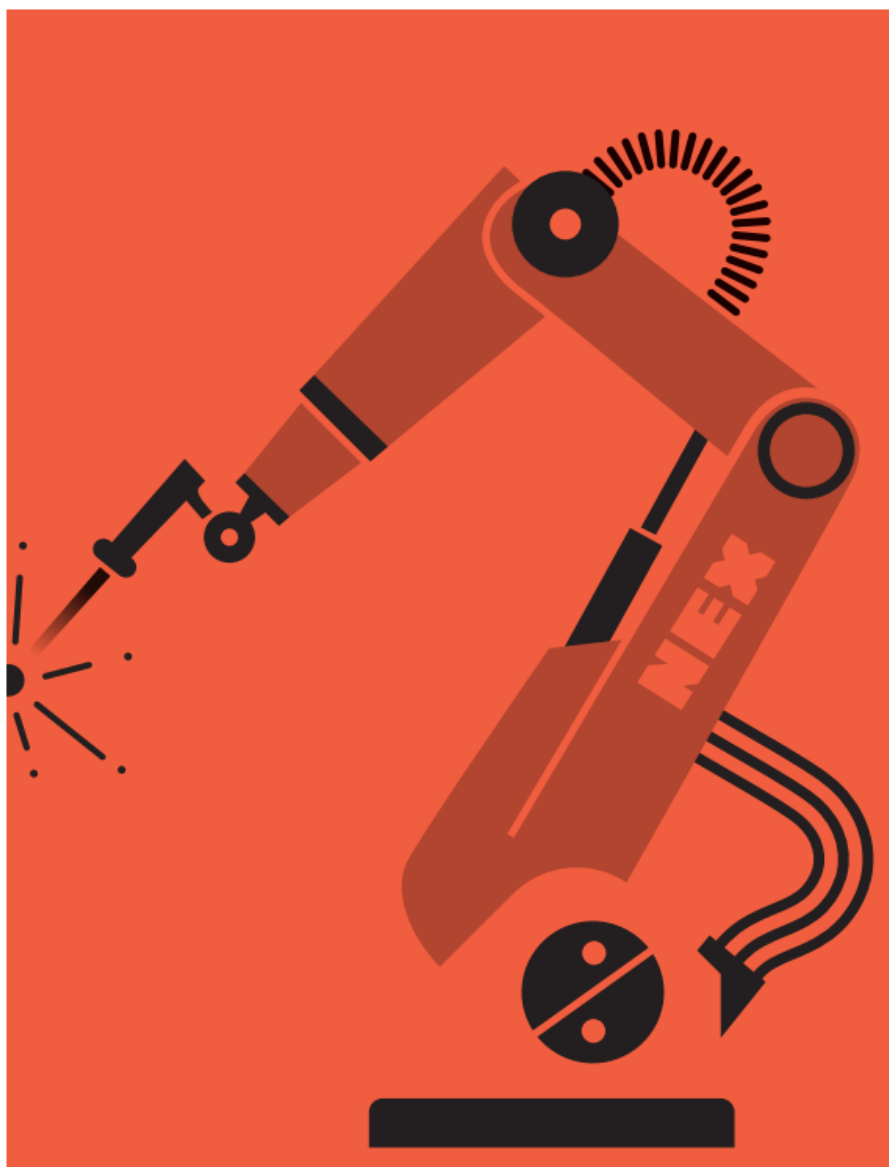




MADE IN NORWAY?

Hvordan roboter, 3D-printere og digitalisering
gir nye muligheter for norsk industri



Teknologirådet

ISBN 978-82-92447-64 – 2 (trykket utgave)
ISBN 978-82-92447-64 – 9 (elektronisk utgave)

Utgitt: Oslo, august 2013
Omslag: Commando Group
Trykk: ILAS Grafisk
Elektronisk publisert på: www.teknologiradet.no



FORORD

Norge har på mange måter nytt godt av globaliseringen. Økt global transport og industriell aktivitet har drevet opp etterspørselen etter olje, samtidig som billige importvarer har redusert prispresset innenlands.

En gryende bekymring er den økende todelingen av norsk økonomi, med stor aktivitet og høyt kostnadsnivå i olje- og gasssektoren, mens fastlandsindustrien sliter med å opprettholde konkurransekraften. Hva skal vi produsere etter hvert som inntektene fra fossile råvarer synker – samtidig som stadig større deler av industriproduksjonen skjer i lavkostland i øst?

Denne rapporten fra Teknologirådet tar for seg en ny bølge av avanserte teknologier som kan gi nye industrielle muligheter for land som Norge. En ny generasjon smarte industri-roboter kan produsere raskere, mer presist og mer fleksibelt. 3D-printere senker terskelen for design og produktutvikling og åpner for nye nisjemarkeder. Generelt ser vi en digitalisering av industriproduksjonen som kan passe godt for en liten, åpen økonomi med høye lønnskostnader og sterk digital kompetanse.

Hvordan kan Norge best gripe mulighetene til å gjenreise «made in Norway» som varemerke? Vi sett nærmere på hvilke grep andre vestlige industriland gjør, som Obama-administrasjonens «Advanced Manufacturing Partnership», Tysklands «Industrie 4.0» og Danmarks «Produktivitetkommission».

Teknologirådets arbeid med denne rapporten har vært ledet av prosjektleder siv ing og dr polit Jon Fixdal. Vi har fått mange gode innspill underveis, blant annet i to åpne møter med innledere fra kapasiteter innen design, arkitektur, møbel- og skipsindustri, robotikk og informatikk. Takk også til de mange ressurspersonene i inn- og utland som vi har vært i kontakt med direkte.

Tore Tennøe
Direktør, Teknologirådet

INNHOLD

SAMMENDRAG	7
------------	---

1. EN FREMTID FOR NORSK INDUSTRI	13
Ny teknologi – ny industri	13
Den nye industripolitikken	14
Norge blir berørt	15
Rapportens struktur	15

2. EN NY INDUSTRIELL REVOLUSJON?	16
----------------------------------	----

2.1 NYE INDUSTRIROBOTER	16
Neste generasjon	17
Hvorfor bruke industriroboter?	19
Konsekvenser av økende automatisering	20
Automatisering i norsk industri	22
2.2 3D-PRINTERE	24
Tilgjengelighet og utbredelse	25
Anvendelsesområder	26
unike produkter og mobile fabrikker	28
Utfordringer for videre utbredelse	29
Hype eller paradigmeskifte?	31
2.3 DIGITALISERT INDUSTRI	33
Fra «connected» til «hyperconnected»?	34
Nye forretningsmodeller – Crowdsourcing	35
2.4 TEKNOLOGIUTVIKLING – MER ENN ROBOTER OG 3D-PRINTERE	37
2.5 EVOLUSJON ELLER REVOLUSJON?	38

3. SNUR GLOBALISERINGEN?	40
--------------------------	----

3.1 ER OUTSOURCING UTDATERT?	40
Mindre å spare	41
Fabrikken som laboratorium	41
Nærhet til markedene stadig viktigere	43
Automatisering også i lavkostland	44
3.2 KRAV TIL MER ENERGI- OG RESSURSEFFEKTIV PRODUKSJON	46

4. NORGE OG DEN INTERNASJONALE UTVIKLINGEN	48
---	-----------

4.1 KONSEKVENSER OG MULIGHETER FOR NORGE	48
Tydelige krav til industriell produksjon i høykostland.....	49
Mulighet og utfordring for Norge	49
4.2 STORTINGSMELDINGEN OM NÆRINGSPOLITIKKEN 2013	50
Hvor er morgendagens vinnere?	50
Hvordan fremme offensiv bruk av teknologi?	52
4.3 HVA GJØR ANDRE LAND?	54
USA	54
UK.....	56
Tyskland	58
Danmark	60
En inspirasjonskilde for norske myndigheter	61
4.4 HVA BØR NORSKE MYNDIGHETER GJØRE?	62

REFERANSELISTE	65
-----------------------	-----------

SAMMENDRAG

Det er en økende bekymring for at vi er i ferd med å få en todeling av norsk økonomi. Oljesektoren bidrar til et høyt kostnadsnivå, mens en rekke virksomheter utenfor denne sektoren sliter med å opprettholde konkurransekraft og produksjon. En sterk industri utenom olje- og gassektoren er imidlertid viktig for å ha flere ben å stå på, og vil være avgjørende når olje- og gassinntektene begynner å avta.

NY TEKNOLOGI GIR MER FLEKSIBEL PRODUKSJON

Et bredt utvalg av stadig mer avanserte teknologier for industriell produksjon er i ferd med å vokse frem. Det vil endre premissen for hvordan varer designes og produseres, og de vil legge nye føringer for hvem som kan drive med industriell produksjon, og for hvor slik produksjon kan lokaliseres.

- En ny generasjon industriroboter er under utvikling. De kan produsere raskere, mer fleksibelt, mer presist, har svært høy driftssikkerhet og kan jobbe tett sammen med mennesker uten å sette disse i fare. Et eksempel er roboten Baxter. Den har et «hode» med en stor skjerm, to armer og en kropp. Det tar kort tid å instruere den til å utføre nye oppgaver. Det kan gjøres ved å bevege armene i det ønskede bevegelsesmønsteret. Armene har innebygde motorer som gjør at de lett responderer på bevegelsene de utsettes for. Baxter gjenkjenner lett et nytt objekt. Man holder det bare opp foran et av robotens kameraer, montert på hver arm, foran i «hodet» og i brystet.

- 3D-printere bygger gjenstander lag for lag i ett stykke. Med utgangspunkt i digitale filer, kan de enkelt bygge svært komplekse geometriske figurer, som vil være nærmest umulig å bygge på annet vis. 3D-printere er allerede et kraftfullt hjelpemiddel i design- og produktutviklingsprosesser. Teknologien testes samtidig ut til produksjon av blant annet bilkarosserier, deler til flymotorer, proteser, bygninger og en rekke ulike forbruksvarer. Utviklingen går raskt, og det er grunn til å tro at 3D-printere vil bli en stadig mer avansert produksjonsteknologi, og at denne teknologien integreres i mer etablerte produktutviklings- og produksjonsprosesser.
- Vi ser en markant økning i digitalisering av produksjonssfæren, med mer sømløs integrasjon av design, produktutvikling og produksjon. Det blir lettere for alle involverte å utveksle informasjon. Dette skyldes enorme forbedringer i tilgjengelig regnekraft, mulighet for lagring av nærmest ubegrensede mengder data, stadig bedre infrastruktur for utveksling av data, og en rivende utvikling i tilgjengelig programvare.

KRAVENE TIL INDUSTRIELL PRODUKSJON I HØYKOSTLAND SKJERPER

Den teknologiske utviklingen skjerper kravene til industriell produksjon i høykostland som Norge. Vi må produsere varer med høyere kunnskapsinnhold, og produksjonen må i økende grad være automatisert og fleksibel. Det blir en forutsetning for å kunne produsere kostnadseffektivt og respondere raskt på endringer i markedet. Kompetansekravene til de som skal jobbe innen industriell produksjon vil endres. Behovet for personell med høy digital kompetanse vil tilta. Det vil bli avgjørende for å kunne nyttiggjøre seg moderne produksjonsteknologi.

GLOBALISERINGEN KAN SNU

Teknologiutviklingen bidrar til at en rekke virksomheter i høykostland flytter produksjon hjem fra lavkostland som Kina. Teknologien gjør at lønnskostnadens andel av de totale produksjonskostnadene avtar. Produksjon «hjemme» gir dessuten bedre kvalitetskontroll, raskere transport til kundene og gjør det lettere å respondere raskt på endringer i etterspørselen. Dessuten forutsetter utvikling av et produkt forståelse av hvordan produktet skal produseres. Flyt-

ting av produksjon til lavkostland kan dermed svekke innovasjonskompetansen.

Produksjon som flyttes hjem til høystland må produseres kostnadseffektivt. Dette bidrar derfor til å skjerpe konkurransen mellom produsenter i høystland. Det vil stimulere utvikling av ny produksjonsteknologi som kan effektivisere produksjonen ytterligere.

DEN NYE NÆRINGSMELDINGEN – VIKTIG, MEN TVETYDIG

Den mest oppdaterte oversikten over norsk næringspolitikk finnes i den nye stortingsmeldingen om Næringspolitikken. Meldingen har fått tittelen «Mangfold av vinnere» og ble lansert 7. juni 2013. I meldingen peker regjeringen på viktigheten av offensiv bruk av produksjonsteknologi, og den betydning dette har for produktivitet og konkurransekraft.

Betydningen av automasjon fremheves, og meldingen drøfter i en viss grad betydningen av digitale hjelpemidler, men man diskuterer ikke betydningen av den digitalisering som skjer innen produksjonssfæren. Potensialet i 3D-printere omhandles ikke. Meldingens teknologiske fokus fremstår som noe avgrenset med hensyn til hvordan vi i Norge skal kunne hente ut det fulle potensialet som ligger i bruk av mer avansert teknologi, og hva myndighetene kan gjøre for å støtte opp om slik utvikling.

I meldingen understrekes viktigheten av å satse på områder hvor vi har særlige fortrinn. Det pekes særlig på de maritime næringer, energi, miljø, reiseliv, marine næringer, samt IKT og helse- og velferd. Samtidig understrekes det at Norge har en rekke globalt ledende bedrifter innen teknologi- og verkstedindustrien. Disse leverer skreddersydde, høyt teknologiske produkter innen blant annet mikroelektronikk, forsvarsmateriell og bildeler.

På den annen side påpeker regjeringen at mange av bedriftene vi skal leve av om 20 år ennå ikke er etablert. Meldingen fremstår dermed som noe tvetydig med hensyn til hvilke næringer det skal satses på i fremtiden.

Det er verdt å merke seg at en del av de virksomheter i Norge som ligger lengst fremme i å ta i bruk ny teknologi ikke automatisk kan plasseres innenfor noen av de områdene som trekkes frem der Norge har særlige fortrinn. Produksjon

av møbler, landbruksutstyr, bil- og fly-deler og varmtvannsberedere er eksempler på dette. Det savnes en grundigere analyse av hvilke politiske grep som er aktuelle for å opprettholde og videreutvikle kompetansen og produksjonskapasiteten til i disse virksomhetene.

TONEANGIVENDE LAND FORNYER INDUSTRIPOLITIKKEN

Norske myndigheter kan utvilsomt lære av myndighetene i land som USA, England, Tyskland og Danmark. Disse synes å være tettere på utviklingen som driver industriell produksjon fremover, og på hvilke muligheter og utfordringer dette reiser. Industripolitikk er løftet høyt på den politiske dagsorden. Betydningen av mer automatisert produksjon understrekes, og USA, England og Tyskland tar bevisste grep for å undersøke potensialet i og bygge kompetanse om bruken av 3D-printere og «additive manufacturing». Blant tiltakene er:

- Forskningsprosjekter om blant annet bruk av 3D-printer, mer automatisert produksjon, nye verdikjeder og om hvordan de nye teknologiene kan påvirke produktivitet.
- Foresight-prosjekt om fremtidens industrielle produksjon.
- Utarbeidelse av strategier for fremtidens industri.
- Etablering av kompetansesentra for bruk av 3D-printere og annen avansert produksjonsteknologi.

FREMTIDSSIKRING AV NORSK INDUSTRI

Hvis Norge skal bli en ledende, innovativ, dynamisk og kunnskapsbasert økonomi innenfor prioriterte områder, må vi være oppdaterte på den teknologiske utviklingen og kontinuerlig søke ny kunnskap. Vi trenger et bedre kunnskapsgrunnlag for en politikk for fremtidens avanserte industri. For å fremme utviklingen av fremtidens industri, mener derfor Teknologirådet at norske myndigheter bør vurdere følgende tiltak:

En analyse av «best practice». Flere norske industribedrifter benytter avansert produksjonsteknologi. Hva kan vi lære av virksomheter som OZO Hotwater, Ekornes, Kværneland, Kleven industrier og GKN Aerospace Norway AS? Hvordan bruker de avansert produksjonsteknologi, og hvilken betydning har teknologien for deres konkurransekraft? Hvordan fornyer de sin kunnskap

om produksjonsteknologi? Hvilke krav stiller bruk av avansert teknologi til ingeniører, ledelse, produksjonsplanlegging osv.?

En bred kartlegging av norsk industri generelt. Vi trenger en bredere innsikt i bruken av produksjonsteknologi i norsk industri i dag. En slik analyse bør kartlegge:

- Bruken av automatisert produksjon innen norsk industri.
- Potensialet for å effektivisere produksjonen gjennom økt automatisering.
- Hvor integrert 3D-printere og moderne IKT er i norske industri-bedrifers produktutviklings- og produksjonsprosesser.
- Virksomhetenes planer for å oppgradere sin maskinpark og for å øke bruken av ny og mer avansert produksjonsteknologi.
- Virksomhetenes behov for å oppdatere sin kunnskap om bruk av moderne produksjonsteknologi.
- Hvilke barrierer virksomhetene ser som de største mot å kunne være verdensledende på bruk av avansert produksjonsteknologi innen sine felt/sektorer.

