

Asbjørn Rolstadås,
Arne Krokan,
Lars Thomas Dyrhaug (red.)

TEKNOLOGIEN ENDRER SAMFUNNET



FAGBOKFORLAGET

**TEKNOLOGIEN
ENDRER
SAMFUNNET**

Asbjørn Rolstadås,
Arne Krokan,
Lars Thomas Dyrhaug (red.)

TEKNOLOGIEN ENDRER SAMFUNNET



NORGES TEKNISKE VITENSKAPSAKADEMI



FAGBOKFORLAGET

Copyright © 2019 by
Vigmostad & Bjørke AS
All Rights Reserved

1. utgave 2017

ISBN: 978-82-450-3038-9

ISBN (trykt): 978-82-450-2297-1

Tilrettelagt for e-bok: John Grieg, Bergen

Forsidedesign ved forlaget

Forsideillustrasjon: © Shutterstock/pzAxe

Spørsmål om denne boken kan rettes til:

Fagbokforlaget

Kanalveien 51

5068 Bergen

Tlf.: 55 38 88 00 Faks: 55 38 88 01

e-post: fagbokforlaget@fagbokforlaget.no

www.fagbokforlaget.no

Materialet er vernet etter åndsverkloven.

Uten uttrykkelig samtykke er eksemplarfremstilling
bare tillatt når det er hjemlet i lov eller avtale med
Kopinor.

BAKGRUNN OG MÅLGRUPPE FOR BOKA

Torbjørn Digernes

Norges Tekniske Vitenskapsakademi – NTVA – har som ett hovedformål å opplyse om ny teknologi og, gjennom diskusjon av teknologien, gjøre teknologien forståelig for et stort norsk publikum.

Ideen til å lage boken du nå holder i hånden, kom samtidig som NTVA våren 2016 avholdt en spennende møterekke i Trondheim med fellestemaet «Teknologien endrer samfunnet».

Dess mer vi i akademiet diskuterte situasjonen og utviklingsbildet, i dess større utstrekning ble det klart for oss at vi nå står ved begynnelsen av en historisk teknologibølge som i de kommende årene vil tilta merkbart i styrke. Vi er inne i en tid hvor historikere i ettertid vil si at det her skjedde ett av de store historiske skifter. En forståelse for teknologiendringer og den innflytelsen disse har på samfunnet, er selvfølgelig svært viktig for alle.

I 2015 – rett etter at Tysklands forbundskansler Angela Merkel hadde uttalt at hun ønsket en økonomi som kunne smelte sammen realøkonomien med den digitale økonomien – startet OECD prosjektet Enabling

the Next Production Revolution. Målet var å identifisere effektene av et knippe nye teknologier som var ventet å spille en avgjørende rolle frem mot 2030. Det gjaldt særlig automatisering og digitalisering, men også anvendelse av bioteknologi og nanoteknologi. OECD-prosjektet ble senere skalert opp. I mai 2017 forelå det en rapport som klart sier at problemet nå ikke er utviklingen av ny teknologi – som skjer stadig raskere. Utfordringen er spredningen til alle de miljøene som bør ta i bruk de nye teknologiene, spesielt de mange små og mellomstore bedriftene og virksomhetene.

Målgruppen for vår bok er alle samfunnsengasjerte mennesker. Men det gjelder særlig alle personer som sitter i besluttede posisjoner innenfor offentlig og privat virksomhet. Teknologiutviklingen er viktig for alle dem av oss som er yrkesaktive og for dem som er omsorgspersoner. NTVA ser at vi står overfor teknologidrevne endringskrefter som vil påvirke samfunnet sterkt – vi er blant dem som ønsker å gå på «historiens største tog», og ikke bare betrakte det fra perrongen.

NY TEKNOLOGI OG MORGENDAGENS ARBEIDSLIV

Mange av de teknologiendringene vi er inne i, og som vi venter at skal komme, vil få store konsekvenser – spesielt i arbeidslivet. En rekke arbeidsoperasjoner kan bli grundig endret via teknikker som digitalisering, kunstig intelligens og robotisering. En del personer kan komme til å oppleve at nesten alt arbeidet de har utført overtas av maskiner, og dette kan tvinge dem til å skaffe seg nye ferdigheter eller skifte arbeidsplass. Noen kan få store problemer med å finne ny jobb. Det gjelder ikke bare innenfor tradisjonelle manuelle yrker, men det vil i like stor grad påvirke administrative oppgaver av mange slag, inkludert saksbehandling som innebærer anvendelse av regler og prosedyrer. Mange av disse oppgavene utføres i dag av folk med høyere utdanning.

