olycksfall och ohälsa (Sandblad m.fl., 2018). När fysiska arbetsmiljöproblem minskat har samtidigt nya risker och miljöfaktorer uppkommit. Dessa handlar främst om kognitiva och psykologiska risker och problem (Sandblad m.fl., 2018). I de komplexa system som beskrivs inom Industri 4.0 kommer det att bli svårare för människan att hantera de situationer som kan uppkomma när tekniken trots allt inte fungerar. Med en ökande grad av digitalisering får den digitala arbetsmiljön en mer central roll inom Industri 4.0. Tekniska lösningar som smarta kognitiva stödverktyg kan ses som en möjlighet för att hantera den ökade komplexiteten som Industri 4.0 medför (Romero m.fl., 2018). Smart personlig skyddsutrustning föreslås som en teknisk möjlighet att säkerställa operatörers säkerhet och hälsa. Risken finns dock att det tekniska fokus som existerar inom Industri 4.0 kommer att leda till att personlig skyddsutrustning prioriteras över förändringar i den arbetsmiljö som i grunden utgör orsaken till problemen. Decentralisering av arbete genom outsourcing, crowdsourcing eller arbete från hemmet kan ses som ett annat viktigt område för arbetsmiljö inom Industri 4.0. Gränsen mellan det privata och arbete kan suddas ut. Detta kan leda till en ökad frihet i hur och var arbetet utförs men samtidigt finns möjligheten att kraven på tillgänglighet ökar (Johansson m.fl., 2017). Med decentralisering existerar även risken för otydligheter i vem som bär ansvaret för arbetsmiljön. Nya arbetsmiljöer betyder inte per definition att nya arbetsmiljöproblem kommer

att förekomma. Gamla arbetsmiljöproblem kan väntas förekomma i en ny kontext (Johansson m.fl., 2017) där tidigare kunskap måste ses som en möjlighet att undvika problem i framtiden (Sandblad m.fl., 2018).

### **11.6. Avslutande kommentar**

Industri 4.0 var onekligen ett lockande koncept när det presenterades av den tyska regeringen. Likaså gäller för de andra nationella satsningarna som presenterats efter den tyska strategin. Ur ett vetenskapligt perspektiv är det dock viktigt att förstå att dessa nationella strategier är politiska dokument. Även om Industri 4.0 i framtiden skulle visa sig vara ett framgångsrikt koncept finns det god grund att titta bortom den förskönade bild som ofta återges. Innan Industri 4.0 kan realiseras så måste vetenskapliga, tekniska, ekonomiska, sociala och politiska utmaningar analyseras och mötas utifrån ett helhetsperspektiv. Om Industri 4.0 ska lyckas uppfylla den utopiska bild som ofta målas upp så kommer implementeringen av teknik, på människans villkor, att spela en betydande roll.

## 12. Referenser

- Abrahamsson, L., & Johansson, J. (2006). From Grounded Skills to Sky Qualifications: A Study of Workers Creating and Recreating Qualifications, Identity and Gender at an Underground Iron Ore Mine in Sweden. *Journal of Industrial Relations*, 48(5), 657–676. <https://doi.org/10.1177/0022185606070110>
- Ashkenas, R., Ulrich, D., Jick, T., & Kerr, S. (1997). *Den gränslösa organisationen*. Lund: Studentlitteratur.
- Azuma, R. T. (1997). A Survey of Augmented Reality. *Presence*, (6:4), 355–385. <https://doi.org/10.1162/pres.1997.6.4.355>
- Bauer, W., Bender, M., Braun, M., Rally, P., & Scholtz, O. (2016). *Lightweight robots in manual assembly: Best to start simply*. Fraunhofer Institute for Industrial Engineering IAO.
- Bauer, W., Schlund, S., Hornung, T., & Schuler, T. (2018). Digitalization of industrial value chains: a review and evaluation of existing use cases of industry 4.0 in germany. *LogForum: Scientific Journal of Logistics*, (14:3), 331–340. <https://doi.org/10.17270/J.LOG.2018.288>
- De Mauro, A., Greco, M., & Grimaldi, M. (2016). A Formal Definition of Big Data Based on its Essential Features. *Library Review*, (65:3), 122–135. <https://doi.org/10.1108/LR-06-2015-0061>
- General Electric. (2018). Everything you need to know about the Industrial Internet of Things. Hämtad från <https://www.ge.com/digital/blog/everything-you-need-know-about-industrial-internet-things>
- Ghobakhloo, M. (2018). The future of manufacturing industry: a strategic roadmap toward Industry 4.0. *Journal of Manufacturing Technology Management*, (29:6), 910–936. <https://doi.org/10.1108/JMTM-02-2018-0057>
- Gorecky, D., Schmitt, M., Loskyll, M., & Zühlke, D. (2014). Human-Machine-Interaction in the Industry 4.0 Era (s. 289–294). Presenterad vid 12th IEEE International Conference on Industrial Informatics, Porto Alegre, Brazil. <https://doi.org/10.1109/INDIN.2014.6945523>
- Government of Japan. (2016). *The 5th Science and Technology Basic Plan: Provisional Translation*.
- Government of Japan. (2018). What is Society 5.0. Hämtad från <https://www.gov-online.go.jp/cam/s5/eng/index.html>
- Hammer, M., & Champy, J. (1995). *Reengineering the corporation: A manifesto for business revolution*. London: Brealey.
- Internet of Things Sverige. (2018). Vad är Internet of Things? Hämtad från <https://iotsverige.se/internet-things/>