Et foresightprosjekt. Prosjektet bør analysere hvordan utviklingen innen avansert industri kan bli i årene som kommer. Hva driver utviklingen fremover, hvilke muligheter og utfordringer reiser seg? En slik analyse vil være viktig fordi den teknologiske endringstakten er så høy. Hvis man bare fokuserer på dagens situasjon, risikerer man at tiltak og politikkutvikling ikke blir fremtidsrettede nok.

Stimulere økt samarbeid mellom forskning, industri og myndigheter. Formålet vil være å øke kompetansen om avansert industriell produksjon, utvikle mer konkurransedyktige virksomheter, og å skape best mulig vekstvilkår også for nye og mindre virksomheter. Kunnskapsoverføring og erfaringsutveksling mellom produksjonsbedrifter med ulik grad av avansert produksjon og innen ulike sektorer vil være viktig. Det vil også formidling av kunnskapsbehov fra industri til forskningsmiljøer være, sammen med spredning av forskningsresultater til industrien. Identifisering av områder med særlig behov for offentlig støtte vil være ytterligere en målsetting.

Et digitalt kompetanseløft for industrien. Fremtidens industriarbeider må ha høy digital kompetanse for å kunne spille på lag med den mest avansert-

te produksjonsteknologien. Det må vi legge til rette for. Formålet med et digitalt kompetanseløft vil være å sikre at industriarbeidere har den nødvendige kompetansen. Kompetanseløftet bør rettes både mot industriarbeidere som er i jobb i dag, og mot utdanningssystemet. Utdanningsinstitusjonene bør kunne tilby undervisning i bruk av 3D-printere, avanserte roboter, avanserte digitale styringssystemer og hvordan digitale hjelpemidler kan skape nye forretningsmodeller. Et slikt løft bør også ha som mål å stimulere flere til å ville jobbe med design, produktutvikling og produksjon.

En forskningssatsing. Vi trenger et oppdatert kunnskapsgrunnlag for utviklingen av fremtidens industri. Det må blant annet omfatte nødvendig kunnskap om ny teknologi, nye produksjonsformer og verdikjeder. En vurdering av egne innovasjons- eller forskningsprogrammer bør inngå i kartleggingen. Satsingen bør trekke på resultatene fra analysen av dagens norske industri.

1. EN FREMTID FOR NORSK INDUSTRI

Det er en økende bekymring for at vi er i ferd med å få en todeling av norsk økonomi. Oljesektoren bidrar til et høyt kostnadsnivå, mens en rekke virksomheter utenfor denne sektoren sliter med å opprettholde konkurransekraft og produksjon i Norge.¹ Det høye lønns- og kostnadsnivået er en sterkt medvirkende faktor til dette. Det vil være uheldig om olje- og gassnæringen blir for dominerende. Vi trenger flere ben å stå på, både fordi det i seg selv representerer en trygghet, og fordi inntektene fra olje- og gassnæringen en gang vil begynne å avta.²

Ingen kan med sikkerhet si hva vi skal leve av «etter oljen». Trolig vil både kompetanse fra olje- og gassektoren og fra annen etablert industriell virksomhet spille en rolle for norsk industri i fremtiden. Men nye næringsområder kan også vokse frem, drevet av utviklingen innen forholdsvis nye teknologiområder som informasjons- eller nanoteknologi, eller disruptive endringer.

NY TEKNOLOGI – NY INDUSTRI

Produksjon av varer og tjenester vil fortsette å være en bærebjelke i industrialiserte samfunn. Det gir arbeidsplasser, lønn til arbeidstakere og skatteinntekter.

¹ Se f.eks. Næringsmeldingen 2013 (Meld. St. 39 (2012-2013)), Finansmarknadsmeldinga 2011 (Meld. St. 24 (2011-2012)) eller Norsk Industris Konjunkturrapport 2013

² Dette understekes også i Perspektivmeldingen (Meld. St. 12 (2012-2013)).

ter til myndighetene. Fabrikken er også et laboratorium for utvikling av nye ideer og produksjonsformer. Samtidig vet vi at økonomisk vekst og opprettholdelse av konkurransekraft forutsetter innovasjon. Nye produkter må utvikles, og produkters kvalitet og produksjonsprosessenes effektivitet må kontinuerlig forbedres.

I dag pågår det til dels omfattende endringer innen en rekke faktorer som påvirker hva, hvor og hvordan det produseres. Ny teknologi, som 3D-printere og mer avanserte industriroboter gjør det mulig å produsere raskere og mer presist. En økende digitalisering av produksjonssfæren endrer mulighetene for samhandling og informasjonsutveksling mellom designere, produktutviklere, produksjonsarbeidere, administrasjon og kunder. Som en konsekvens av dette vokser nye forretningsmodeller frem.

Vi står ikke på bar bakke i Norge. Vi har spennende bedrifter som OZO Hotwater, Kværneland og Kleven industrier. Vi har også spennende forsknings-satsninger som SFI Norman, et senter for forskningsdrevet innovasjon som utfører tverrfaglig forskning på neste generasjons produksjonsteknikker.³ Dette gir et godt utgangspunkt for videre satsing.

DEN NYE INDUSTRIPOLITIKKEN

Flere land er rammet hardt av økonomiske nedgangstider, og arbeider intenst for å motvirke økende arbeidsløshet og skape nye arbeidsplasser. USA og Danmark er to eksempler. For å bedre konkurransekraften og sikre sysselsettingen forsøker myndighetene i en rekke land å effektivisere produksjonen og stimulere virksomheter til å flytte produksjon tilbake fra lavkostland, såkalt «homeshoring». Det satses også tungt på å utvikle og ta i bruk mer avansert produksjonsteknologi, som mer avanserte roboter og 3D-printere.

Parallelt med myndighetenes arbeid for å sikre arbeidsplasser, ser virksomheter at flytting av produksjon til lavkostland («outsourcing») kan ha klare ulemper. Det kan blant annet svekke produksjons- og designkompetanse, vanskeliggjøre kvalitetskontroll og gi lange forsyningslinjer. Det blir også vanskeligere å respondere raskt på endringer i etterspørselen. Det er en klar

³ www.sfinorman.no

tendens at stadig flere etterspør produkter tilpasset deres spesifikke behov og preferanser, og at trendene skifter hyppigere.

NORGE BLIR BERØRT

Den pågående utviklingen berører de fleste industrialiserte land og en rekke virksomheter. Norge er intet unntak, og utviklingen representerer både en utfordring og en mulighet. Utfordringen ligger i at når utenlandske konkurrenter produserer mer effektivt og kundetilpasset, øker presset på norske virksomheter om effektivisering av egen produksjon. Det høye norske kostnadsnivået bidrar ytterligere til behovet for effektivisering.

For norske selskap som klarer å følge med på utviklingen, vil den representere en mulighet til å effektivisere produksjonen, skape nye verdikjeder, øke fortjeneste og kapre nye markedsandeler.

Utviklingen av ny produksjonsteknologi, endringer i etterspørselen, og nye forståelser av hvor og hvordan man kan og bør produsere, vil legge føringer for fremtidens industrielle produksjon. Det vil også endre internasjonale konkurranseforhold. Det er derfor viktig å følge nøye med på utviklingen, forstå hvilke krefter som driver den fremover, og hvilken betydning utviklingen kan ha for industriell produksjon i Norge og for norsk industripolitikk. Det er temaet for denne rapporten.

RAPPORTENS STRUKTUR

Rapportens struktur er som følger: I kapittel 2 ser vi på viktige trekk ved den teknologiske utviklingen innen produksjonssfæren. Hovedfokus er på økende automatisering, utbredelsen av 3D-printere, og digitalisering. Kapittel 3 fokuserer på hva som får virksomheter til å flytte produksjon hjem fra lavkostland, og hvilke konsekvenser dette kan få for hva og hvordan det produseres. Dette følges i kapittel 4 av en gjennomgang av den nye stortingsmeldingen om næringspolitikken, «Et mangfold av vinnere». Deretter gis et sett eksempler på hvordan man i USA, England, Tyskland og Danmark (med hovedfokus på de tre førstnevnte) arbeider for å sikre fremtidens industrielle produksjon. Det følges av en kort drøftelse av hva Norge kan lære av disse landene, før rapporten avsluttes med forslag til hva norske myndigheter bør gjøre for å legge til rette for fremtidens industri i Norge.

2. EN NY INDUSTRIELL REVOLUSJON?

Teknologi er viktig i de fleste produksjonsprosesser. Enten det gjelder utvinning av naturressurser, foredling av råvarer, eller produksjon av ferdige produkter for bedrifts- eller forbrukermarkedet, benyttes teknologi i prosessene.

Den teknologiske utviklingen drives fremover av jakten på nye og bedre produkter, og av arbeidet med å bedre produktiviteten. Utviklingen er ofte inkrementell, men av og til gjøres større sprang, og vi kan snakke om en revolusjon. Oppfinning av dampmaskinen, samlebåndet og internett er eksempler på dette.

I det følgende skal vi fokusere på tre teknologiområder som er viktige for den utviklingen vi nå ser innen industriell produksjon:

- Fremveksten av en ny generasjon industriroboter
- Utviklingen innen 3D-printere
- Den økende digitaliseringen av produksjonssfæren.

2.1 NYE INDUSTRIROBOTER

En robot er en maskin som er programmert til å bevege seg langs tre akser for å utføre bestemte arbeidsoppgaver. Roboter brukes i dag innen en rekke sekt-

orer, som landbruk, fiskeri, pakking/distribusjon, farmasi, helse, olje- og gassnæringen, samt innen industriell stykkproduksjon av f.eks. biler og elektronikk. Roboter begynner også å gjøre sitt inntog i hjemmemarkedet, bl.a. gressklippere, støvsugere og roboter som kryper langs takrenner og fjerner blader og annet avfall.

Den første roboten ble laget i 1937, i hovedsak ved hjelp av Meccano-brikker og en enkel elektronisk motor.⁴ Den første industri-roboten kom i 1959. Den veide to tonn og kunne operere med en nøyaktighet på 2.5 tidels millimeter.⁵

I dag er ca. 1.1 millioner industriroboter i bruk verden over. Siden 2005 har det årlig blitt tatt i bruk mellom 105.000 og 170.000 nye industriroboter. Størst er utbredelsen innen bilproduksjon, der ca. 80 % av all produksjon er automatisert ved hjelp av roboter. Sør-Korea, Japan og Tyskland – tre store, bilproduserende land – har flest industriroboter per utført arbeidstime i industrien.⁶ Statistikken til International Federation of Robotics for 2012 viser at Norge har færre industriroboter per ansatt i industrien enn gjennomsnittet av organisasjonens medlemsland, og også færre enn land som Danmark og Sverige (mer om roboter i Norsk industri på side 15):⁷

- Sør-Korea og Japan: ca. 350
- Snittet for medlemslandene: 55
- Danmark og Sverige: ca. 150
- Norge: ca. 40

NESTE GENERASJON

Roboter har vært i bruk i en rekke år, og er under kontinuerlig forbedring. Det finnes i dag roboter utviklet for kun å håndtere noen få kilo, til store roboter som kan gjøre løft på opp til ett tonn. Driftssikkerheten er høy. Samtidig ser vi fremveksten av en ny generasjon roboter som kjennetegnes ved at de er:

⁴ Wikipedia/Meccano Magazine (1938)

⁵ International Federation of Robotics (2012a). Robotens nøyaktighet oppgis til å være «1/10,000 of an inch».

⁶ International Federation of Robotics (2012b).

⁷ International Federation of Robotics (2012b). Alle tall er antall roboter per 10.000 ansatt i industrien.

- mer presise, slik at de kan gjøre vanskeligere oppgaver, levere høyere kvalitet og gjenta samme bevegelsesmønster et større antall ganger med redusert risiko for avvik.
- lettere, slik at de krever mindre plass og er enklere å ta i bruk.
- mer fleksible, så de kan gjøre et større antall ulike arbeidsoppgaver.
- lettere å programmere.
- utstyrt med bedre sensorer som gjør dem tryggere, slik at de i større grad kan jobbe ved siden av mennesker.

Robotenes evne til «læring» forbedres også, sammen med programvaren som styrer dem. De kan utføre sine tiltenkte oppgaver enda bedre. Denne forbedringsevnen henger nøye sammen med store fremskritt innen programmering og regnekapasitet, som igjen er en viktig komponent i den økende digitalisering av produksjonen (jf. kapittel 2.3).

Et eksempel på den nye typen roboter er «Baxter», utviklet av selskapet iRobot i USA.⁸ Roboten har et «hode» med en stor skjerm, to armer og en kropp. Det tar kort tid å instruere den til å utføre nye oppgaver.⁹ Det kan gjøres ved å bevege armene i det ønskede bevegelsesmønsteret, og kombinerer dette med å velge mellom et sett forhåndsprogrammerte bevegelsesmønstre fra displayer montert på hver arm. Selv om armene er store og tunge, er de lette å bevege, fordi de innebygde motorene får armene til å responderer på bevegelsene de utsettes for. For å få Baxter til å gjenkjenne et nytt objekt, kan man holde objektet opp foran et av robotens kameraer, montert på hver arm, foran i «hodet» og i brystet.

I det følgende skal vi primært fokusere på bruk av roboter innen industriell stykkproduksjon.¹⁰ Her kan roboter brukes til f.eks. sveising, boring, fresing, stansing, lakkering og sammenstilling av ulike komponenter i en bestemt rekkefølge (f.eks. i en bil).

⁸ Se www.rethinkrobotics.com

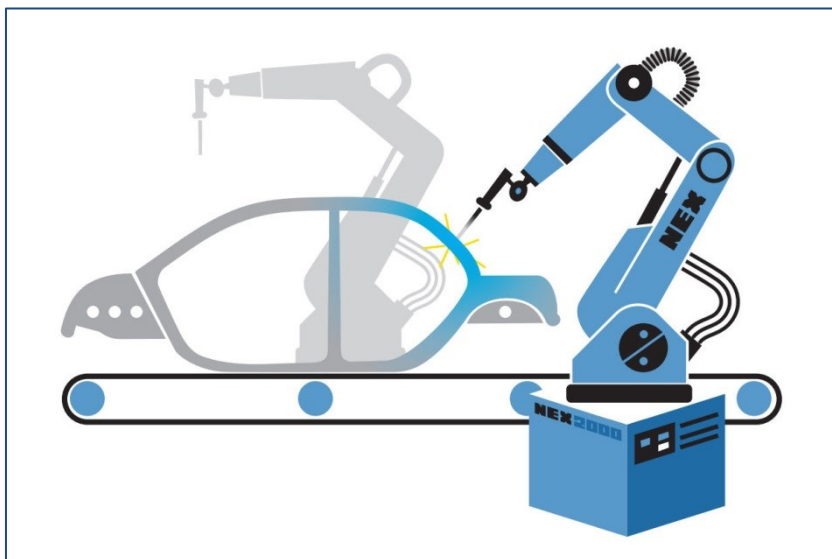
⁹ I følge iRobot kan roboten omprogrammeres «i løpet av minutter».

¹⁰ Vi ser dermed bort fra roboter til bruk i hjemmet. Eksempelene vi viser til i det følgende er primært knyttet til produksjon innen mekanisk industri, men en rekke av argumentene vil i stor grad være gyldige også i forhold til andre sektorer, som produksjon av matvarer og innen farmasøytisk industri.

HVORFOR BRUKE INDUSTRIROBOTER?

Bruk av roboter innen industriell produksjon kan gi en rekke gevinster:

Effektivisering av produksjonsprosesser: Moderne roboter kan arbeide raskere, mer presist, og i stor grad døgnet rundt. En robot vil kunne erstatte en rekke personer dersom de samme arbeidsoppgavene skulle ha vært utført manuelt. Dermed kan flere enheter produseres på kortere tid og med lavere kostnader.



Figur 1: Moderne industriroboter kan arbeide raskt, presist og med høy driftssikkerhet.

Et illustrerende eksempel er fra den norske møbelprodusenten Ekornes. Virksomheten produserer opp mot 1500 stoler per dag, fordelt på ca. 400 ulike varianter med blant annet ulike reguleringsmuligheter, sittehøyde, design, kledning og fargevalg.¹¹ Kombinasjonen av et høyt antall produserte enheter og svært mange varianter, stiller store krav til produksjonen. Ved å automatisere den tidlige delen av prosessen, der grunnkomponentene settes sammen, fokuseres innsatsen fra mennesker der variasjonene gjøres.

¹¹ Personlig kommunikasjon med Ekornes møbler.

Redusert ressursbruk: Redusert ressursbruk gir reduserte utgifter, og det kan påvirke virksomhetens miljø-/klimaprofil (se også kapittel 3.2). Automatisering av produksjonen kan bidra til dette. Dette kan illustreres ved et eksempel fra produksjon av tak til biler. Takene er store stykker av metall, som ofte stanses ut av et enda større metallstykke. Denne prosessen gir til dels store mengder «avkapp», dvs. materiale som blir liggende igjen og som ikke kan nyttiggjøres på annet vis i bilproduksjonen. Med nye industriroboter kan man nå velge å dele taket i flere deler som stanses ut fra det samme metallstykket, før disse så sveises sammen til et helt tak. Ved å dele taket i mindre deler er det lettere å nyttiggjøre seg av en større andel av materialet som det stanset ut ifra. Dette reduserer avkappet og den totale materialbruken.