Om du selv tilhører dem som ikke opplever at deler av eller hovedtyngden av det arbeidet ditt kan forsvinne på grunn av den nye teknologien, vil du oppleve at hverdagen kan bli en ganske annen og at kravene til å lære seg nye ferdigheter og nye systemer blir store. Det gjelder om du er arbeidstager, kunde eller samarbeidspartner. Det gjelder også om du er forelder eller omsorgsperson – eller er blitt avhengig av andres hjelp.

Mange observatører har uttrykt en frykt for at den nye og effektiviserende teknologien som reduserer behovet for menneskelig innsats, skal medføre stor arbeidsløshet. Det er klart at dersom vi ser på historiske eksempler på effektiviserende omlegninger, har store teknologiendringer ført til arbeidsløshet for mange av dem som har blitt direkte rammet. En sterk og underliggende økonomisk vekst har imidlertid ofte ført til at etterspørselen etter arbeidskraft i løpet av noen år

har blitt større enn da de effektiviserende teknologiene ble innført.

Vi står imidlertid nå sannsynligvis overfor teknologiendringer som er større og mer omfattende enn mange av dem vi kjenner fra historien. For flere tradisjonelle manuelle yrker oppstår det et spørsmål om det ikke vil bli svært vanskelig å finne nye jobber om ikke arbeidstagerne har særlig etterspurte ferdigheter og erfaringer. Det er enklere å se for seg at generalistene og de velutdannede finner seg nye oppgaver og nytt arbeid.

En av de gunstige konsekvensene av ny teknologi har i et historisk perspektiv vært at tjenester og produkter er blitt billigere og mer tilgjengelige. Dette har økt etterspørselen og derved sysselsatt flere. Det er også all grunn til å forvente at ny teknologi gir muligheter for å utvikle kvalitativt nye produkter og nye tjenester som kan skaffe mange et bedre og rikere liv og fordeler for oss alle. Vi snakker om økt velferd.

Det er også mulig å se for seg at produktivitetsvekst som følge av ny teknologi kan gi mulighet for kortere arbeidstid og kanskje lavere pensjonsalder. I en globalisert økonomi vil imidlertid mulighetene for sosiale reformer i stor grad styres av hensynet til et lands internasjonale konkurransekraft.

Det er mange utfordringer knyttet til de globale klimaendringene og bærekraftig utvikling generelt. De tilsier at vi ikke kan skape vekst som forutsetter økt bruk av ikke-fornybare ressurser. Spørsmålet er imidlertid hvilken type vekst vi kan skape. Vekst innenfor sektorer med små klima- og miljøpåvirkninger og forbruk av fornybare og resirkulerbare ressurser vil sette få grenser. En redusert befolkningsvekst i mange

land kan for øvrig tilsi at veksten i antallet arbeidsøkere kanskje ikke stiger like mye som den har gjort i historisk tid.

Selv om ny teknologi kan gi en rekke spennende aktivitetsmuligheter for et stort antall mennesker, vil de også kunne representere endringer som stiller mange personer overfor vanskelige utfordringer.

Det er i et forord som dette verdt å påpeke at det er vanskelig å vite hvordan den nye teknologien vil manifestere seg i samfunnet. Noen av de teknologiene vi i dag ser at vokser frem, vil kunne få langt større innflytelse enn noen av oss i dag kan forestille oss. Som historiske eksempler kan vi trekke frem mobiltelefonen og Internett. Andre teknologier som i dag ansees som meget lovende, vil imidlertid raskt kunne plasseres på historiens skraphaug. Vi bør alle engasjere oss i tenkingen om ny teknologi!

DE MULIGGJØRENDE TEKNOLOGIENE OG INDUSTRI 4.0

Den foreliggende boka konsentrerer seg om de muliggjørende teknologiene: de teknologiene som primært styrker produktivitet og kvalitet i andre prosesser – enten dette dreier seg om produksjon av varer eller tjenester. Det er ingen komplett oversikt vi presenterer, men vi håper at vi har med oss de aller fleste av de nye teknologiene som vil påvirke det kommende tiåret.

De samfunnsmessige endringer som teknologiene kan medføre, er det ikke teknologene som best kan forutse. Det trengs innsikt i mange fagdisipliner for å forstå dette, og ikke minst evnen til å integrere kunnskap på tvers av tradisjonelle disipliner. NTVA har som intensjon å fortsette å belyse muligheter og risiki som

teknologisk utvikling medfører, og vil søke samarbeid med fagfolk fra andre felt enn NTVAs kjernedisipliner for å gjøre dette.