- Johansson, J., Abrahamsson, L., Bergvall Kåreborn, B., Fältholm, Y., Grane, C., & Wykowska, A. (2017). Work and Organization in a Digital Industrial Context. *Management Revue*, (28:3), 281–297. <https://doi.org/10.5771/0935-9915-2017-3-281>
- Kagermann, H., Wahlster, W., & Helbig, J. (2013). *Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0: Final report of the Industrie 4.0 Working Group*. München: Acatech.
- Kazancoglu, Y., & Ozkan-Ozen, Y. D. (2018). Analysing Workforce 4.0 in the Fourth Industrial Revolution and proposing a road map from operations management perspective with fuzzy DEMATEL. *Journal of Enterprise Information Management*, (31:6), 891–907. <https://doi.org/10.1108/JEIM-01-2017-0015>
- Kennedy, S. (2015). Made in China 2025. Center for Strategic & International Studies. Hämtad från <https://www.csis.org/analysis/made-china-2025>
- Küpper, D., Heidemann, A., Spindelndreier, D., & Knizek, C. (2017). When Lean Meets Industry 4.0: Next Level Operational Excellence. BCG. Hämtad från <https://www.bcg.com/publications/2017/lean-meets-industry-4.0.aspx>
- Lasi, H., Kemper, H.-G., Fettke, P., Feld, T., & Hoffman, M. (2014). Industry 4.0. *Business & Information Systems Engineering*, (6:4), 239–242. <https://doi.org/10.1007/s11576-014-0424-4>
- Li, H., Yang, X., Wang, F., Rose, T., Chan, G., & Dong, S. (2016). Stochastic state sequence model to predict construction site safety states through Real-Time Location Systems. *Safety Science*, 84, 78–87. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2015.11.025>
- Liao, Y., Deschamps, F., Loures, E. D. F. R., & Ramos, L. F. P. (2017). Past, present and future of Industry 4.0 - a systematic literature review and research agenda proposal. *International Journal of Production Research*, (55:12), 3609–3629. <https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1308576>
- Liker, J. (2009). *The Toyota Way* (1:3). Malmö: Liber.
- Masoni, R., Ferrise, F., Bordegoni, M., Gattullo, M., Carrabba, E., & Di Donato, M. (2017). Supporting remote maintenance in industry 4.0 through augmented reality (s. 1296–1302). Presenterad vid 27th International Conference on Flexible Automation and Intelligent Manufacturing, FAIM2017. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.07.257>
- Näringsdepartementet. (2016b). *Handlingsplan Smart industri: en nyindustrialiseringsstrategi för Sverige*. Stockholm: Regeringskansliet.
- Näringsdepartementet. (2016a). *Smart industri: en nyindustrialiseringsstrategi*. Stockholm: Regeringskansliet.

- Näringsdepartementet. (2017). *Handlingsplan 2 för Smart industri - en nyindustrialiseringsstrategi för Sverige*. Stockholm: Regeringskansliet.
- Piccarozzi, M., Aquilani, B., & Gatti, C. (2018). Industry 4.0 in Management studies a Systematic Literature Review. *Sustainability*, (10), 3821. <https://doi.org/10.3390/su10103821>
- Qin, J., Liu, Y., & Grosvenor, R. (2016). A Categorical Framework of Manufacturing for Industry 4.0 and Beyond. *The Sixth International Conference on Changeable, Agile, Reconfigurable and Virtual Production (CARV2016)*, 52, 173–178. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.08.005>
- Romero, D., Bernus, P., Noran, O., Stahre, J., & Berglund, Å. F. (2016). The operator 4.0: Human cyber-physical systems & adaptive automation towards human-automation symbiosis work systems (Vol. 488). [https://doi.org/10.1007/978-3-319-51133-7\\_80](https://doi.org/10.1007/978-3-319-51133-7_80)
- Romero, D., Mattsson, S., Fast-Berglund, Å., Wuest, T., Gorecky, D., & Stahre, J. (2018). Digitalizing occupational health, safety and productivity for the operator 4.0 (Vol. 536). [https://doi.org/10.1007/978-3-319-99707-0\\_59](https://doi.org/10.1007/978-3-319-99707-0_59)
- Romero, D., Stahre, J., Wuest, T., Noran, O., Bernus, P., Fast-Berglund, Å., & Gorecky, D. (2016). Towards an operator 4.0 typology: A human-centric perspective on the fourth industrial revolution technologies. I *CIE 2016: 46th International Conferences on Computers and Industrial Engineering*.
- Ruppert, T., Jaskó, S., Holczinger, T., & Abonyi, J. (2018). Enabling technologies for operator 4.0: A survey. *Applied Sciences (Switzerland)*, 8(9), 1650. <https://doi.org/10.3390/app8091650>
- Sandblad, B., Gulliksen, J., Lantz, A., Walldius, Å., & Åborg, C. (2018). *Digitaliseringen och arbetsmiljön* (1:1). Lund: Studentlitteratur.
- Senge, P. (1990). *The Fifth Discipline - The Art & Practice of The Learning Organization* (1:a uppl.). New York: Doubleday.
- Wübbecke, J., Meissner, M., Zenglein, M. J., Ives, J., & Conrad, B. (2016). *Made in China 2025: The making of a high-tech superpower and consequences for industrial countries* (No. 2). Mercator Institute for China Studies.
- Xu, L. D., Xu, E. L., & Li, L. (2018). Industry 4.0: state of the art and future trends. *International Journal of Production Research*, 56(8), 2941–2962. <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1444806>
- Zhou, K., Liu, T., & Zhou, L. (2015). Industry 4.0: Towards future industrial opportunities and challenges. I *2015 12th International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery (FSKD)* (s. 2147–2152). <https://doi.org/10.1109/FSKD.2015.7382284>