Bedre kvalitet: Industriell produksjon skal ofte tilfredsstillende svært høye kvalitetskrav, enten de følger fra kundens ønsker, myndighetskrav eller internasjonale standarder. Et eksempel er sveising av skrog i moderne skipsproduksjon. Kvalitetskravene er så strenge at det er svært krevende for selv en erfaren sveiser å sveise med tilfredsstillende kvalitet. For en moderne sveise-robot vil oppgaven være langt enklere, og den kan utføre den gang på gang med samme presisjon og kvalitet (se også boks på neste side).¹²

Redusert risiko: Roboter kan brukes til prosesser som er for farlige for mennesker. Det kan være prosesser der det for eksempel er sterk varme, hvor kjemikalier er i bruk, eller hvor det er fare for å komme i kontakt med bevegelige deler som inngår i produktet eller produksjonsprosessen. I dette perspektivet kan bruk av roboter sees som et HMS-tiltak (helse, miljø og sikkerhet).

KONSEKVENSER AV ØKENDE AUTOMATISERING

Økende bruk av roboter påvirker innholdet i og rammene for industriell produksjon. For det første vil behovet for mennesker som utfører produksjonsarbeid avta med økende automatisering. Det betyr at selv om roboter kan bidra til opprettholdelse av industriell virksomhet som ellers kunne vært truet av nedleggelse eller utflytting, så er det ikke gitt at sysselsettingen kan opprettholdes på samme nivå. Dersom produksjonsvolumet holdes konstant kan økende automatisering redusere bemanningsbehovet i selve produksjonspro-

¹² Basert på personlig kommunikasjon med Kleven industrier, samt Teknisk ukeblad 23. januar 2012 og bladet PåSpissen 28. mai 2013.

sessen. Vi kan i verste fall få «teknologisk arbeidsløshet».¹³ Dersom man ønsker å opprettholde sysselsettingen parallelt med økende automatisering, vil produksjonsvolumet derfor trolig måtte økes. Men frykten for slik arbeidsløshet kan være overdrevet. Økende automatisering vil gi nye kompetansebehov, blant annet knyttet til logistikk, programmering og kontroll av robotene.

Sveiseroboter hos Kleven Industrier

Kleven industrier har sitt hovedsete i Ullstein kommune, og produserer avanserte skip for blant annet olje- og gassindustrien. Selskapet har i en tid fått skrog produsert i land med lavere kostnader, men har nå begynt å produsere skrogene i moduler som de sveiser sammen på eget verft i Norge.

En viktig årsak til dette er at selskapet ser behov for å ha ansatte med totalkompetanse på skipsbygging. Dette får de best ved å ha kontroll på større deler av produksjonsprosessen. Det gir bedre kvalitet, rask bygging og dermed færre feil og forsinkelser.

Samtidig har selskapet investert i nye sveiseroboter. Robotene er svært presise, kan jobbe døgnet rundt og svært raskt. Et forsøk bedriften gjennomførte viste at en vanlig sveiserobot kan sveise 0.5 – 0.7 meter i minuttet. De nye sveiserobotene kan sveise 2.0 – 2.7 meter i minuttet. Til sammenlikning sveiser et menneske ca. 25 cm. i minuttet. Ved bruk av de nye robotene vil to operatører kunne erstatte ca. 20 sveisere.

Automatisering bidrar videre til at lønnskostnadenes andel av de totale produksjonskostnadene reduseres. Dermed er det langt mindre å spare på å flytte produksjon til lavkostland (se også kapittel 3), og det kan bli lettere å opprettholde og videreutvikle industriell aktivitet i høykostland som Norge.

Økende automatisering vil endre kompetansekravene innen industriell produksjon. Man får økende behov for personer som kan programmere, overvåke og styre de nye maskinene. Behovet for operatører av tradisjonelle produksjonsmaskiner vil avta. Man vil i mindre grad stå i produksjonshallen og håndtere og overvåke selve maskinen, og heller være i et kontrollrom der man

¹³ Brynjolfson and McAfee (2012)

overvåker datamaskiner som holder orden på produksjonsprosessen.¹⁴ Vi kan se for oss en utvikling der industriarbeideren har gått fra å være den som selv bearbeidet materialer og sammenføyde disse til ønskede produkter, til industriarbeideren som en «flygeleder», se figur 2.

Automatisering påvirker også internasjonale konkurranseforhold. Når utenlandske konkurrenter øker automatiseringsgraden i sin produksjon, og med det kutter sine kostnader, vil norske virksomheter måtte effektivisere sin produksjon ytterligere for å opprettholde konkurransekraften. Automatisering i andre land blir dermed en viktig pådriver for automatisering i norske virksomheter.

Industriroboter vil ikke fjerne mennesker fra produksjonsprosessene, men endre bemanningsbehov og kompetansekrav, og påvirke også kostnadsstrukturen i produksjonsprosessene.

AUTOMATISERING I NORSK INDUSTRI

I statistikken til International Federation of Robotics (IFR) har Norge som nevnt et lavere antall roboter i industrien enn gjennomsnittet. Vi ligger også under Sverige og Danmark. Disse har rundt 150 roboter per 10.000 industriansatte, mens Norge har snaut 40.¹⁵ Nysalget i Sverige ligger på ca 900-1000 roboter per år, i Norge er tallet 80-120.¹⁶

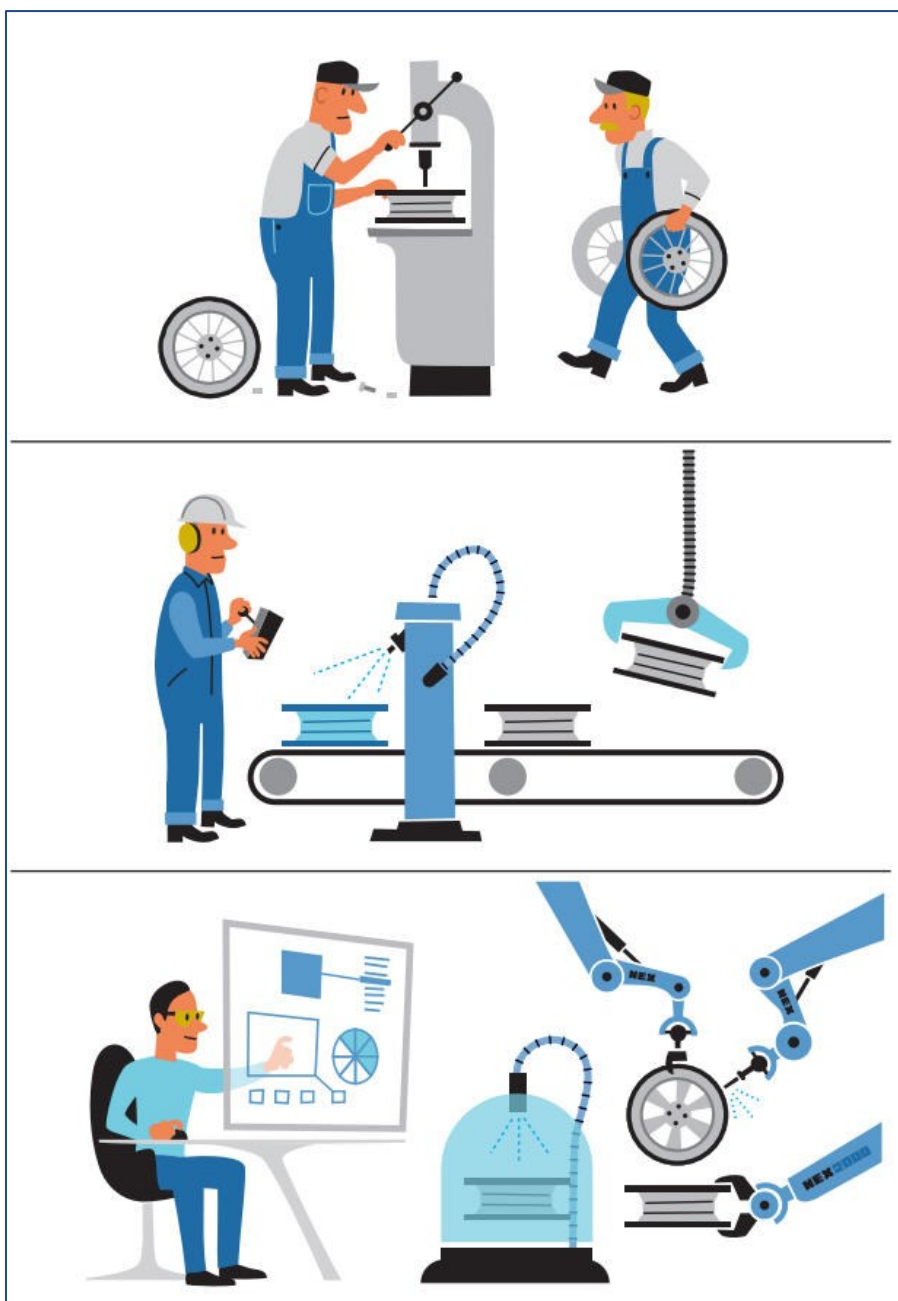
Det er likevel flere norske virksomheter som har svært automatisert produksjon. Møbelindustrien har et høyt antall roboter, og også innen produksjon av blant annet utstyr til olje- og gass-sektoren, landbruket, deler til biler og fly og varmtvannsberedere bruker norske virksomheter roboter. Flere av disse har svært avanserte produksjonsprosesser.

Årsaken til at antallet industriroboter i Norge er lavere enn i mange andre land er trolig sammensatt. Noe skyldes begrenset industriell produksjon hvor automatisering kan være aktuelt. Samtidig er automatisering av produksjon tidkrevende og forutsetter langsiktig kompetanseutvikling. I dette perspektivet kan det spille en viss rolle at vi er en forholdsvis ung industrinasjon, og

¹⁴ En illustrasjon av fremtidens industriproduksjon finnes på www.terotech.no/138/fremtidens-fabrikk-volvo-aero-norge

¹⁵ International Federation of Robotics (2012)

¹⁶ Informasjon fra James Anders Fox, KUKA Industrier



Figur 2: Industriarbeid er under kontinuerlig utvikling. Maskiner har i økende grad erstattet manuelt arbeid. I fremtiden vil arbeideren bli som en flygeleder.

sammenliknet med en del andre land, hatt vi hatt begrenset med tid til å bygge opp kompetanse.

Det høye norske kostnadsnivået gjør det krevende å opprettholde industriell virksomhet. Det kan svekke langsiktigheten. Det er også et spørsmål om vi på eiersiden har aktører med langt nok tidsperspektiv, eller om kostnadsbildet ved å drive industriell virksomhet i Norge kan gjøre det mer interessant å selge løfterike virksomheter til utenlandske kjøpere enn å videreutvikle dem på norske hender.

Det er imidlertid uklart om den relativt lave graden av automatisert produksjon representerer en svakhet med dagens industrielle produksjon i Norge. Hvis de virksomheter som vil ha en fordel av å ha automatisert produksjon faktisk har gjort det, så kan man si at problemet ikke er påtrengende. Men hvis vi ser lengre frem i tid, og antar at Norge vil måtte øke sin industrielle produksjon ettersom inntektene fra olje- og gassektoren avtar, så vil manglende automatisering være en klar ulempe (vi kommer tilbake til dette i kapittel 4.2).

2.2 3D-PRINTERE

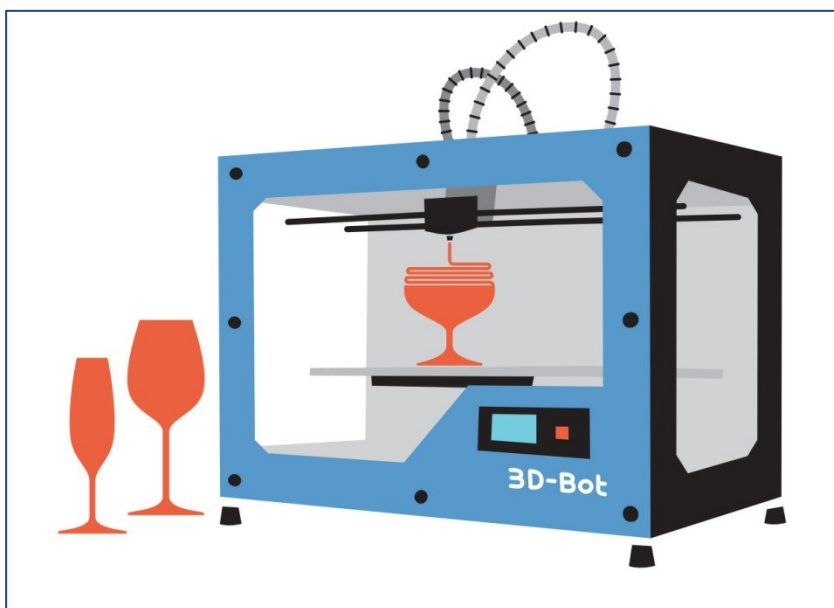
En 3D-printer er en maskin som bygger tredimensjonale objekter ut fra en datategning. Objektene bygges lag for lag i ett stykke, i stedet for å settes sammen av ulike komponenter. Datategningen lages enten ved at et fysisk objekt scannes, eller ved at den tegnes av en konstruktør. 3D-printing refereres også til som «additive manufacturing» og «rapid prototyping».¹⁷

De første 3D-printerne kom tidlig på 1980-tallet. Teknikken ble kalt stereolitografi, og brukte laserlys til å herde lag på lag av en lys-sensitiv flytende polymér. I dag kan 3D-printere deles inn i tre hovedgrupper: Væskebaserte modeller, som stereolitografi tilhører, bruker UV-lys til å herde lag på lag i en fotosensitiv væske. Ekstruderbaserte maskiner presser et oppvarmet plastmateriale gjennom en smal dyse som smeltes sammen med foregående lag. I pulverbaserte maskiner herdes en pulverblanding ved hjelp av laserlys. Prin-

¹⁷ Begrepsbruken er under utvikling, men 3D-printing er det begrepet som kan synes å etablere seg i offentligheten. «Rapid prototyping» kan også omfatte andre teknikker som fresing.

tingen av et objekt kan ta fra noen minutter til flere timer, avhengig av kompleksitet og anvendt teknikk.

Det vanligste materialet til bruk i 3D-printere er plast. Andre muligheter er blandinger av plast og polymerer, keramiske materialer og ulike metaller. Det finnes materialer der sluttproduktet er helt uelastisk, og materialer der sluttprodukter er elastisk. Hvilket materiale som brukes avhenger av hvilke egenskaper man ønsker at den ferdige modellen skal ha, og av hvilken type 3D-printing som anvendes. De billigste 3D-printerne bruker plast.



Figur 3: 3D-printere bygger objekter lag for lag i ett stykke.

TILGJENGELIGHET OG UTBREDELSE

3D-printere finnes kommersielt tilgjengelige i ulike størrelser og kvaliteter, fra et par tusenlapper til 6-7 millioner norske kroner. Dyrere maskiner kan bygge større objekter, med høyere presisjon, og mulighetene for å kombinere materialer og farger er bedre.

De senere årene har tilbudet av forholdsvis billige 3D-printere økt betydelig, og det finnes over 60 ulike modeller. Antallet solgte printere for hjemmemarkedet er tidoblet på tre år, fra 1.900 i 2009, via ca. 6.900 i 2010, til ca. 35.000 i 2012.¹⁸

En rekke norske virksomheter bruker 3D-printere. Eksempler er arkitektkontorer, møbelprodusenter, designbyråer og modellbyggeverksteder som bistår kunder med produktutvikling og industriell design.

ANVENDELSESOMRÅDER

3D-printere har flere anvendelsesområder. De anvendelsesområder som hittil har vært mest fremtredende kan deles i tre hovedgrupper:

Bygging av prototyper: Prototyper kan være svært nyttige for å teste et produkts form og funksjon, og gjør det lett å sammenlikne ulike konsepter, enten det er et verktøy, et møbel eller en mekanisk komponent. Hvis prototypen må endres, gjøres dette forholdsvis enkelt ved å justere tegningen og printe en ny. Det kan gi betydelig tids- og kostnadsreduksjon sammenliknet med mer tradisjonell modellbygging, der modeller bygges for hånd. Papp, papir og skalpell er byttet ut med PC og 3D-printer.

Visualisering av fysiske objekter: Visualisering er viktig innen bl.a. produktutviklingsprosesser, arkitektur og markedsføring. Samarbeid og produktutvikling er ofte lettere med utgangspunkt i et fysisk objekt enn en tegning. «Å gripe for å begripe» er viktig og nyttig. Mange 3D-printere kan i tillegg printe i flere farger. Fargene kan blant annet brukes til å synliggjøre de krefter et objekt utsettes for, og de spenninger dette fører til.

Produksjon av spesialiserte sluttprodukter: Et eksempel er spesialtilpassede høreapparat basert på et avstøp av pasientens øregang, et annet er proteser. Printing av reservedeler er også en mulighet. Det amerikanske forsvarset ser dette som en interessant mulighet for styrker langt hjemmefra.