HVORDAN BOKA HAR BLITT SKREVET OG EN TAKK TIL ALLE BIDRAGSYTERE

Den boka som i dag foreligger, er – som mange andre av NTVAs bokprosjekter – et resultat av en storstilt dugnad. NTVA har henvendt seg til et 20-talls fremtredende eksperter som hver for seg har presentert sine fag og arbeidsområder, og de har gitt en vurdering av fremtidsperspektiver innenfor sitt eget felt. For forfatterne har det vært et meget omfattende arbeid, og det er svært mange timer som her er lagt ned på ideell og ubetalt basis. NTVA har invitert mennesker som er medlemmer av akademiet, men også svært mange andre har skrevet kapitler til felles forståelse og fremtidsrettet tenkning. Det har vært en stor ulønnet innsats. Akademiet er svært takknemlig for alle bidragene.

Bak enhver større bokpublisering er det nødvendig å ha engasjerte redaktører. Til å drive frem arbeidet med denne boka har akademiet hatt en redaksjonskomitee på tre medlemmer. Leder har vært Asbjørn Rolstadås. De to andre er Arne Krokan og Lars Thomas Dyrhaug.

Som president og leder av NTVA vil jeg få uttrykke min aller største takk til den store innsatsen som de mange kapittelforfatterne og redaksjonskomiteen har lagt ned. Uten deres helhjertede arbeidsinnsats og ståpå-vilje hadde denne boka aldri blitt til!

INNHOOLD

1. MULIGGJØRENDE TEKNOLOGIER 13

Hvordan oppstår ny teknologi?	13
Teknologi løser behov og gir nye muligheter	13
Teknologien bestemmer hvordan vi organiserer oss ..	14
Teknologien har bestemt hvordan samfunn og arbeidsoppgaver har blitt organisert	15
De neste 10 årene	15
Nye materialer og nye produksjonsformer	17
Teknologiens eksterne effekter	17
Den 4. industrielle revolusjon	18
Ny teknologi og fremtidens arbeidsmarked	18
Forskning og utvikling som grunnlag for vekst	19
Endret samfunnsgrunnlag	20

2. TINGENES INTERNETT23

Hva er tingenes Internett (IoT)?	23
Interessen for IOT øker	24
Lavere kostnad gir økt tilgjengelighet	25
Elektroniske komponenter blir mindre	25
Kommunikasjon blir trådløs	26
Batterier får lengre levetid	26
Datasystemene er smarte og selvlærende	27

Er smarttelefoner en del av IoT?	27
Hvilke utfordringer står vi overfor?	28
Hvor stort tror vi dette blir?	29
Hvilke sektorer blir påvirket	30

3. DIGITALE PENGAR UTAN BANK 31

Kva er Bitcoin og blokk-kjede?	31
Betaling utan tredjepart	32
Bitcoin meir enn pengar	32
Fri programvare og opne standardar	33
Konsensus-basert system	33
Bitcoin som klassisk innovasjon	33
Åtte års modningsprosess	33
Kva er Bitcoins karakteristika?	34
Slik fungerer Bitcoin	34
Sentrale aktørar i Bitcoin-universet	37
Opne og lukka blokk-kjeder	38
Kva er bruksområde for Bitcoin?	39
Tilbake til ei desentralisert framtid?	40
Bitcoin som distribuert plattform	41
Tilbake til eit desentralisert Internett?	42

4.	KUNSTIG INTELLIGENS (AI)	43	7.	PLATTFORMER OG SOSIALE MEDIER	77
	En naturlig plass for kunstig intelligens	43		En plattform er en digital infrastruktur	77
	Kan vi lage intelligente maskiner?	44		Tre generasjoner plattformer	78
	Når begynte vi å snakke om AI?	45		Nye plattformer endrer vår hverdag	79
	Hva ligger bak den nåværende interessen for AI?	45		Plattformer som kultur	81
	Fungerer AI alltid like godt?	46		Skal vi eie eller leie?	82
	Kan AI brukes kreativt?	47		Åpenhet og deling skaper tillit	82
	Hva kan vi vente oss de neste ett til tre år?	47		Plattformer ødelegger hele næringer	84
	Blir maskinene mer intelligente enn menneskene? ...	50		Facebook strammer grepet	85
	Utvikling går fremover, men hvor raskt?	51		Er delingsøkonomien kommet for å bli?	86
5.	VIRTUELL VIRKELIGHET (VR)	53	8.	DIGITAL LÆRING	87
	Virtuell virkelighet skaper interesse	53		Hvorfor har vi klasserom?	87
	Raske fakta rundt VR i dag	53		Hva gjør vi når vi lærer noe?	88
	Kan vi skille fiksjon fra virkelighet?	54		Hvor finner vi digitale læringsressurser?	90
	Hvordan skape en virtuell virkelighet?	55		Konnektivistisk læringsteori	91
	Auditiv teknologi øker virkelighetsoppfatningen	57		Fra industri- til digitalt nettsamfunn	92
	Skjermteknologi avgjør synsinntrykket	57		Vi får ny infrastruktur for læring og kunnskapsutvikling	93
	Teknologi for bevegelsessporing	57		Digitale læringsressurser	93
	Virtuell virkelighet forandrer hverdagen	58		Læring blir adaptiv	94
	Feil uten konsekvenser, repetisjon uten kostnad	60		Kunstig intelligens og automatisk oversettelse	96
	Gradvis eksponering og empati	61		Ny teknologi vil trumfe gammel kultur	96
6.	STORDATA	63	9.	NANOTEKNOLOGI	99
	Hva er stordata?	63		Hva er nanoteknologi?	99
	De tre V-ene beskriver stordata	64		Nanoteknologi benyttes i kommersielle produkter	100
	Hvor finner vi stordata?	66		Hva er framtidens utfordringer?	101
	Hvilke sentrale utviklingstrekk kan vi se?	68		Hvordan kan nanoteknologi gi oss en bedre hverdag?	103
	Mot en datadrevet verden	69		Uvitenhet kan være nøkkelen til suksess	106
	Hva er de viktigste anvendelsene av stordata?	70			
	Utfordringer og etiske problemstillinger	72			
	Hva med fremtiden?	74			

10.**BIOTEKNOLOGI 109**

Molekylærbiologi – genomikk – konvergens: de tre revolusjoner innenfor den moderne bioteknologien.....	109
Teknologiske gjennombrudd som har særlig utviklet bioteknologien slik den er i dag.....	111
Syntetisk biologi tar genmanipulering til helt nye nivåer.....	112
Bioøkonomien og Det Grønne Skiftet – store forventninger til innovasjon fra bioteknologisk forskning	113
Blå, hvit, grønn og rød bioteknologi –praktiske anvendelser.....	114
Biokjemiske cellefabrikker for industriell bioteknologi	114
Økende oppmerksomhet omkring etiske og samfunns- og miljøaspekter av bioteknologien.....	115
Senter for Digitalt Liv Norge – vi rigger oss for fremtiden.....	115

11.**PRODUKSJON AV SOLENERGI
HOS BRUKEREN 117**

Norge – en pioner på solenergi	117
Hva er solenergi?	117
Hvordan fremstilles solcellesilisium?	118
Produksjon av ingot og wafere.....	119
Hvordan produseres solceller?.....	120
En modul består av mange solceller	121
Anvendelse av solenergi	121
Markedet for solenergi er økende	126

12.**BATTERIER OG SMARTE ELNETT 131**

Fornybare energiresurser.....	131
Elnett blir smarte	132
Det er behov for større forbrukerfleksibilitet	134
Smarte byer	135
Lagringsteknologi og batterier.....	136
Hvordan blir markedsutviklingen?	137
Batteriet som den smarte noden.....	140
Batteripakker i bruk	142

13.**ENERGILAGRING – HYDROGEN
OG LITIUM 147**

Energiproduksjon må tilpasses variasjoner i etterspørsel.....	147
Hvordan kan vi lagre energi?	150
Li-teknologi	153
Hydrogenteknologi	154

14.**AUTOMATISERTE OG AUTONOME
SYSTEMER 157**

Autonome systemer har betydning for havet.....	157
Hva er et automatisert og et autonomt system?	158
Situasjonsforståelse	159
Hvordan karakteriserer vi autonome systemer?	160
Hva med risiko?	161
Ubemannede farkoster (marine roboter) og integrerte operasjoner	162
Biologisk inspirerte marine roboter	165
Marin kartlegging av dypvannskoraller på Tautra.....	167

15.**INDUSTRIROBOTER 169**

Roboter i bøker og film	169
Roboter i den virkelige verden.....	169
Hvor anvendes roboter i industrien?	171
Punktsveising	171
Roboter i næringsmiddelindustrien	175
Design og produksjon integreres	175
Europa satser på produksjonsteknologi	176
Hva med produksjon i Norge?.....	177
Har norsk industri god nok kompetanse?.....	178
Det er behov for satsing på produksjonsteknologi i Norge	179

16.**ADDITIV TILVIRKING 181**

Hva betyr egentlig 3D-printing og additiv tilvirking?	181
Er dette en ny teknologi?.....	183
Et nytt prinsipp for å lage ting – hva betyr det i praksis?	184
Additiv tilvirking i praktisk bruk.....	185
Gunstige bruksområder og industrielle gjennombrudd	187
Hva betyr dette for samfunnet og fremtiden?.....	192

17.**AUTONOME KJØRETØY 195**

En ny æra innen automobilitet	195
Teknologi og sensorer i en selvkjørende bil	197
Noen viktige begreper.....	198
Evolusjon eller revolusjon?	199
Når kommer selvkjørende kjøretøy på norske veier?	204
Potensielle konsekvenser av automatisert transport	205
Barrierer mot innføring	207

18.**SÅRBARHET SOM FØLGE****AV NY TEKNOLOGI..... 211**

En verden av nye muligheter – og sårbarheter.....	211
Risikobegrepet forbundet med ny teknologi.....	212
Informasjonsverdier og tilnærming til sikring	213
Sårbarheter for enkeltpersoner.....	214
Sårbarheter for virksomheter.....	215
Sårbarheter for stater og samfunnssikkerheten.....	216
Hva kan gjøres for å redusere sårbarhet?	217

OM FORFATTERNE 219**STIKKORDREGISTER 225**

1.