Anvendelsene av og forsøk med 3D-printere er imidlertid i en rivende utvikling. Listen med produkter som allerede er laget ved hjelp av 3D-printer, eller hvor

¹⁸ Wohlers (2013)

man jobber med å igangsette produksjon, er lang og blir stadig lengre. Blant eksemplene er:

- Urbee er en toseters hybridbil der karosseriet er 3D-printet.¹⁹
- Et nederlandsk arkitekturfirma planlegger å bygge et hus ved hjelp av en 6 meter høy 3D-printer i løpet av inneværende år.²⁰ Et annet selskap utvikler teknologi for å 3D-printe hus ved hjelp av betong.²¹
- Et amerikansk firma bruker 3D-bilder av pasientens kropp (f.eks. et gjenværende ben) som utgangspunkt for å 3D-printe unike, spesialtilpassede proteser som gir et svært symmetrisk inntrykk.²²
- Rolls Royce har fått støtte fra EU til å forske på hvordan 3D-printere kan brukes i produksjonen av deler til flymotorer. Hensikten er å minimalisere materialbruken.²³
- Selskapet Defence Distributed i Texas USA har bygget verdens første 3D-printede pistol. Den ble avfyrt i april i år.²⁴ Utvikleren hadde tillatelse til å bygge pistolen, og tegningene er gjort tilgjengelige på nett. Fire døgn senere var tegningene av pistolen lastet ned mer enn 100.000 ganger. Det foreligger allerede forslag i den amerikanske kongressen om å forby alle 3D-printede våpen.²⁵
- Modellfly,²⁶ gitarer,²⁷ kjoler,²⁸ og sykler²⁹ er andre eksempler.

Det forskes også på å printe elektronikk og mat. For eksempel har forskere ved Princeton-universitetet i USA printet en øre-protese med innebygget elektronikk.³⁰ Det forskes også på printing av kjemiske substanser, blant annet til bruk innen medisin.³¹ Denne typer anvendelser reiser nye teknologiske utfordringer, blant annet i forhold til å printe flere typer materialer samtidig og hvordan biologisk materiale kan brukes i en printer.

¹⁹ www.urbee.net

²⁰ www.dezen.com

²¹ www.contourcrafting.com

²² www.bespokeinnovation.com

²³ lib.bioinfo.pl/projects/view/22292

²⁴ www.defdist.com

²⁵ www.govtrack.us/congress/bills/113/hr1474/text

²⁶ www.newscientist.com

²⁷ www.cubify.com

²⁸ www.psfk.com

²⁹ www.eads.com

³⁰ Mannoor et. al. (2013)

³¹ Se f.eks. www.chem.gla.ac.uk/cronin/

Listen ovenfor viser også at bruken av 3D-printere er i ferd med å spre seg til svært mange sektorer. Det er rimelig å anta at denne trenden vil bidra til at teknologien blir ytterligere forbedret og at enda flere nye anvendelser oppstår. I sum taler dette for at 3D-printere vil bli et stadig mer vanlig verktøy i industriell produksjon i årene som kommer.

UNIKE PRODUKTER OG MOBILE FABRIKKER

3D-printere kan ha flere fordeler i forhold til mer tradisjonelle metoder for å fremstille ulike typer modeller og objekter. For det første kan 3D-printere produsere svært komplekse geometriske former, som nesten vil være utenkelige med annen teknologi, se illustrasjon i figur 4. Med en presisjon ned på 0.1-0.2 millimeter kan svært små geometriske detaljer fremstilles med stor nøyaktighet.



Figur 4: 3D-printere kan bygge geometrisk svært komplekse modeller. Bildet viser utsnitt av "The Trabecula Bench". Benken er 36 cm. høy og 180 cm. lang, og strukturen i benken er basert på strukturen i et fugleben.

3D-printere gir også muligheten til å skape helt unike objekter («one of a kind»). Enten man tegner objektet fra bunnen av eller modifiserer en eksiste-

rende data-fil, kan man lage et produkt som er fullstendig tilpasset den enkelte brukers behov og ønsker. Et eksempel er benproteser.

En tredje fordel ved 3D-printere er at de åpner opp for distribuert produksjon og mobile fabrikker. Mange 3D-printere tar mindre plass enn en oppvaskmaskin. Man kan i prinsippet produsere hvor som helst, så lenge man har tilgang på en PC og en 3D-printer. Slik sett kan utbredelsen av 3D-printere, sammen med nye forretningsmodeller delvis basert på bruk av denne teknologien (se nedenfor), representere en demokratisering av produksjonssfæren. Hvem som helst kan i prinsippet bli konstruktør og produsent, enten man etablerer seg i garasjen, i kjelleren eller på kjøkkenet. Det spiller i prinsippet ingen rolle om du bor i Oslo eller på Otta, i London eller på Lillehammer.

Kombinasjonen av muligheten for enkelt å produsere unike, individuelt tilpassede produkter, og muligheten for at hvem som helst kan produsere hvor som helst, gjør at 3D-printere kan bidra til å bryte ned den standardiseringen som ligger til grunn for masseproduksjon. Det er denne kombinasjonen som gjør teknologien virkelig potent, og som gir grunnlag for å spørre om vi kan stå overfor en revolusjon.

UTFORDRINGER FOR VIDERE UTBREDELSE

3D-printere kan gjøre produksjon billigere og lettere tilgjengelig for enhver. Vi kan alle bli vår egen designer. Potensialet er stort. Vil 3D-printere kunne endre hvordan vi produserer ting slik PC-en endret informasjonsbehandling?

En utfordring er knyttet til «multimaterielle» prosesser. Svært mange moderne produkter er i dag sammensatt av ulike typer materialer, f.eks. plast, metaller og stoff. Dette gjelder alt fra forholdsvis enkle produkter som en joggesko, til mer kompliserte produkter som en smarttelefon. Kompleksiteten gjør produktene vanskelig å produsere i en enkelt maskin. Det finnes i dag 3D-printere som kan bruke flere materialer i samme prosess, men dette dreier seg i hovedsak om ulike typer plast/polymerer. Det er også mulig å printe i andre materialer, som metall og tre, blant annet for å blande dette inn i ulike typer plast, men den multimaterielle funksjonaliteten må bedres før det vil bli aktuelt med printing av virkelig komplekse produkter.³²

³² Selskapet Shapeways printer i metall ved å printe lag på lag med et bestemt type lim på et basseng av metall-pulver. På den måten bygges det opp et objekt av metall.

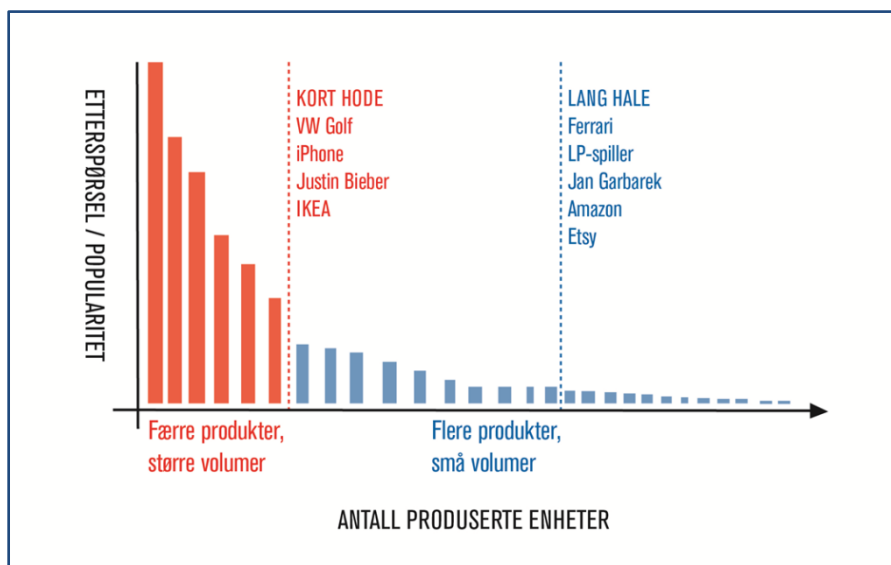
En annen utfordring knytter seg til det som fremheves som 3D-printernes store fordel, produksjon av produkter spesialtilpasset kundens behov. Slik tilpassing krever enten at man designer produktet selv eller at man endrer en eksisterende datafil. Dette krever en viss design- og datakompetanse. Det er dermed ikke gitt at «enhver» vil kunne ha full nytte av en 3D-printer. På den annen side er det grunn til å anta at programvaren vil bli mer brukervennlig, og 3D-printerne lettere å bruke, slik at terskelen for å nyttiggjøre seg teknologien vil senkes (dette henger sammen med digitaliseringen av industrien, se kapittel 2.3).

Produksjon for salg i større volumer kan også bli en utfordring. En slik bruk av 3D-printere forutsetter at teknologien kan printe raskt og billig nok til å konkurrere med mer etablerte produksjonsteknologier. Mange av de etablerte teknologiene er imidlertid svært raffinerte og raske, og som en følge av dette er produksjonskostandene per produsert enhet kuttet betydelig. Det kan være nyttig å trekke en parallell til trykking av tekst på papir. Hvis man skal ha relativt få kopier, kommer man langt med en printer som finnes på de fleste arbeidsplasser. Skal man trykke i større volum er det imidlertid raskere og ofte billigere å få dokumentet trykket hos et profesjonelt trykker. 3D-printere er en ung teknologi, og det gjenstår å se hvilket potensial denne teknologien har for masseproduksjon. Per i dag er den for treg for å produsere større volumer, og det er ikke gitt at dette ikke blir et viktig bruksområde for 3D-printere.

En annen mulig begrensning kan være materialegenskapene og de mekaniske egenskapene til produktene. Kan man printe sterke nok objekter for bruk gjennom lang tid?

Bruk av 3D-printere kan øke muligheten for produksjon i små volum. «Skreddersøm» av produkter til kundens krav og produksjon for nisjemarkeder kan blir økonomisk lønnsomt. Disse markedene har blitt referert til som «The long tail» (se figur 5)³³: mens mye av dagens masseproduksjon finner sin økonomiske berettigelse i store volumer av mer eller mindre identiske produkter, og ekskluderer produksjon av spesialiserte produkter i små volumer (den lange, flate «halen» i figuren), vil 3D-printere i prinsippet kunne gjøre slik produksjon økonomisk lønnsom. Det forutsetter selvsagt at man klarer å produsere produkter som har god nok kvalitet.

³³ Anderson (2006)



Figur 5: "The long tail" illustrerer at det finnes et høyt antall produkter med lav etterspørsel. Ny teknologi kan gjøre disse mer økonomisk lønnsomme å produsere.

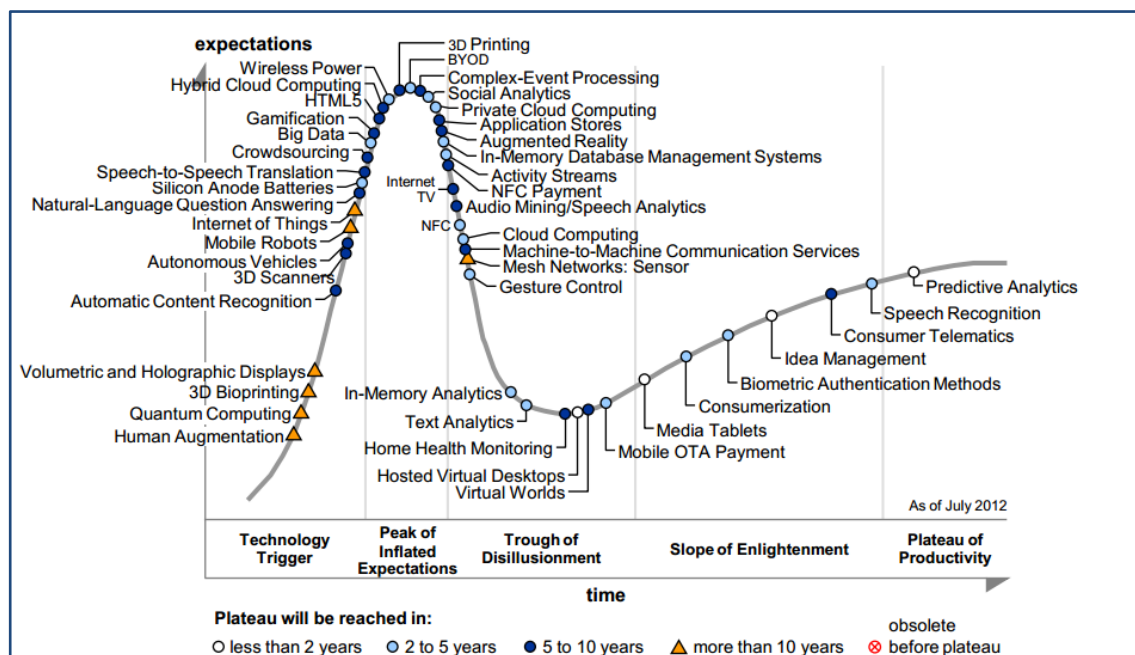
HYPE ELLER PARADIGMESKIFTE?

Selskapet Gartner lager hvert år en oversikt over «emerging technologies» og hvor store forventninger man har til de ulike teknologiene. Resultatet presenteres i det som kalles «Emerging technologies hype cycle».34 I figuren for 2012 er 3D-printing plassert helt øverst på kurven, på toppen av det som kalles «Peak of inflated expectations», se figur 6. Dette betyr at 3D-printing oppfattes som en teknologi som mange har store – kanskje for store – forventninger til, og hvor det normalt vil ta flere år før man innser hva teknologiens reelle potensial og mest nyttige anvendelser vil være. For 3D-printing estimerte Gartner i 2012 at dette vil ta mellom 5 og 10 år.

En av dem som har stor tro på potensialet til 3D-printere er amerikaneren Chris Anderson. Han var tidligere redaktør i tidsskriftet «Wired», og argumenterer i boken «Makers – the new industrial revolution»35 for at 3D-printere,

³⁴ www.gartner.com

³⁵ Anderson (2012)



Figur 6: Gartners "Technological hype curve". Kurven viser at det er knyttet store forventninger til 3D-printing.

sammen med andre teknologier og digitalisering av produksjonssfæren (se nedenfor) er i ferd med å skape en revolusjon.

Anderson mener det er i ferd med å utvikle seg en ny kultur for samarbeid mellom aktører i design- og utviklingsprosesser. Digitale hjelpemidler brukes langt mer aktivt i design og produktutvikling, samtidig som det utvikles en kulturell norm for å dele design og å samarbeide med andre online. I tillegg gjør felles designfil-standards det mulig å sende filer til produksjonssteder/ virksomheter slik at det nye objektet kan produseres.

Anderson mener dette fører til at større industrielle aktører ikke lenger kun konkurrerer med hverandre, men med et stort antall veldig små konkurrenter som meget raskt kan utvikle en idé til kommersielt produkt. Antallet slike aktører er raskt voksende. Han mener denne måten å tenke og dele design på er mer enn en effektiv metode for innovasjon, han kaller det «... et trossystem like kraftfullt som demokratiet eller kapitalismen er for deres tilhengere». Han

trekker parallellen til hvordan internett har endret hvordan vi kommuniserer med hverandre, og hvordan vi innhenter og formidler informasjon.

Det hersker likevel en viss uenighet om hvilken betydning 3D-printere vil få for videreutviklingen av produksjonssfæren. Det er liten tvil om at det er et svært nyttig verktøy for visualisering og modellbygging, og til dette formålet er teknologien allerede godt utviklet og tatt i bruk av en rekke aktører. Det er også svært spennende med de mange forsøkene som gjøres med bruk innen f.eks. husbygging og bruk i kompliserte produksjonsprosesser som deler til flymotorer.

Det store «disruptive» potensialet til 3D-printere er imidlertid primært knyttet til mulighetene for at hvem som helst skal kunne produsere hvor som helst, og til at man skal kunne printe komplekse objekter (flere materialer, avansert funksjonalitet) i ett stykke. Det potensialet er ikke realisert per i dag, og det er usikkert hvor lang tid det vil ta før dette (eventuelt) skjer.

På kort til mellomlang sikt vil 3D-printere derfor i all hovedsak være et supplement til og ikke en erstatning for tradisjonelle produksjonsprosesser. Det er også mulig at det vil forbli slik, og at 3D-printere ikke i vesentlig grad vil foretrekke mer etablert produksjonsteknologi. Det er likevel ingen tvil om at 3D-printere tas i bruk til produksjon av stadig nye typer produkter, (jf. listen på side 27), og at utviklingen går raskt. Det er til dels tunge, industrielle aktører som forsker på bruk av teknologien, som Rolls Royce og European Aeronautic Defence and Space Company (lager bl.a. Airbus), og utviklingen støttes av myndigheter i land som USA, England og Tyskland (se kapittel 3).

Det er derfor grunn til å tro at 3D-printere vil bli en stadig mer utbredt og avansert produksjonsteknologi, og at denne teknologien vil integreres i etablerte produktutviklings- og produksjonsprosesser på stadig nye måter.