MULIGGJØRENDE TEKNOLOGIER

Asbjørn Rolstadås, Arne Krokan, Lars Thomas Dyrhaug

Teknologien endrer samfunn, noe som knapt nok er en nyhet. Om vi betrakter alt som er oppfunnet etter at vi ble født som ny teknologi, er det meste av det vi omgir oss med i dag ny teknologi. Mange vil kanskje spørre hvorfor vi får all denne nye teknologien, om vi trenger den eller om den faktisk er til det beste for oss mennesker og samfunnet?

HVORDAN OPPSTÅR NY TEKNOLOGI?

En av dem som har studert hvordan teknologi utvikles og spres, er grunnleggeren av Wired, Kevin Kelly, som sammenligner teknologiutvikling med biologiens evolusjonslære. Kelly mener at ny teknologi oppstår når samfunnet er modent for den, eller på et vis trenger den. Han ser for seg en slags teknologiutviklingskraft han kaller *Teknum*, som bidrar til å utvikle stadig ny teknologi.

En mer konkret teori om teknologiutvikling er å se den som et svar på et erkjent problem og en aktiv leting etter løsninger på et praktisk og/eller teoretisk plan. En del ganger vil også ny teknologi dukke opp som et biprodukt av forskning som har hatt kunnskapsutvikling som sitt primære formål.

TEKNOLOGI LØSER BEHOV OG GIR NYE MULIGHETER

Når det i et samfunn oppstår behov for å utvikle ny teknologi, er det ofte at mange aktører starter utviklingen av den samme teknologien samtidig.

Sykkelen ble for eksempel tatt i bruk i Norge fra slutten av 1800-tallet. På begynnelsen av 1900-tallet fantes det sykkelfabrikker svært mange steder i Norge. På Fosenhalvøya utenfor Trondheim fant vi både Åfjordsykkelen og Yrjarsykkelen produsert på Ørlandet, bare om lag fem mils vei unna. I Oslo holdt landets største sykkelfabrikk til, Norsk Bicyclefabrikk, som skal ha produsert rundt 2000 sykler – en fjerdedel av det samlede antallet sykler som ble produsert årlig.¹

Det antas at det frem til år 2000, da den siste sykkel ble produsert i norsk fabrikk trillet ut på veiene, ble

1 <http://grinebiter.com/OldStock/Aksjebrev/NorskBicyclefabrik.html>

produsert over 20 millioner sykler fra over 1500 ulike produsenter, teknologi som også kom til å endre samfunnet.

I *Det store hamskiftet i bondesamfunnet* skriver forfatteren Inge Krokann at:

sykkelen vart en frigjeringsfaktor av dei store ...² ... ei teknisk oppfinning så enkel som sykkelen ... gjorde alle fråstandar stutte, vekte den glade utfartskjensla frå den store tidspuls der ute, bar ein til nye bygder med nye andlet i hundrevis og tusental, der landskjende menn, professorar, statsrådar, diktarar, bispar ... kveikte nye idear.

Ifølge Krokann bidro sykkelen til å endre det norske samfunnet fordi den krympet avstander. I et slikt perspektiv kan en bare drømme om hvilke endringer nye digitale tjenester fører med seg, der hele jordas befolkning blir innlemmet i det samme digitale nettverket.

Skipsfart og fiskeri har i mange århundre vært viktige næringer i Norge. Introduksjonen av motoren er kanskje den viktigste endringsfaktoren vi har sett i disse næringene. Seilskutene som hadde preget norsk skipsfart ble fra midten av 1800-tallet gradvis erstattet med dampskip, og det var svært få større seilskip igjen da første verdenskrig sluttet i 1918. Fra forrige århundreskifte skjer det en gradvis overgang fra dampmaskiner til eksplosjonsmotorer av ulike typer. Overgangen fra seil til maskin betydde at befraktere og passasjerer nå kunne beregne ankomsttidene, og større skip gjorde at transporten ble billigere.

Eksplsjonsmotorene satte på begynnelsen av 1900-tallet i gang en revolusjon innen norsk småskipsfart og den store fiskeriflåten. Det ble startet et 20-talls motorfabrikker, og alle landsdeler hadde tilgang på gode motorer som betydde raskere og sikrere seilas. For fiskerne ble det tryggere å gå ut på fiskebankene til havs, og raskere å komme i land i tilfelle uvær. Etter hvert ble de mange drukningsulykkene dramatisk redusert.

TEKNOLOGIEN BESTEMMER HVORDAN VI ORGANISERER OSS

Siden de første moderne menneskene vandret ut fra Øst-Afrika for mange 10 000 år siden, har teknologiske oppfinnelser vært drivkraften i samfunnsutviklingen. Et viktig spørsmål er derfor i hvilken grad teknologi bidrar til å endre samfunnet, og på hvilke måter dette skjer. I boka *Does Technology Drive History – The Dilemma of Technological Determinism*, analyserer historikeren Peter Perdue (1994) utviklingen av tidlige jordbruksteknologier. Ett av eksemplene han beskriver er utviklingen av en ny type plog.

Han viser til hvordan landene langs Middelhavet hadde utviklet en høyere levestandard enn de nord-europeiske landene, noe han mener skyldes at tidens jordbruksteknologi var best tilpasset middelhavslandenes jordsmonn og klima. Etter hvert ble det imidlertid konstruert en ny type plog som pløyde dypere og snudde jorda bedre, noe som ga grunnlag for bedre avlinger i områder i nord der klimaet var mindre gunstig enn i landene rundt Middelhavet.

Ulempen med den nye teknologien var imidlertid at den krevde mer kraft for å bli trukket, og at det ble

² <http://www.nb.no/nbsok/nb/f9d7aeb4157da64fd1b7631b8cf8ccc3?index=14#95> Side 95

nødvendig å ha 8 okser for at den skulle kunne benyttes effektivt. De fleste bønder hadde ikke så mange okser. Derfor måtte de samarbeide om bruken av den nye plo-gen, noe som førte til at det ble hensiktsmessig å bosette seg nærmere hverandre.

Samtidig med den nye teknologien ble det også innført en ny organisering av jordbruket, i det vi gikk over til vekselbruk. Den ene teigen ble stående urørt, eller brukt som beite det ene året, mens det neste år for eksempel var vinterrug og året etter sommerhvet. Dette skjedde allerede i middelalderen.

Når bøndene måtte samarbeide om ressursene, måtte de også fordele tilgangen til dem. Derfor ble det nedsatt landsbyråd som bestemte hvor det skulle pløyes først, hvem som skulle bistå ved å avgi okser osv.

Dette fikk ikke bare konsekvenser for organiseringen av avlingene, men også for organiseringen av eiendom-mene. Den mest hensiktsmessige måten å utnytte de nye teknologiene på var å dyrke store, sammenhengende flater. Derfor ble eierskapet til jordteigene omorganisert. Teigene skulle nå ligge ved siden av hverandre uten noen form for gjerder eller andre stengsler mellom. Det skulle være lett å la oksene gjøre pløyejobben.

I Norge hadde det tidligere i flere dalfører oppstått en teigdeling ved at alle gårder skulle ha litt av alle typer mark. Det førte til at gårdene mange steder ble svært langstrakte og lite effektive produksjonsenheter når maskinjordbruket ble innført. På 1900-tallet ville en fremme mer rasjonelle enheter, og jordskifte ble muligheten for å skape gårder hvor det meste av jorda lå i praktisk avstand fra gårdstunet.

TEKNOLOGIEN HAR BESTEMT HVORDAN SAMFUNN OG ARBEIDSOPP- GAVER HAR BLITT ORGANISERT

Henry Ford la på begynnelsen av 1900-tallet grunnlaget for moderne industriell produksjon. Han delte sammensatte arbeidsoppgaver i mindre komponenter som siden ble koordinert på et *samlebånd*. Prinsippene hadde han lært av Frederick Taylor, som utviklet *Principles of Scientific Management* i årene før Ford startet produksjonen av T-modellen, en bil som ble produsert i over 15 millioner eksemplarer mellom 1908 og 1927. Taylor hevdet at hver enkelt industriarbeider ville være mer produktiv dersom han bare gjorde en enkelt oppgave som var tilpasset hans evner og styrke. Ved å dele arbeidet på en slik måte kunne han dermed fjerne unødige bevegelser, som for eksempel å måtte bytte verktøy, hente deler forskjellige steder og lignende. Slik la ny teknologi også grunnlaget for moderne industrielle organisasjoner. Arbeidsformen er beholdt den dag i dag, mens arbeiderne i økende grad erstattes av roboter.

Talløse eksempler viser hvordan teknologien har vært bestemmende for samfunnsutviklingen, fra de tidligste tider frem til vår tid.