2.3 DIGITALISERT INDUSTRI

Tidligere kunne ulike bidragsytere til produktutviklingsprosesser sitte hver for seg med separate modeller og verktøy. I dag ser vi en mer sømløs integrasjon av design, produktutvikling og produksjon. Ulike aktører kan arbeide med ut-

gangspunkt i samme datamodell. Samarbeid blir lettere og kan gå raskere. Kompleksiteten i design- og produktutviklingsprosesser kan reduseres.

Bak denne utviklingen ligger enorme økninger i tilgjengelig regnekraft, mulighet for lagring av nærmest ubegrensede mengder data, stadig bedre infrastruktur for utveksling av data, og en rivende utvikling i tilgjengelig programvare.

Digitaliseringen av produksjonssfæren kretser rundt det vi kan kalle «digitale gjenstander». Dette er data-pakker som beskriver form, materiale og fremstilling av et objekt. Når disse digitale gjenstandene deles av stadig flere, samtidig som stadig flere vil kunne modifisere innholdet og realisere det i nye gjenstander, så vil rammene for industriell produksjon endres betydelig. Omfanget av og tempoet i denne endringsprosessen er usikkert, men det representerer utvilsomt noe nytt i forhold til tradisjonell industriell produksjon.

Utviklingen innen industriroboter og 3D-printere er dermed del av en utvikling der stadig mer av produktutvikling og produksjonsprosesser digitaliseres.

FRA «CONNECTED» TIL «HYPERCONNECTED»?

Digitaliseringen av produksjonssfæren er del av en langt større samfunns- og teknologisk transformasjon der digitalisering spiller en nøkkelrolle. I 2005 skrev Thomas Friedmann boken «The world is flat».³⁶ Her pekte han på hvordan verden allerede da var i ferd med å bli digitalt sammenbundet, slik at stadig flere kunne samhandle, samarbeide og konkurrere nærmest uavhengig av hvor de befant seg.

I en artikkel i New York Times i januar i år påpeker Friedmann at da han skrev den boken var f.eks. Facebook, Twitter, cloud computing, 4G bredbånd, big data, Skype, og smarttelefoner og apper til disse nesten ikke eksisterende, eller kun i sin spede barndom.³⁷ På snaue 10 år har vi med andre ord sett en revolusjon i mulighetene for digital kommunikasjon og produksjon. Friedmann mener vi har gått fra å være «connected» til det han kaller «hyperconnected».

Utviklingen Friedmann beskriver påvirker også hva som produseres og hvordan det produseres. Innen industriell produksjon vil vi se en stadig mer søm-

³⁶ Friedmann (2005)

³⁷ Friedmann (2013)

løs integrasjon av virksomheter, personer og tjenester i digitale nettverk. Alle produkter vil få en unik identitet, historikk og sporbarhet. Økende digitalisering vil påvirke hvordan industrielt arbeid organiseres i produksjonshallen, i forsyningslinjene, innen produktutviklingen, og innen salg og markedsføring. Det vil også påvirke utdannings- og kompetansebehov, og konkurranseforhold.

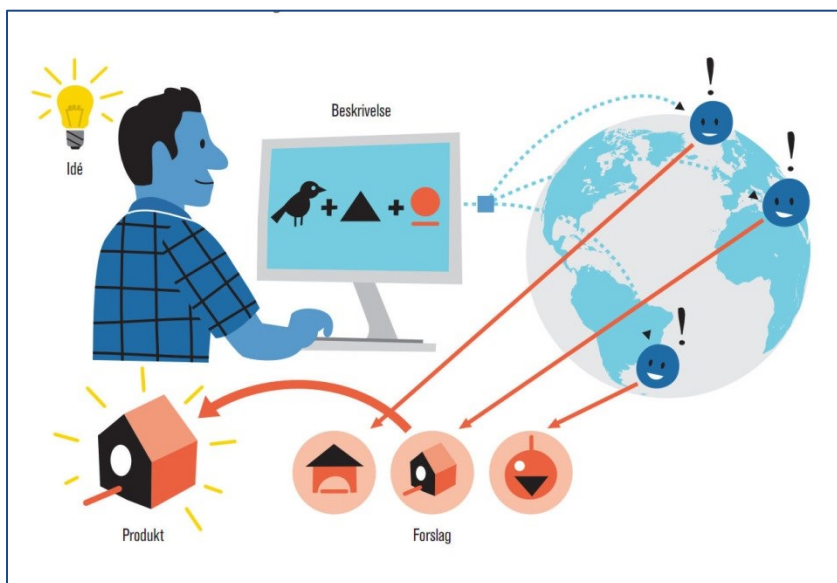
De mest konkurransedyktige vil være de som er mest nysgjerrige, læringsvillige og som evner å skjønne hvordan ny teknologi og de nye nettverksmulighetene kan brukes best mulig. Det er ingen tegn på at denne utviklingen vil avta, snarere tvert i mot. Vi vil se liknende utvikling innen nær sagt alle sektorer, som helse, utdanning og offentlige tjenester.

NYE FORRETNINGSMODELLER – CROWDSOURCING

Nye produksjonsteknologier, digitaliseringen av produksjonssfæren og den økende kulturen for å samarbeide med andre og dele design over internett, bidrar til fremveksten av ny forretningsmodeller, såkalt «crowdsourcing» (se også figur 7).

Et eksempel er nettsiden DesignCrowd. Her kan man sende inn et forslag til et nytt design, f.eks. for et nytt produkt, en ny logo eller en ny nettside. Man beskriver hva man ønsker å oppnå med prosjektet, og hvor mye man er villig til å betale for å få hjelp til designet.

Designcrowd har så tilknyttet seg en stor gruppe designere som den konkrete design-utfordringen sendes ut til. De som ønsker det, responderer på den konkrete designoppgaven. Bestilleren velger hvilke av disse man ønsker å gå videre med, og det etableres en dialog mellom bestiller og de utvalgte designerne om forbedring av designforslagene. Når bestilleren har valgt sitt design (og dermed sin designer), utbetaler Designcrowd pengene til den designeren som vant oppdraget. Hvis man ikke er fornøyd med resultatet, får man pengene tilbake. På denne måten kan design- og produktutviklingsprosesser åpnes opp for langt flere enn det som tidligere har vært tilfelle. Man vil ikke lenger være avhengig av å tilhøre et større selskap for å realisere ideer.



Figur 7: Crowdsourcing gjør det mulig å realisere ideer ved å trekke på ressurser spredt over nær sagt hele verden.

Et annet eksempel er selskapet Quirky i New York.³⁸ Enhver person kan sende inn en idé til et nytt produkt. Det kan f.eks. være ulike typer kjøkkenutstyr (boller, bestikk, etc.), deksel til mobiltelefoner eller mapper til PC-er, eller ulike innretninger for å holde orden på ledninger eller annet utstyr man har i hjemmet eller på arbeidsplassen. Når Quirky har mottatt et designforslag sendes det via internett ut til en pool av designere for en vurdering av hvordan ideen kan realiseres best mulig. Deretter vurderer Quirky om ideen er verdt å gå videre med. Hvis det skjer, raffineres produktets design og funksjonalitet gjennom en prosess, før det settes i produksjon.

Quirky bruker 3D-printere i produktutviklingsprosessen, mens selve produksjonen skjer i mer tradisjonelle produksjonsanlegg. Salg skjer enten gjennom Quirkys egen nettbutikk, eller gjennom andre kanaler. Salgsinntektene deles mellom gründeren, Quirky og de andre som har vært involvert i prosjektet. Den type forretnings- og samarbeidsmodell som selskaper som Quirky og Designcrowd representerer, ville ikke vært mulig uten internett.

³⁸ Se www.quirky.com. Eksempler på liknende selskaper er i.materialize og Sculpteo.

2.4 TEKNOLOGIUTVIKLING – MER ENN ROBOTER OG 3D-PRINTERE

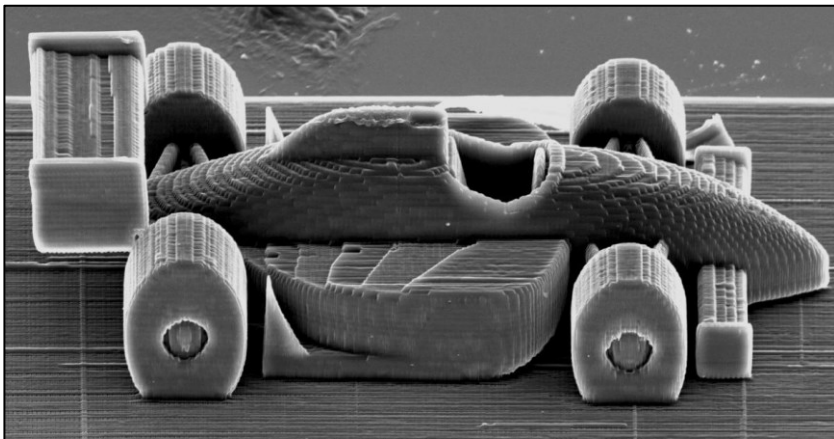
Utviklingen av 3D-printere og mer avanserte industriroboter, samt digitaliseringen av produksjonssfæren, skjer parallelt med utvikling innen andre teknologiområder av betydning for produksjonssfæren. Innen materialteknologi utvikles nye komposittmaterialer, og gir bant annet betydelig bedre vekt/styrke-forhold. Komposittmaterialer erstatter metaller innen blant annet transportsektoren (biler, båter, fly), bygg og anlegg, og innen forsvaret.

Utviklingen innen nanoteknologi vil også påvirke produksjonssfæren. Ved å designe materials og produkters kvaliteter fra atom-nivå vil helt nye muligheter åpne seg. Man kan for eksempel få medisinske nano-bio-sensorer som kan spore proteiner på enkeltmolekylnivå, og dermed bedre effektiviteten av medisinske tester voldsomt. Materialet grafén er et supersterkt og supertynt materiale bygget opp med ett atoms tykkelse. Det har også svært gode strømledende egenskaper.

På lenger sikt vil utviklingen innen nano- og bioteknologi påvirke hva som produseres og hvordan det produseres, og disse teknologiene vil smelte sammen med teknologi for 3D-printing. Det gjøres allerede forsøk med dette. Den første 3D-printede «nano-bilen» ble printet ved Det teknologiske universitetet i Wien i Østerrike i fjor (se figur 8).³⁹ Bilens lengde tilsvarte fire ganger bredden på et menneskes hår, og den ble bygget ved at en laser bestrålte molekyl i en fotosensitiv væske.

Utviklingen innen material, bio- og nanoteknologi får ringvirkninger innen andre teknologiområder. Det er all grunn til å tro at utviklingen også vil bidra til mer avanserte produksjonsteknologier og -prosesser i årene som kommer.

³⁹ amt.tuwien.ac.at/projekte/2pp/



Figur 8: En «nano-bil» printet ved at to lasere belyste molekyler i en fotosensitiv væske. Bilens lengde tilsvarer fire ganger bredden på et menneskehår. Bilde fra Det Teknologiske Universitetet i Wien, Østerrike.

2.5 EVOLUSJON ELLER REVOLUSJON?

Hvordan kan vi best forstå utviklingen med mer avanserte industriroboter, økende bruk av 3D-printere, digitaliseringen av produksjonssfæren, og fremveksten av nye forretningsmodeller? Det er liten tvil om at vi ser konturene av grunnleggende endringer i produksjonssfæren:

1. For det første har vi en utvikling av maskinene som brukes i produksjonsprosesser. Først hadde vi manuelt opererte maskiner der operatøren utformet og sammenføyde de nødvendige komponentene i et produkt. Deretter fikk vi datamaskinstyrte maskiner som kan bearbeide råvarer og (i en viss grad) sette disse sammen til sluttprodukter. Nå ser vi fremveksten av 3D-printere som bygger opp produkter fra bunnen av, og roboter som bidrar til stadig mer helautomatiserte produksjonsprosesser.
2. Nøkkelkompetansen endrer seg. Første trengte vi trente operatører til maskinene. Så fikk vi behov for personer som kan programmere datamaskinene, før vi nå får et økende behov for designere og personer som kan

programmere og styre datamaskinene som styrer industriroboter og 3D-printere.

3. Distribusjonskanaler endrer seg. Det vil ikke lenger bare være slik at produkter produseres i en fabrikkhall, og sendes derfra via ulike distribusjonsledd til kunden. 3D-printere åpner opp for at «enhver» enten vil kunne printe sin egen gjenstand, eller bestille den hos en virksomhet som printer for slike kunder.
4. Terskelen for å bruke produksjonsteknologi senkes. I dag kan enhver i prinsippet kjøpe sin egen 3D-printer. Samtidig blir industriroboter lettere å programmere, på sikt vil vi trolig kunne programmere dem fra smart-telefonen.
5. Nye kulturer for deling av designinformasjon vokser frem, sammen med nye virksomheter som spesialiserer seg på å produsere mer kundetilpassede produkter i mindre kvanta.

Hvorvidt denne utviklingen skal kalles en revolusjon eller en evolusjon kan diskuteres. Det er imidlertid liten tvil om at vi ser konturene av en grunnleggende endring i både hvordan den produseres, hvor det kan produseres, og hvem som kan produsere. Produksjonen blir mer fleksibel og den blir i langt større grad «bottom up». Og ikke minst er det viktig at disse grunnleggende endringene skjer samtidig. Denne utviklingen vil trolig fortsette i årene som kommer.

3. SNUR GLOBALISERINGEN?

De siste tiårene har svært mange virksomheter flyttet produksjon til lavkostland, og da i særlig grad til Kina. Motivasjonen har vært åpenbar. Tilgangen på billig arbeidskraft har gitt store kostnadsbesparelser. Nå er imidlertid trenden i ferd med å snu.

3.1 ER OUTSOURCING UTDATERT?

I mars i 2012 skrev Jeffrey Immelt, CEO i General Electric (GE), en artikkel i Harvard Business Review. Der forklarer han hvorfor GE siden 2008 har jobbet bevisst med å snu en 30 år lang trend med å flytte produksjon til lavkostland. Selskapets vurdering var at «outsourcing was quickly becoming mostly outdated as a business model for GE Appliances».⁴⁰

På lik linje med GE har en rekke virksomheter de senere årene begynt å flytte hjem produksjon som tidligere har vært flyttet til lavkostland, såkalt homeshoring (se figur 8). Omfanget er stort. 37 % av amerikanske virksomheter med en årlig omsetning på over én milliard dollar planlegger eller vurderer å flytte sin produksjon hjem igjen fra Kina.⁴¹ Det er flere grunner til at produksjon i lavkostland ikke lenger er like attraktivt.

⁴⁰ Harvard Business Review, nr. 3, 2012.

⁴¹ Boston Consulting Group, Press release, 20. april 2012.

MINDRE Å SPARE

Kostnadsbesparelsene ved å produsere i Kina og andre lavkostland er avtagende. Lønnskostnadene i Kina vokser langt raskere enn i mange vestlige land. I følge Boston Consulting Group var lønnskostnadene til fabrikkarbeidere i Kina i år 2000 3 % av hva de var i USA, innen 2015 forventes de å være 17 % av de amerikanske.⁴²

I tillegg øker både elektrisitetskostnader i Kina og kostnadene ved å kjøpe landområder til å etablere industriell produksjon. Det samme gjør kostnadene for å transportere ferdige produkter fra Kina til markedene. Når dette sees i sammenheng med at lønnskostnadene utgjør en stadig mindre del av de samlede kostnadene ved å bringe produktet frem til kunden (ref. kapittel 2), så blir det mindre å spare på å sette produksjon bort til lavkostland.