DE NESTE 10 ÅRENE

I dag sier ledere i Google at de forventer at de endringene vi kommer til å se de neste ti årene vil være større og mer omfattende enn det vi har sett de foregående hundre årene!³ Grunnen til en slik utvikling er at vi har kommet

3 Personlig kommunikasjon med Jan Grønbech, direktør Google Norge høsten 2016.

så langt på ulike områder at vi ved å kombinere ulike teknologier kan oppnå helt nye resultater.

Roboter er i dag mekaniske innretninger fylt av kunstig intelligens. Det er kunstig intelligens som gjør at de kan gå på to bein i terreng, at de kan partere kjøtt i et slakteri, og at de kan overta en rekke jobber som det har vært umulig å utføre uten mennesker, som å kjøre bil. Selvkjørende biler antas å bli vanlig også i det norske samfunnet i løpet av få år.

Kunstig intelligens inntar nesten alle arenaer i samfunnet. Om du søker på Google, er det kunstig intelligens som hjelper deg, og det er kunstig intelligens som sorterer hvilke meldinger du får se på Facebook. Tredimensjonale virkeligheter som vi mennesker kan bevege oss inn i, ligger ganske langt frem i tid. Kunstig intelligens har imidlertid allerede gitt oss taleroboter som gjør at vi har problemer med å finne ut om vi faktisk snakker med et ekte menneske eller en robot. På et amerikansk universitet fikk studenter på et masterkurs i kunstig intelligens vite at en av studentassistentene som svarte på spørsmålene de stilte, var en robot. Ingen av studentene greide imidlertid å finne ut hvem av studentassistentene som var roboten, selv om hun het «Jill Watson» – oppkalt etter IBMs superdatamaskin, eller kanskje vi skulle kalle den «kunstige hjerne».⁴

Energifeltet er i ferd med å bli revolusjonert på grunn av ny teknologi. Solceller produsert av roboter i moderne fabrikker er blitt så billige at strømmen de produserer i mange områder av verden kan konkurrere med strøm fra tradisjonelle kraftverk. Ny teknologi gjør at slike celler kan monteres på private hustak og overskuddsstrøm

kan selges til naboen eller til andre som måtte trenge den, styrt av *smarte nett*.

Utviklingen innen batteriteknologi har gitt oss både Tesla og helt nye muligheter for å lagre energi. Effektiviteten i batterier er økt merkbart, samtidig som kostnadene ved å produsere dem har sunket. I tiåret frem til 2014 sank produksjonskostnadene for batterier med 14 % per år⁵, og det er ventet at de vil fortsette å synke i årene som kommer. Fremskrittene gir næring til drømmer om at byer som Beijing kan være dominert av elektriske biler om et drøyt tiår. Kinesiske forskere har beregnet at så mange som 70 % av bilene i Beijing kan være elektriske i 2030 dersom myndighetene tilrettelegger for en slik utvikling. Det vil skje gjennom å bygge et nettverk av ladestasjoner, og at myndighetene følger opp med politiske virkemidler som gjør det lønnsomt å investere i elektriske biler.⁶

Enda spenstigere mål finner vi i India,⁷ som er det landet som slipper ut mest CO₂ etter USA og Kina. India har ifølge energiministeren som mål at alle nye biler som selges i 2030, skal være elektriske. På grunn av fallende produksjonspriser for batterier forventer de at produksjonskostnadene for elbiler vil være lavere enn for bensin- og dieslbiler allerede fra 2026.

4 <http://www.news.gatech.edu/2017/01/09/jill-watson-round-three>

5 <https://mackinstitute.wharton.upenn.edu/2016/are-affordable-electric-vehicle-batteries-on-the-horizon/>

6 https://www.google.no/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKEwj15dLHzOLTAhWQa5oKHUrUBZkQFg-gjMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.mdpi.com%2F1996-1073%2F10%2F2%2F228%2Fpdf&usq=AFQjCNGDwPlhvZpS6uAn56YSTt-khy_GJ_A&sig2=Kf4BEySCT5tLrmGx588gQ

7 <http://www.greenworldinvestor.com/2017/03/09/beijing-taxis-to-go-all-electric-this-year/>

Politiske tiltak er nødvendige, ikke bare for de lokale, men også for det globale miljøet. I 2016 ble det det solgt over en million biler, og bilene stod for 11 % av verdens CO₂-utslipp.

Forskere har kommet frem til at det er behov for meget store klimagasskutt i løpet av få tiår. Ny og effektiv transportteknologi kan være et viktig bidrag i dette arbeidet.

NYE MATERIALER OG NYE PRODUKSJONSFORMER

Teknologiutvikling omfatter nye og mer effektive måter å produsere, fordele og lagre energi, i tillegg til nye anvendelsesområder – som i elektriske biler. Dette gir rom for et helt nytt tankesett og ikke minst nye politiske og organisatoriske utfordringer.