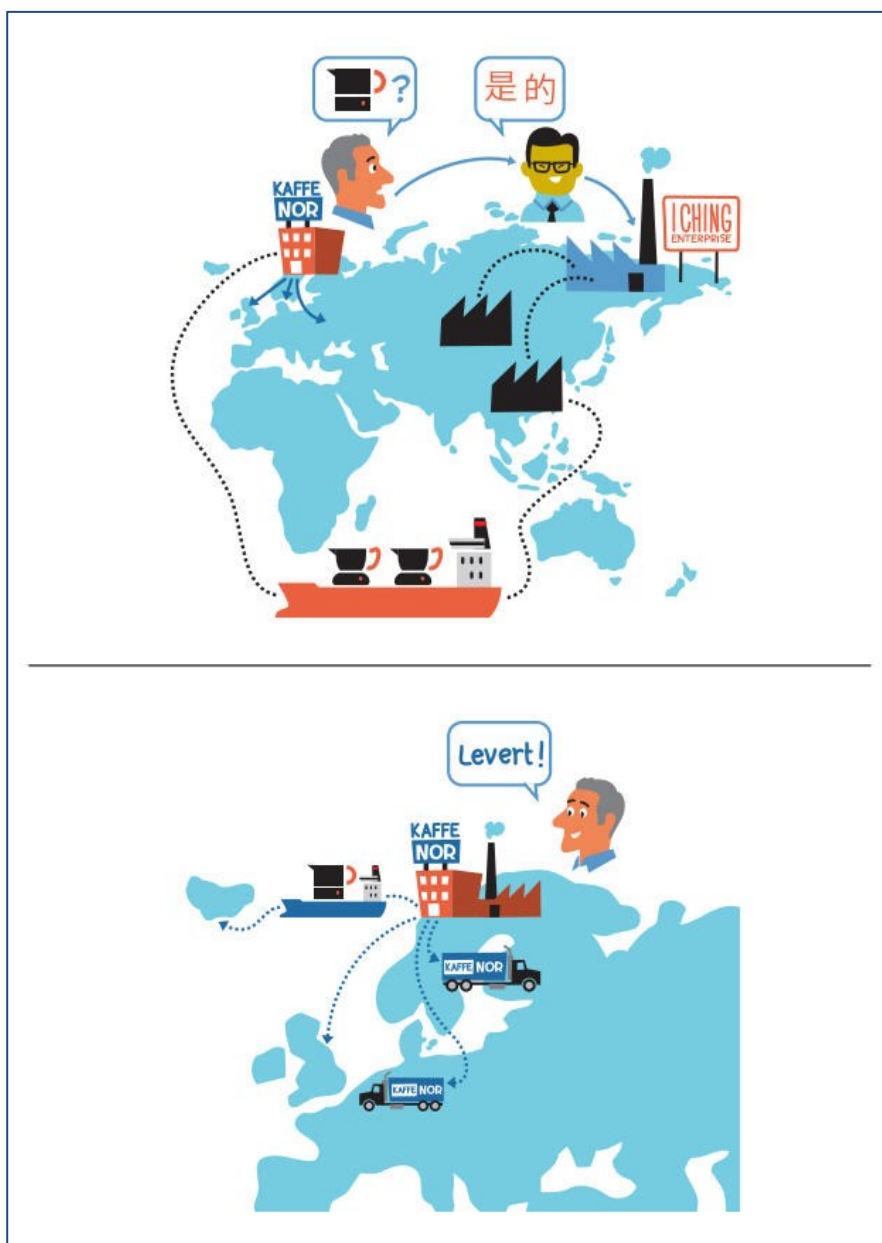
Lange forsyningslinjer og transportavstander har også sine ulemper. Det er ressurskrevende å håndtere eventuelle problemer i forsyningsleddet når problemet oppstår flere tusen kilometer fra virksomhetens hovedkvarter. Med produksjonen «hjemme» blir transport- og forsyningsprosessen kortere, og det blir enklere å gripe inn der det er nødvendig. En liknende utfordring ser man når endringer skal formidles gjennom forsyningslinjen. Det er vanskeligere å kommunisere presist og raskt med personer som befinner seg langt borte og hvor også språk kan utgjøre en barriere.

FABRIKKEN SOM LABORATORIUM

Det er økende erkjennelse av at opprettholdelse av produksjonskompetanse er viktig for fornyelse og innovasjon. Selskap som selv innehar førstehånds produksjonskompetanse har lettere for å komme opp med nye ideer og bringe disse frem til kommersielt produkt. Outsourcing av produksjon kan dermed svekke egen innovasjonsevne, og på sikt true virksomhetens videre eksistens.

Samtidig ser vi at nærhet mellom produksjon og design/produktutvikling også er viktig. Det muliggjør en grundigere dialog om utfordringer og muligheter i begge ledd, og en bedre forståelse av prosessen fra idé til kommersielt produkt. Et eksempel er GEs flytting produksjon av varmtvannsberedere tilbake

⁴² Boston Consulting Group (2011)



Figur 8: Homeshoring. Ved å flytte produksjon hjem fra lavkostland kan kostnader reduseres, produktkontroll bedres, og leveransetid til kunder reduseres.

fra Kina til USA (se tekstboks på neste side).⁴³ Behovet for slik nærhet kan synes å øke desto mer teknologisk avansert produkter det er snakk om.

NÆRHET TIL MARKEDENE STADIG VIKTIGERE

Etterspørsel etter mer spesialtilpassede produkter er økende, enten det er varer produsert i svært små volum, eller f.eks. joggesko som er designet etter deres egne spesifikasjoner.⁴⁴ Samtidig skifter trendene raskt. Det betyr produksjon i mindre volumer, og rask tilpassing til nye trender blir viktigere. Mye av produksjons-gevinstene i lavkostland ligger imidlertid som nevnt i produksjon av store volumer med få eller ingen varianter av samme produktet (f.eks. produksjon av 1 million identisk utseende joggesko). Samtidig gjør store avstander til produksjonen det vanskeligere å respondere raskt på nye trender.

Med økende etterspørsel etter spesialtilpassede produkter, og raskere skifte mellom trender, blir nærhet mellom produksjonsprosessen og markedet en fordel. Da kan man respondere raskere på ny etterspørsel.

Samtidig ser man at produktutvikling krever tilgang til kapital fra aktører som kjenner markedet og som mener de har tilstrekkelig innblikk i produksjonsprosessen. Hvis markedet er hjemme, men produksjonen langt borte, kan det være mer krevende å få investorer til å engasjere seg.

Outsourcing medfører også økt fare for kopiering. Kopiering av produkter er utbredt. Ved å sette bort produksjon øker faren for at virksomheter i landet der produksjonen foregår skal kopiere produktet.

I sum er det derfor mange forhold knyttet til lokaliseringen av produksjonsprosessen som taler for å ha den nær hjemmemarkedet og nærmere produktutviklingsprosessene. Dette betyr ikke at produksjon ikke fortsatt vil finne sted i Kina og andre lavkostland, men dette vil i større grad være produksjon i store volumer og hvor høy arbeidsinnsats fra mennesker fortsatt vil være viktig.

⁴³ The Atlantic Magazine, desember 2012.

⁴⁴ Flere skoprodusenter tilbyr slik skreddersom, se f.eks. www.nike.com/us/en_us/c/nikeid

Fabrikken som laboratorium

General Electrics (GE) utviklet noen år tilbake en varmtvannsbereder. Utvikling, konstruksjon og design ble gjort i USA, men produksjonen ble flyttet til Kina fordi man mente dette kunne gi vesentlige besparelser.

Konstruksjonen inneholdt en rekke kobber-rør som måtte sveises sammen. Kvaliteten på sluttproduktet var svært avhengig av kvaliteten på sveisearbeidet. Fra hovedkontoret i USA observerte man at man hadde liten kontroll på produksjonen i Kina, og dermed på sluttkvaliteten.

Etter å ha sett hvordan kostnadsbesparelsene ved produksjon i Kina var i ferd med å avta, bestemte GE seg for å flytte produksjonen hjem til USA. Da merket selskapet imidlertid fort at produktet var mindre brukervennlig enn ønsket og at produksjonen var komplisert. Samtidig innså selskapet at de ikke hadde produsert varmtvannsberedere i USA på mange år. Kompetansen var nærmest borte.

Det ble etablert et nytt team bestående av designere, ingeniører, produksjonsteknikere og personer fra salg og markedsføring. Resultatet ble i følge GE at hele berederen ble bygget på nytt fra bunnen, med 5 % mindre materialbruk, bedre brukervennlighet og et bedre design. Man etablerte samtidig en helt ny produksjonslinje for kun å produsere denne berederen, og bygget med det opp ny produksjonskompetanse.

Tiden det tok å transportere berederen til markedet ble samtidig kraftig redusert. Med produksjon i Kina kunne det ta 5 uker fra berederen var ferdig produsert til den var skipet med båt til USA og klarert gjennom toll for utsendelse til forhandlere. Nå står berederen klare for utsendelse fra GEs eget varelager 30 minutter etter at den er ferdig produsert.

AUTOMATISERING OGSÅ I LAVKOSTLAND

Manuell og billig arbeidskraft vil fortsatt være en viktig ressurs for Kina, India og andre lavkostland. Samtidig ser vi en økende automatisering også i disse landene. Selskapet Foxcon er et eksempel. Det er en av verdens største produsent av elektronisk utstyr, og har 1,3 millioner ansatte, hvorav de fleste i Kina.

I 2011 annonserte selskapet at de planla å erstatte en del av sine arbeidere med inntil én million roboter innen tre år.⁴⁵

Tall fra den internasjonale føderasjonen for robotikk (IFR) viser at Foxcons satsning er del av en større trend. I 2011 ble det for eksempel solgt 22.577 industriroboter til Kina. I absolutte tall er dette på nivå med USA og Sør-Korea (som er de landene det selges flest roboter til), men det er den klart største veksten. IFR sier i sin rapport for 2011 følgende:

«In 2011, 22,577 industrial robots were sold to the People's Republic of China, 51% more than in 2010. With the exception of 2009, the Chinese robots market surged in the recent years. Between 2006 and 2011, the annual supply quadrupled. In the 50 years of the history of industrial robots there is no other country with such a dynamic growth of robot installations in such a short period of time. It is a question of time when China will become the largest robot market in the world.»

En vesentlig del av den høyteknologiske, automatiserte produksjonen i Kina vil trolig være rettet mot markeder i Kina og nærliggende markeder i Asia, men også mot Europa. Det er liten grunn til å tro at denne utviklingen ikke vil kunne påvirke internasjonale konkurranseforhold slik Kinas generelle økonomiske vekst gjør.

Man kan spørre seg om ikke automatisering av industriell produksjon i lavkostland vil føre til en *ny* bølge av outsourcing av industriell produksjon fra høykostland. Svaret er at det ikke nødvendigvis vil være tilfelle. I og med at automatisering i høykostland reduserer lønnskostnadene andel av totalkostnadene, vil ikke utflytting av produksjonen være så attraktivt, selv om man isolert sett trolig vil kunne produsere noe billigere i lavkostland.

⁴⁵ Se f.eks. www.theverge.com. Fremdriften med implementeringen er imidlertid uklar.

3.2 KRAV TIL MER ENERGI- OG RESSURSEFFEKTIV PRODUKSJON

Produksjon er omforming av råvarer til et ferdig produkt. Det krever energi og råvaretilgang. Ressurseffektivitet vil trolig få økende betydning i årene som kommer.

En økende befolkning gjør at tilgjengelige energiressurser skal deles på flere mennesker. Vi vil dermed måtte produsere mer energieffektivt. Samtidig vil en økende befolkning, der stadig flere skal løftes ut av fattigdom, bety at flere mennesker vil ønske seg produkter av ulik art. Det vil bidra ytterligere til effektivisering av produksjonsprosesser.

Økende vektlegging av miljø og klima styrker også kravene til stadig mer ressurseffektive produksjonsprosesser og -teknologier. Virksomheter som holder klimaavtrykket lavest mulig vil få et konkurransefortrinn. Det vil gjelde alle ledd i prosessen, fra råvareproduksjon via bearbeiding til ferdig produkt, til transport til kunden.

En gradvis reduksjon i tilgangen på viktige materialer vil favorisere prosesser med lavt materialbruk, samt de som kan ta i bruk nye materialer som er lettere tilgjengelig i større kvanta.

Samtidig kan det være grunn til å tro at vi en lavutslippsøkonomi⁴⁶ vil få et stadig større behov for teknologisk avanserte produkter. Det kan for eksempel være:

- Teknologi som har et lavt karbonavtrykk i bruk (transportmidler, maskiner av ulik art, etc.)
- Teknologi som kan effektivisere energibruk i ulike prosesser, som elektronikk og programvare som kan brukes til å styre industrielle prosesser.
- Teknologi for produksjon av fornybar energi.

Samlet sett vil vi dermed få en utvikling mot produksjonsprosesser som lager de samme produktene med mindre materielle ressurser, mindre energibruk og

⁴⁶ Med lavutslippsøkonomi forstår vi der konkurranseforhold, forretningsmuligheter, kostnader og selskapers omdømme i stor grad påvirkes av virksomhetens karbonavtrykk. Se Teknologirådet (2009).

som klarer å bruke materialer som er lett tilgjengelige. I dette bildet vil mer effektive roboter, og roboter og 3D-printere som reduserer materialbruk, være interessante.

Disse «kravene» vil bidra til utviklingen av produksjonsteknologier. Behovet for mer energieffektiv produksjon og behovet for mer automatisert produksjon kan dermed sies å støtte opp om hverandre og den samme teknologiske utviklingen.

4. NORGE OG DEN INTERNASJONALE UTVIKLINGEN

Nye industriroboter, 3D-printere og digitalisering av produksjonssfæren legger nye rammer for industriell produksjon og endrer internasjonale konkurranseforhold. Nye forretningsmodeller er med på å endre hvordan produkter utvikles og hvem som kan stå for utviklingen. Hjemflytting av industriell produksjon fra lavkostland bidrar til ytterligere effektivisering av produksjon og stimulerer teknologiutvikling som kan bidra til dette.

Vi skal i det følgende se på de konsekvenser det kan få for Norge, hvordan tematikken dekkes i den nye Stortingsmeldingen om næringspolitikken, og hva Norge kan lære av andre land.

4.1 KONSEKVENSER OG MULIGHETER FOR NORGE

Den teknologiske utviklingen tydeliggjør de krav industriell produksjon i høykostland som Norge må imøtekomme for å kunne være konkurransedyktig. Samtidig representerer utviklingen både en mulighet og en utfordring for Norge.

TYDELIGE KRAV TIL INDUSTRIELL PRODUKSJON I HØYKOSTLAND

Utviklingen beskrevet i kapittel 2 og 3 ovenfor gjør det mulig å identifisere fem krav til fremtidens industrielle produksjon i Norge:

1. Høyest mulig kvalitet og kunnskapsinnhold i alle produkter. Det vil være avgjørende for konkurransekraften.
2. Automatisert og fleksibel produksjon. Det blir en forutsetning for å kunne produsere kostnadseffektivt og respondere raskt på endringer i markedet.
3. Bruk av avansert produksjonsteknologi. Opprettholdelse av konkurransekraft vil forutsette at man tar i bruk den mest moderne produksjonsteknologien som er tilgjengelig.
4. Høy digital kompetanse. For å kunne nyttiggjøre seg moderne produksjonsteknologi vil kravet til digital kompetanse tilta, enten det gjelder sveisere, designere, produksjonsplanleggere eller andre som er involvert i produktutviklings- og produksjonsprosesser.
5. Mer ressurs- og energieffektiv produksjon. Det blir en forutsetning for å kunne være konkurransedyktig i en lavutslippøkonomi.

Inngående kjennskap til de mest avanserte produksjonsteknologiene er også viktig for innovasjonsevnen. Skal man innovere, må man skjønne hvordan produktene produseres. Når produksjonsteknologiene utvikler seg, må kunnskap om disse utvikles tilsvarende. Hvis man ikke utvikler produkter som kan produseres med moderne produksjonsteknologi, vil man bli utkonkurrert.

I tillegg ser vi konturene av en fremtid der konkurransefortrinn i økende grad er dynamiske på grunn av den teknologiske utviklingen og bevegeligheten av kapital. Det er ikke gitt at fremtidig industri i samme grad som tidligere vil følge fra etablert industriell virksomhet. Nye virksomheter og virksomhetsområder kan vokse frem hvis man kjenner de nye produksjonsteknologiene og ser mulighetene i nye markeder.

MULIGHET OG UTFORDRING FOR NORGE

De fem kravene til morgendagens industrielle produksjon representerer både en mulighet og en utfordring for Norge:

- Automatisert og kunnskapsintensiv industri er en mulighet for Norge. Det er innen slik produksjon vi kan ha håp om å konkurrere internasjonalt. Vi har et høyt kompetansenivå i befolkningen. Ved å være tidlig ute og følge med på utviklingen kan vi styrke landbasert industri utenfor olje- og gass-klyngen. Dette trenger vi, både fordi vi trenger flere ben å stå på, og fordi vi vil bli stadig mer avhengig av slik industri ettersom oljeinntektene avtar.
- Det vil kunne være en utfordring å videreutvikle en sterk landbasert industri når olje- og gassnæringen er så sterk, sysselsettingen så høy og norsk økonomi går såpass godt.

Den sterke norske økonomien må ikke bli en hvilepute for utviklingen av morgendagens industripolitikk. Vi trenger snarere en aktiv politikk som legger best mulig til rette for at norske virksomheter skal kunne nyttiggjøre seg moderne produksjonsteknologi, og for at Norge skal stå best mulig rustet i kampen om markedsandeler.

4.2 STORTINGSMELDINGEN OM NÆRINGSPOLITIKKEN 2013

Den mest oppdaterte oversikten over norsk næringspolitikk finnes i den nye stortingsmeldingen om næringspolitikken.⁴⁷ Meldingen har fått navnet «Mangfold av vinnere», og ble lagt frem 7. juni i år. Den berører flere av de problemstillinger som er diskutert ovenfor. Meldingen fremstår imidlertid som noe tvetydig i forhold til hvilke næringer og typer virksomheter vi bør satse på. Den mangler dessuten en grundig analyse av hvordan avansert produksjonsteknologi kan bidra til en fremtidsrettet norsk industri. Vi skal se nærmere på dette.

HVOR ER MORGENDAGENS VINNERE?

Regjeringens mål er at Norge skal bli en av de ledende, innovative, dynamiske og kunnskapsbaserte økonomier. Det skal skje innenfor de områder hvor vi har naturgitte forutsetninger, kompetanse og ekspertise, og hvor vi allerede

⁴⁷ Meld. St. 39 (2012-2013)

har utviklet ledende klynger og teknologimiljøer.⁴⁸ Regjeringen har tidligere pekt på områdene energi, miljø, reiseliv, marin og maritim sektor som satsinger i næringspolitikken. I den nye næringsmeldingen fremheves i tillegg IKT og helse- og velferd.

Samtidig understrekes det at Norge har en rekke globalt ledende bedrifter innen teknologi- og verkstedindustrien. Disse leverer skreddersydde, høyteknologiske produkter innen blant annet mikroelektronikk, forsvarsmateriell og bildeler.

Et spørsmål som da melder seg er om morgendagens vinnere befinner seg utenfor de store satsingsområdene,⁴⁹ og i større grad enten vil springe ut fra små, teknologitunge virksomheter eller fra nye gründervirksomheter?

Flere av de virksomheter i Norge som ligger lengst fremme i offensiv bruk ny teknologi kan ikke automatisk plasseres i sektorer der Norge kan sies å ha særlige fortrinn. Produksjon av møbler, utstyr til landbruket, delproduksjon for bil- og flyindustrien, samt produksjon av varmtvannsberedere er eksempler på dette.

Regjeringen påpeker i Næringsmeldingen at mange av bedriftene vi skal leve av om 20 år ennå ikke er etablert. «Nye bedrifter vil utkonkurrere og erstatte dagens bedrifter og bidra til høyere produktivitet og økt lønnsomhet.» (s. 14). Dette samsvarer med analysene i kapittel 2 og 3 ovenfor, hvor et hovedpoeng er at ny teknologi kan endre premissene for hvilke næringsområder som vil kunne være konkurransedyktige i fremtiden.

For et teknologitunt og fremtidsrettet norsk næringsliv er det svært viktig å bevare og videreutvikle kompetansen til de høyteknologiske virksomhetene utenfor sektorer der Norge har særlige fortrinn. Et for ensidig fokus på næringer som allerede er sterke vil kunne være en fallgrube. Den nye næringsmeldingen mangler imidlertid en grundigere analyse av hvilken betydning de høyteknologiske virksomhetene kan få for videreutviklingen av norsk industri. Meldingen fremstår som noe tvetydig i forhold til hvilke næringer og typer virksomheter vi bør satse på. Det ville også vært ønskelig med en grundigere

⁴⁸ Meld. St. 39 (2012-2013), se f.eks. s. 9, 12 og 99

⁴⁹ Vi tenker her på de maritime næringer, energi, miljø, reiseliv, marine næringer, samt IKT og helse- og velferd

analyse av hvilke politiske grep er aktuelle for å opprettholde og videreutvikle kompetansen og produksjonskapasiteten til i disse virksomhetene.

HVORDAN FREMME OFFENSIV BRUK AV TEKNOLOGI?

Regjeringen understreker i næringsmeldingen viktigheten av en offensiv tilnærming til bruk av ny teknologi. Det vil være avgjørende for at norsk industri skal opprettholde konkurransekraftig produksjon, og for at norske virksomheter kun kan være konkurransedyktige i kraft av kvalitet i produkter og tjenester. Det påpekes at ny teknologi, nye arbeidsformer og nye produksjonsprosesser gjør mange arbeidsoppgaver mer avanserte og kunnskapsintensive.

Næringsmeldingen fremhever verdien av automasjon, og at økt bruk av roboter kan gjøre det mulig med masseproduksjon også i høykostland.

«Med en offensiv tilnærming til bruk av ny teknologi kan en samlet vurdering som omfatter blant annet fraktkostnader, kontroll i forsyningskjeden og en etablert kompetansebase hjemme, gjøre at bedriftene finner det lønnsomt å flytte produksjonen hjem.»⁵⁰

Meldingen tar dermed opp deler av de problemstillinger vi har adressert ovenfor. Det er positivt, men meldingen gir ingen nærmere vurdering av hvordan automatisering kan bidra til en fremtidsrettet norsk industri, og hvordan norske myndigheter vil fremme økt bruk av automasjon. Meldingen diskutere heller ikke 3D-printere og hvilken betydning de kan ha for utvikling av produksjonsprosesser.

Når det gjelder betydningen av digitalisering, så pekes det på den generelle betydningen av IKT for bedring av produktivitet og for utvikling av forretningsprosesser. Man understreker at IKT har vært viktig for utviklingen innen blant annet sensorer og robotikk. Behovet for spesialistkompetanse knyttet til utvikling og bruk av IKT fremheves, og regjeringen varsler at den vil legge frem en FoU-strategi for IKT.

Det er positivt at regjeringen er opptatt av den betydning IKT har for andre næringer. Meldingen gir likevel et inntrykk av at hovedfokus er på IKT som

⁵⁰ Meld. St. 39 (2012-2013), s. 144

selvstendig næring. Dette underbygges av at meldingen ikke drøfter den grunnleggende betydningen digitaliseringen har hatt og vil fortsette å ha for industriell virksomhet, slik vi har gjort i kapittel 2 ovenfor. Meldingen drøfter heller ikke potensialet i den type nye forretningsmodeller som for eksempel Quirky og Designcrowd. Det ville vært ønskelig med en grundigere analyse av disse problemstillingene. Slike analyser bør inngå i den varslede FoU-strategien for IKT.

I meldingen gjøres det et poeng av at både egen og konkurrenters teknologitilnærming kan medføre både vekst og fall for enkeltbedrifter og for hele næringer. Dette samsvarer med argumentene i kapittel 4.1 ovenfor. Videre understrekes det at norsk teknologi-, leverandør- og verkstedindustri er avhengig av kontinuerlig kompetanseheving og omstilling. «Dreiningen mot produksjon av høyteknologiske produkter er i stor grad et resultat av vellykkede omstillinger bort fra tradisjonell verkstedsindustri og over mot produksjon av nisjeprodukter.» (s.24). Det understrekes så at opprettholdelse og videreutvikling av teknologisk kompetanse vil være avgjørende for denne industrien. Dette samsvarer med vår analyse.

Næringsmeldingen mangler imidlertid en grundigere analyse av hvordan den nødvendige teknologiske kompetansen kan sikres. Viktigheten av et godt virkemiddelapparat understrekes,⁵¹ men meldingen kunne vært mer spesifikk med hensyn til hvordan norske myndigheter skal bidra til å sikre at virksomheter i fremtiden skal ha nødvendig kompetanse om moderne produksjonsteknologi og -systemer.

Det ville også vært interessant med en grundigere redegjørelse for hvordan norske myndigheter ser på koblingen mellom innovasjons- og produksjonskompetanse, og hvordan bruken av ny produksjonsteknologi vil påvirke dette forholdet (jf. resonnementet på s. 48 ovenfor).

Hvis Norge skal bli en ledende, innovativ, dynamisk og kunnskapsbasert økonomi innenfor prioriterte områder, må vi være oppdaterte på den teknologiske utviklingen og kontinuerlig søke ny kunnskap. Selv om næringsmeldingen i en viss grad dekker de temaer som er drøftet i kapittel 2 og 3 ovenfor, fremstår

⁵¹ Meldingen peker på flere ulike virkemidler, som Brukerstyrt innovasjonsarena (BIA) fra Norges forskningsråd, Skattefunn fra Innovasjon Norge og bidrag fra SIVA (Selskapet for industrivekst).

det ikke som et hovedanliggende for regjeringen å sikre en avansert, fremtidsrettet norsk industri. På visse punkter peker meldingen i riktig retning, men den burde inneholdt en grundigere analyse av hvordan vi i Norge skal kunne hente ut det fulle potensialet som ligger i bruk av mer avansert teknologi innen industriell produksjon, og hva myndighetene kan og bør gjøre for å støtte opp om slik utvikling.

Regjeringen understreker i næringsmeldingen at den er opptatt av å lære av politikkutviklingen som skjer internasjonalt. Meldingen inneholder imidlertid verken en analyse av den internasjonale utviklingen på dette feltet, eller av hvilke grep myndighetene i andre land tar for å sikre best mulig kunnskap og en mest mulig fremtidsrettet industri. Vi skal se at myndighetene i toneangivende land viser en større bevissthet om og systematisk tilnærming til hvordan man skal skape en mest mulig fremtidsrettet industri.

4.3 HVA GJØR ANDRE LAND?

En studie av hva som gjøres i USA, England, Tyskland og Danmark viser at disse har satt industripolitikken høyt på dagsorden, og gjennomfører omfattende tiltak for å lære mer om den nye industriens muligheter og utfordringer.

USA

I «State of the Union»-talen i januar 2013 løftet president Obama industripolitikk høyt opp på den politiske dagsorden. Han koblet amerikanske virksomheters økende homeshoring av industri med utviklingen innen nye produksjonsteknologier og arbeidet med å sikre og skape arbeidsplasser:

“Our first priority is making America a magnet for new jobs and manufacturing. After shedding jobs for more than 10 years, our manufacturers have added about 500,000 jobs over the past three. ... There are things we can do, right now, to accelerate this trend. Last year, we created our first manufacturing innovation institute in Youngstown, Ohio. A once-shuttered warehouse is now a state-of-the-art lab where new workers are mastering the 3D printing that has the potential to revolutionize the way we make almost every-

*thing. ... I'm announcing the launch of three more of these manufacturing hubs... And I ask this Congress to help create a network of fifteen of these hubs and guarantee that the next revolution in manufacturing is Made in America.”*⁵²

Bakteppet for Obamas tale er tydelig. USA mistet 41 % av sysselsettingen innen «manufacturing» fra toppen i 1979 til bunnen ble nådd i desember 2009.⁵³ Utviklingen var særlig negativ i perioden 2000 til 2009, da 31.2 % av jobbene innen «manufacturing» forsvant. Likevel er dette en svært viktig sektor, som sysselsetter ca. 11.5 millioner mennesker.⁵⁴ Arbeidet med å bevare og skape flere nye jobber står høyt på den politiske dagsorden i USA.

Obama-administrasjonen har en omfattende plan for å stimulere utviklingen av industriell produksjon i USA, og gjøre USA til en «magnet» for nye jobber.⁵⁵

- For å styrke konkurransekraften til amerikansk industri og akselerere innovasjon i produksjonsteknologi og -prosesser er det for 2014 bevilget 1 milliard dollar til nettverket av 15 innovasjonssentre for industriell produksjon.⁵⁶
- Etableringen av «The Advanced Manufacturing Partnership» (AMP).⁵⁷ Dette er en nasjonal satsning for å få industri, universiteter og nasjonale myndigheter til å samarbeide om strategiske investeringer i ny teknologi, for å skape det som omtales som “high-quality manufacturing jobs” og for å styrke konkurransekraften til amerikanske virksomheter på globale markeder. AMP ble etablert på bakgrunn av en spesialutredning som understreket viktigheten av å forbedre teknologier, produkter og prosesser innen all amerikansk industriell produksjon.⁵⁸

⁵² www.whitehouse.gov/state-of-the-union-2013

⁵³ Helper, Kruger and Wial (2012). «Manufacturing» omfatter her produksjon av en lang rekke produkter, innen blant annet tobakk, tekstil, papir-produkter, kjemiske stoffer, maskinelt utstyr, møbler, hvitevarer m.fl. Full liste finnes hos US Bureau of Labour Statistics.

⁵⁴ US Bureau of Labour Statistics (2013a).

⁵⁵ Se www.whitehouse.gov, factsheet om Obamas plan for å gjøre USA til “en magnet for nye jobber”.

⁵⁶ Budget of the United States Government, Fiscal Year 2014, s. 8.

⁵⁷ www1.eere.energy.gov/manufacturing/amp/

⁵⁸ President’s Council of Advisors on Science and Technology (2012)

- Økt føderal støtte til forskning og utvikling rettet mot innovative og avanserte teknologier til bruk innen industriell produksjon.
- Etablering av et fond for å støtte lokale høyskoler i arbeidet med å utdanne/videreutdanne industriarbeidere til jobber innen avansert industri.
- Redusere skatt for virksomheter innen industriell produksjon for med det å stimulere innovasjon og investeringer i USA.
- Flere tiltak for små og mellomstore bedrifter for at de skal kunne gjennomføre nyansettelser og vokse.⁵⁹
- Tiltak for å redusere handelsbarrierer og åpne nye markeder for produkter produsert i USA.

Det er interessant at Obama-administrasjonen så eksplisitt kobler fremveksten av ny teknologi med arbeidet for å skape flere arbeidsplasser og for å være verdensledende innen industriell produksjon.

Obamas nye industripolitikk må også sees i sammenheng med utviklingen beskrevet i kapittel 2 og 3 ovenfor: amerikanske selskapers økende interesse for å flytte produksjon hjem fra lavkostland. Amerikanske virksomheter ligger langt fremme i å utvikle nye forretningsmodeller basert på crowdsourcing, og selskaper i USA er sentrale i utviklingen av nye industriroboter, 3D-printere, og ikke minst i den digitaliseringen som setter stadig sterkere preg på produksjonssfæren.

Det er rimelig å anta at utviklingen innen amerikansk politikk og industri vil bidra til at den teknologiske utviklingen beskrevet ovenfor vil skyte fart i årene som kommer.

UK

I 2011 lanserte den britiske regjeringen sin «Plan for Growth». Planen er ment å være et viktig virkemiddel for å motvirke ytterligere reduksjoner i sysselsettingen og for å opprettholde velferden.⁶⁰ I strategien fremheves «Advanced

⁵⁹ Et kort innblikk gis i The American Jobs Act på www.whitehouse.gov

⁶⁰ Department for Business, Innovation and Skills (2011)

manufacturing» som én av åtte sektorer hvor det er særlig viktig å fjerne barrierer mot vekst. Samtidig vektlegges det at fremtidig vekst i sektoren er helt avhengig av at britiske virksomheter klarer å designe og produsere «high value products». Det pekes også på den betydning nytt maskinelt utstyr og programvare har hatt for utviklingen innen sektoren. I etterkant har flere initiativ blitt tatt, blant annet:

- “The Advanced Manufacturing Supply Chain Initiative”⁶¹ ble etablert i 2011 for å støtte innovative prosjekter knyttet til utviklingen av bedre forsyningslinjer for avansert industriell produksjon. Det ble bevilget 125 millioner pund i 2011 og 120 millioner pund i 2012.
- Prosjektet «The Future of Manufacturing» er et foresight-prosjekt som ledes av det statlige «Foresight»-programmet.⁶² Prosjektet skal se på industriell produksjon frem mot 2050, og undersøke globale trender og hvilke forhold som driver utviklingen innen denne sektoren.
- The Technology Strategy Board er et offentlig organ for å fremme innovasjon. Det har «High value manufacturing» som et av sine fokusområder. Formålet er å sikre at avansert industriell produksjon kan være en driver for økonomisk vekst i England.⁶³

I oktober i fjor lansert den britiske regjeringen i tillegg et forskningsprogram på 7 millioner pund for «innovation in additive manufacturing». Ved lanseringen av programmet sa ministeren for universiteter og vitenskap følgende:

“3D printing technologies offer huge potential for UK businesses to compete successfully by embracing radically different manufacturing techniques that could be applied across a wide variety of global market sectors, from aerospace to jewellery.

We believe this new investment will help UK companies make the step change necessary to reach new markets and gain competitive advantage. Building on £20 million of previous Technology Strate-

⁶¹ www.innovateuk.org

⁶² www.bis.gov.uk/foresight/our-work/projects

⁶³ www.innovateuk.org

gy Board support for additive manufacturing innovation, it will help secure more of this game-changing high value activity for the UK, driving economic growth and enhancing quality of life.”⁶⁴

Det er for tidlig å konkludere med hvilken effekt tiltakene i Storbritannia vil ha for å styrke industriell produksjon og sikre den økonomiske veksten som regjeringen ønsker. Det er likevel liten tvil om at britiske myndigheter anser styrkingen av den industrielle produksjonen som en vesentlig faktor i dette arbeidet, og at man er fullt klar over betydningen av den teknologiske utviklingen som pågår.

TYSKLAND

Tyskland regnes av mange som et foregangsland innen industriell produksjon, med produksjon av bilmerker som Mercedes, Volkswagen, BMW og Opel. I tillegg finnes blant annet elektroteknologi, kjemisk og finmekanisk industri. Som nevnt i kapittel 3 er Tyskland, sammen med Sør-Korea og Japan, det landet i verden med flest industriroboter per ansatt innen industriell produksjon. Landet har også et titalls virksomheter som utvikler 3D-printere, som EOS⁶⁵ og ConceptLaser⁶⁶. Flere av selskapene opplever sterk vekst, bl.a. har EOS doblet omsetningen siste 3 år, til 105 millioner euro.

Tyskland har klart seg bra gjennom den økonomiske krisen, til tross for at lønnskostnadene innen industriell produksjon er 30 % høyere enn i USA. Ansatte innen produksjonssfæren utgjør 20 % av den samlede arbeidsstokken, mot drøye 10 % i USA.⁶⁷

Tyske myndigheter er klar over de nye kravene til industriell produksjon og over utviklingen innen 3D-printing/additive manufacturing. Den tyske regjeringen sier på sine nettsider:

“There are two trends emerging with regard to the future demands of the market on manufacturing companies. Firstly, consumers want ever more complex products at the lowest possible prices. Short product cycles and wide variety of products require a highly

⁶⁴ www.innovateuk.org

⁶⁵ www.eos.info

⁶⁶ www.concept-laser.de

⁶⁷ US Bureau of Labour Statistics (2013b)

*flexible production system. Secondly, there is the increasing involvement of the end user in the development of individual components which are produced at the touch of a button....Additive manufacturing processes such as the 3D laser printer are an outstanding current example of the new possibilities that the photonics toolbox brings to production.”*⁶⁸

For å støtte opp om utviklingen av teknologi for 3D-printing bevilget det tyske forsknings- og utdanningsministeriet i mars i år 30 millioner Euro (ca. NOK 240 millioner) til prosjektet «Photonic Process Chains». Her skal man se bruken av 3D-printere i et bredere perspektiv der hele verdikjeden i produksjonsprosessen inngår. Man har også igangsatt et prosjekt for å få studenter til å interessere seg for dette temaområdet.⁶⁹

Tyske myndigheter har også utarbeidet strategi for høy-teknologisk produksjon i Tyskland.⁷⁰ Strategien skal blant annet sikre innovasjon i Tyskland og gjøre landet enda mer attraktivt for FoU-intensive virksomheter. Et av temaene som ble drøftet var «Industri 4.0». Fokus er hvordan tysk industri bør innrettes for fortsatt å være verdensledende i årene som kommer. I sluttrapporten går man nøye gjennom hvordan ny produksjonsteknologi, bruk av internett og kraftige digitale hjelpemidler grunnleggende vil endre hvordan industriell produksjon gjennomføres i fremtiden.⁷¹ Det legges betydelig vekt på hvordan alle faser fra design, via produksjonsplanlegging til selve produksjonen og salg vil bli mer sømløst knyttet sammen. Vi vil få et «internett av maskiner, mennesker og tjenester», i det som man i rapporten referer til som «Cyber-Physical systems».

Det pekes også på hvordan 3D-printing og andre nye produksjonsteknologier vil gjøre produksjonsprosesser med fleksible og skape nye forretningsmodeller. Kunden vil bli mye tettere involvert i prosessen, for å skape unike produkter tilpasset kundens behov:

“Industrie 4.0 allows individual, customer-specific criteria to be included in the design, configuration, ordering, planning, manufac-

⁶⁸ Departementet for utdanning og forskning (2013), www.bmbf.de. Prosjektet er særlig rettet mot bruk av lys til å printe metall.

⁶⁹ Ibid.

⁷⁰ «The Hight Tech Strategy for Germany», se: www.bmdf.de.

⁷¹ National academy of science and engineering (2013).

*ture and operation phases and enables last-minute changes to be incorporated. In Industrie 4.0 it is possible to manufacture one-off items and have very low production volumes (batch size of 1) whilst still making a profit.*⁷²

I rapporten fremmes en rekke forslag til politikkutvikling og videre utredningsarbeid. Disse er knyttet til blant annet kompetansekrav for industriarbeidere, behovet for etablering av nødvendig digital infrastruktur, etableringen av et veikart mot fremtidens industri, og forskning på hvordan arbeidets innhold og organisering bør se ut. I tillegg er man opptatt av hvordan digitaliseringen av produksjonssfæren vil reise nye spørsmål om blant annet immaterielle rettigheter.

I lys av Tysklands allerede sterke industrielle kapasitet og evne til industriell nytenkning, er det grunn til å tro at den tyske innsatsen vil bidra til å akselerere utviklingen av fremtidens industri. Det vil trolig få konsekvenser internasjonale konkurranseforhold og for den teknologiske utviklingen.

DANMARK

Danmarks regjering har etablert en produktivitetskommisjon. Kommisjonen skal blant annet undersøke årsakene til den relativt lave danske produktivitsveksten siden midten av 1990-tallet, og foreslå tiltak for å bedre produktiviteten blant annet innen industriell produksjon.⁷³ Kommisjonen skal legge frem sin sluttrapport innen utgangen av inneværende år, men har allerede påpekt den betydning automatisering har for produktivitsveksten innen industrien.⁷⁴ Ut fra kommisjonens mandat er det grunn til å tro at dette vil bli nærmere omtalt i sluttrapporten. Denne fremlegges ved utgangen av 2013.

Også i Danmark er man opptatt av hvordan automatisering kan bidra til å opprettholde og styrke konkurranseevnen innen industriell produksjon. Det såkalte AIM-prosjektet studerer hvor stort potensial økende automatisering har for å bedre konkurranseevnen til danske produksjonsvirksomheter.⁷⁵ Bakgrunnen for prosjektet er observasjonen av at blant annet svenske og tyske

⁷² Acatec (2013), s. 15.

⁷³ Produktivitetskommissionen.dk

⁷⁴ Produktivitetskommissionen (2013)

⁷⁵ www.aim-projekt.dk. AIM står for Avanceret automations investerings model. Prosjektet ledes av blant annet det danske Teknologiske institutt, Universitet i Ålborg og Industriens Fond.

konkurrenter har langt høyere grad av automatisering av sin industrielle produksjon, og at det svekker konkurransekraften til danske virksomheter.

En foreløpig konklusjon fra AIM-prosjektet er at konkurranseevnen til de danske virksomhetene kan bedres med 15 % gjennom økt automatisering.

EN INSPIRASJONSKILDE FOR NORSKE MYNDIGHETER

Det ovenstående er ikke en uttømmende analyse. Det gir likevel et innblikk i hva som gjøres i land som er viktige konkurrenter for norsk industriell virksomhet.

Inntrykket er helt klart at myndighetene i USA, Tyskland, England og Danmark er tettere på hvordan den teknologiske utviklingen og globale forhold driver industriell produksjon fremover, og på hvilke muligheter og utfordringer dette reiser.

I disse landene er politikk for avansert produksjon løftet høyt på den politiske dagsorden, og man er svært på opptatt av den betydning avansert produksjon vil ha for konkurransekraft. I tillegg har USA, England og Tyskland tatt bevisste grep for å undersøke potensialet i og bygge kompetanse om bruken av 3D-printere og «additive manufacturing». Tiltakene spenner vidt og omfatter blant annet:

- Forskningsprosjekter om blant annet bruk av 3D-printere, mer automatisert produksjon, nye verdikjeder og om hvordan de nye teknologiene kan påvirke produktivitet.
- Foresight-prosjekt om fremtidens industrielle produksjon.
- Utarbeidelse av strategier for fremtidens industri.
- Etablering av kompetansesentra for bruk av avansert produksjonsteknologi.
- Særskilte støtteordninger til virksomheter som satser på utvikling og/eller bruk av avansert produksjonsteknologi.

Disse landenes tilnærming til fremtidens avanserte industri bør være en viktig inspirasjonskilde for norske myndigheter.

4.4 HVA BØR NORSKE MYNDIGHETER GJØRE?

Hvis Norge skal bli en ledende, innovativ, dynamisk og kunnskapsbasert økonomi innenfor prioriterte områder, må vi være oppdaterte på den teknologiske utviklingen og kontinuerlig søke ny kunnskap. Vi trenger et bedre kunnskapsgrunnlag for en politikk for fremtidens avanserte industri.

Næringsmeldingen har ingen plan for hvordan norsk industri, norske myndigheter og utdanningsinstitusjoner skal møte den utviklingen vi ser. Land vi sammenlikner oss med er imidlertid i ferd med å utvikle slike planer. For å fremme utviklingen av fremtidens industri, mener derfor Teknologirådet at norske myndigheter bør vurdere følgende tiltak:

En analyse av «best practice». Flere norske industribedrifter benytter avansert produksjonsteknologi. Hva kan vi lære av virksomheter som OZO Hotwater, Ekornes, Kværneland, Kleven industrier og GKN Aerospace Norway (tidligere Volvo Aero Norge)? Hvordan bruker de avansert produksjonsteknologi, og hvilken betydning har teknologien for deres konkurransekraft? Hvordan fornyer de sin kunnskap om produksjonsteknologi? Hvilke krav stiller bruk av avansert teknologi til ingeniører, ledelse, produksjonsplanlegging osv.?

En bred kartlegging av norsk industri generelt. Vi trenger en bredere innsikt i bruken av produksjonsteknologi i norsk industri i dag. En slik analyse bør kartlegge:

- Bruken av automatisert produksjon innen norsk industri.
- Potensialet for å effektivisere produksjonen gjennom økt automatisering.
- Hvor integrert 3D-printere og moderne IKT er i norske industribedrifters produktutviklings- og produksjonsprosesser.
- Virksomhetenes planer for å oppgradere sin maskinpark og for å øke bruken av ny og mer avansert produksjonsteknologi.
- Virksomhetenes behov for å oppdatere sin kunnskap om bruk av moderne produksjonsteknologi.
- Hvilke barrierer virksomhetene ser som de største mot å kunne være verdensledende på bruk av avansert produksjonsteknologi innen sine felt/sektorer.

Et foresightprosjekt, på linje med prosjektet «The Future of Manufacturing» som gjennomføres i England. Prosjektet bør analysere hvordan utviklingen innen avansert industri kan bli i årene som kommer. Hva driver utviklingen fremover, hvilke muligheter og utfordringer reiser seg? En slik analyse vil være viktig fordi den teknologiske endringstakten er så høy. Hvis man bare fokuserer på dagens situasjon, risikerer man at tiltak og politikkutvikling ikke blir fremtidsrettede nok.

Stimulere til økt samarbeid mellom forskning, industri og myndigheter, slik det gjøres gjennom «The Advanced Manufacturing Partnership» i USA. Formålet vil være å øke kompetansen om avansert industriell produksjon, utvikle mer konkurransedyktige virksomheter, og å skape best mulig vekstvilkår også for nye og mindre virksomheter. Kunnskapsoverføring og erfaringsutveksling mellom produksjonsbedrifter med ulik grad av avansert produksjon og innen ulike sektorer vil være viktig. Det vil også formidling av kunnskapsbehov fra industri til forskningsmiljøer være, sammen med spredning av forskningsresultater til industrien. Identifisering av områder med særlig behov for offentlig støtte vil være ytterligere en målsetting.

Et digitalt kompetanseløft for industrien. Fremtidens industriarbeider må ha høy digital kompetanse for å kunne spille på lag med den mest avanserte produksjonsteknologien. Den tyske studien «Industrie 4.0» illustrerer dette godt. Vi må legge til rette for at norske industriarbeidere har riktig kompetanse. Formålet med et digitalt kompetanseløft vil være å sikre at industriarbeidere har den nødvendige kompetansen. Kompetanseløftet bør rettes både mot industriarbeidere som er i jobb i dag, og mot utdanningssystemet. Utdanningsinstitusjonene bør kunne tilby undervisning i bruk av 3D-printere, avanserte roboter, avanserte digitale styringssystemer og hvordan digitale hjelpemidler kan skape nye forretningsmodeller. Et slikt løft bør også ha som mål å stimulere flere til å ville jobbe med design, produktutvikling og produksjon.

En forskningssatsing. Vi trenger et oppdatert kunnskapsgrunnlag for utviklingen av fremtidens industri. Det må blant annet omfatte nødvendig kunnskap om ny teknologi, nye produksjonsformer og verdikjeder. En vurdering av egne innovasjons- eller forskningsprogrammer bør inngå i kartleggingen. Satsingen bør trekke på resultatene fra analysen av dagens norske industri.

REFERANSELISTE

DOKUMENTER FRA NASJONALE MYNDIGHETER

Department for Business, Innovation and Skills (2011): *The Plan for Growth*. London.

Executive Office of the President, President's Council of Advisors on Science and Technology (2012): *Report to the President on capturing domestic competitive advantage in advanced manufacturing*. Washington, DC.

Federal Ministry of Education and Research (2013): *Photonic process chains - the dawning of a new age in production*. Nettpublikasjon på www.bmbf.de.

Meld. St. 39 (2012-2013): *Mangfold av vinnere*. Melding til Stortinget. Oslo.

Meld. St. 12 (2012-2013): *Perspektivmeldingen*. Melding til Stortinget. Oslo.

Meld. St. 24 (2011-2012): *Finansmarknadsmeldinga*. Melding til Stortinget. Oslo.

National academy of science and engineering (2013): *Securing the future for German manufacturing industry – Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRI 4.0*. Frankfurt.

The White House (2013): *State of the Union 2013*. Washington, DC.

The White House (2013). *The President's Plan to Make America a Magnet for Jobs by Investing in Manufacturing*. Press release, February 13, 2013. Washington, DC.

The White House (2013): *Budget of the U.S. Government, Fiscal Year 2014*. Washington, DC.

The White House (2011): *The American Jobs Act*. Washington, DC.

U.S. Bureau of Labor Statistics (2013a). *Industries at a Glance. Manufacturing*. NAICS 31-33. Washington, DC.

US Bureau of Labour Statistics (2013b): *International Unemployment Rates and Employment Indexes, Seasonally Adjusted, 2009-2013*. Washington, DC.

PUBLIKASJONER

Anderson, Chris (2006). *The Long Tail: Why the Future of Business Is Selling Less of More*. New York: Hyperion.

Anderson, Chris (2012). *Makers: The New Industrial Revolution*. New York: Crown Business.

Boston Consulting Group (2012). *Press release*. 20. april. Finnes på www.bcg.com

Boston Consulting Group (2011). *Made in America, Again*. Finnes på www.bcg.com

Brynjulfson, Eric and Andrew McAfee (2012): *Race Against The Machine: How the Digital Revolution is Accelerating Innovation, Driving Productivity, and Irreversibly Transforming Employment and the Economy*. Digital Frontier Press.

Friedmann, Thomas L. (2005): *The World is Flat. A Brief History of the Twenty-first Century*. Farrar, Straus & Giroux. New York.

Friedmann, Thomas L. (2013): *It's P.Q. and C.Q. as Much as I.Q.* New York Times, 29. Januar 2013.

Helper, Susan, Timothy Krueger, and Howard Wial (2012): *Why Does Manufacturing Matter? Which Manufacturing Matters? A Policy Framework.* Brookings institute, Februar 2012, Washington DC.

Immelt, Jeffrey (2012): *On Sparking an American Manufacturing Renewal.* Harvard Business Review, March 2012.

International Federation of Robotics (2012a): *History of Industrial Robots. From the first installation until today.* www.ifr.org.

International Federation of Robotics (2012b): *Industrial robots 2012. Statistics, market analysis, forecasts and case studies.* www.ifr.org.

Mannoor, Manu, Ziwen Jiang, Teena James, Yong Lin Kong, Karen A. Malatesta, Winston O. Soboyejo, Naveen Verma, David H. Gracias, and Michael C. McAlpine (2013): *3D Printed Bionic Ears.* NanoLetters, May 1, 2013. American Chemical Society.

Meccano Magazine (1938). *An automatic block-setting crane. Meccano model controlled by robot unit.* Vol 22, nr.3, March 1938.

Norsk Industri (2013). *Konjunkturrapport.* Oslo.

PåSpissen (2013): *Backsourcing: Produksjonen hentes hjem.* Nr. 3, 2013.

Teknologirådet (2009): *Plan B. Verdiskaping for lavutslippsøkonomien.* Oslo.

Teknisk ukeblad (2012): *Kleven flytter stålproduksjonen hjem.* Nettpublikasjon.

The Atlantic (2012): *The Insourcing Boom.* December issue.

Wohlers (2013): *Wohlers Report 2013. Additive Manufacturing and 3D Printing State of the Industry.* Wohlers Associates, Colorado, USA.

OMTALTE NETTSIDER:

Advanced manufacturing partnership, USA:

www1.eere.energy.gov/manufacturing/amp

AIM-prosjektet i Danmark: www.aim-projekt.dk

Concept Laser: www.concept-laser.de

Kongsberg TeroTech: www.terotech.no

Produktivitetskommissionen i Danmark: produktivitetskommissionen.dk

The Advanced Manufacturing Supply Chain Initiative, UK:

www.innovateuk.org

EOS: www.eos.info/en

Foresight UK: www.bis.gov.uk/foresight

Urbee, 3D-printet karosseri: www.urbee.net

3D-printet hus: www.dezen.com

3D-printet hus i betong: www.contourcrafting.com

3D-printet protese: www.bespokeinnovation.com

3D-printing av deler til flymotor: lib.bioinfo.pl/projects/view/22292

3D-printet pistol: www.defdist.com

Amerikansk lovforslag mot 3D-printede våpen:

www.govtrack.us/congress/bills/113/hr1474/text

3D-printet modellfly: www.newscientist.com

3D-printet gitar: www.cubify.com

3D-printet kjole: www.psfk.com

3D-printet sykkel: www.eads.com

3D-printing av kjemiske substanser: www.chem.gla.ac.uk/cronin/

Nano 3D-printing ved det tekniske universitetet i Wien, Østerrike:

amt.tuwien.ac.at/projekte/2pp/

www.sfinorman.no: Senter for forskningsdrevet innovasjon.

Shapeways: www.shapeways.com

Designcrowd: www.designcrowd.com