I tillegg til denne typen teknologisk innovasjon dukker det også opp både nye materialer og nye varianter av kjente stoffer.

Grafen er et stoff som ble fyllestgjørende beskrevet først i 2004, og som brakte oppfinnerne Nobelprisen i fysikk i 2010. Stoffet er elektrisk ledende, og i sin to-dimensjonale form regnes det som et av de sterkeste av de materialene vi kjenner. Utfordringer med å overføre den to-dimensjonale formen til tre dimensjoner har de seneste årene vært gjenstand for mye forskning. Det har ført til at forskere ved MIT (Massachusetts Institute of Technology) har klart å fremstille en porøs tre-dimensjonal form av grafen som bare veier en tjuenededel av stål, men er 10 ganger så sterkert⁸. Dette åpner for

nytenkning i design av biler, fly og andre objekter der det er nødvendig å kombinere lav vekt og stor styrke.

3D-print, eller mer korrekt additiv tilvirking, er en måte å fremstille ting på der vi legger på lag på lag av materiale gjennom ulike typer prosesser. Materialene som benyttes kan være plast som smeltes sammen, betong som legges i lag etter lag, metaller som smeltes sammen ved hjelp av laser eller andre teknologier.

Additiv tilvirking åpner for nye måter til å fremstille objekter som det kan være vanskelig å produsere ved hjelp av tradisjonelle metoder, og produkter som ikke skal lages i store serier, slik som prototyper, reservedeler osv.

Teknologien er så godt utviklet at den allerede i dag i benyttes til produksjon av deler til flymotorer, tannproteser, anatomiske modeller for kirurgiske inngrep, smykker og mye annet.

TEKNOLOGIENS EKSTERNE EFFEKTER

Mye ny teknologi innebærer det økonomene kaller *eksterne effekter*. Det vil si at endringene i produksjonsmåten berører andre enn dem som produserer eller benytter de produserte objektene. Et eksempel er at dagens industriproduksjon foregår i land som Kina, hvor det også har vokst frem en omfattende transportsektor for å kunne frakte varene fra produsentene til distributørene i vårt eget land. Men hva skjer om vi nå begynner å produsere mange av varene i de gamle industrilandene i stedet for i de tradisjonelle lavkostlandene? Da vil vi ha mindre behov for transporttjenester både til lands og til vanns.

Og hva vil konsekvensene være av at vi kjøper en digital modell fra et annet land i stedet for en fysisk gjenstand? Vil dette ha noen konsekvenser med tanke på toll, importrestriksjoner, moms og andre avgifter?

⁸ <http://news.mit.edu/2017/3-d-graphene-strongest-lightest-materials-0106>

Hvordan skal vi kunne fastsette verdien av en digital modell sammenlignet med verdien av et fysisk produkt? Hvordan skal vi kunne føre kontroll med import og eksport av slike digitale ressurser og tjenester?

Igen ser vi at ny teknologi skaper nye samfunnsmessige utfordringer, som kan trenge løsninger som ligger utenfor det tradisjonelle industrisamfunnets tankesett og reguleringer. Hvordan skal vi forholde oss til dette?

DEN 4. INDUSTRIELLE REVOLUSJON

Teknologier som beskrives og analyseres i denne boken danner grunnlaget for det som er omtalt som den 4. industrielle revolusjonen. Den første industrielle revolusjon var kjennetegnet av mekanisering drevet ved hjelp av damp- eller vannkraft. Utviklingen startet innenfor tekstilindustrien i England med vevemaskiner (*Spinning Jenny*). Den andre industrielle revolusjon startet med Henry Fords samlebånd, som muliggjorde massefabrikasjon. Elektrisk energi hadde da overtatt for damp. Den tredje industrielle revolusjon utviklet masseproduksjonsteknologien videre gjennom automatisering av operasjoner ved hjelp av elektronikk. De første robotene gjorde sitt inntog i bilindustrien. Norske Trallfa lanserte i 1967 sin lakkeringsrobot. Den ble en verdenssuksess og fikk omfattende anvendelse til lakkering av biler.

I den 4. industrielle revolusjon er det bruken av datamaskiner som utvides både gjennom robotikk og kunstig intelligens, samtidig som et spekter av nye teknologier, materialer og produksjonsformer skaper grunnlag for å organisere arbeid på helt andre måter enn tidligere. Dette muliggjøres ved at *ting* begynner å kommunisere med hverandre over Internett.

NY TEKNOLOGI OG FREMTIDENS ARBEIDSMARKED

Når maskinene overtar oppgaver fra billig østlig arbeidskraft, kan konkurransefordelene ved å produsere varer i disse landene bli borte. Maskinene koster stort sett det samme i Kina og Tyskland, hvilket gjør at det kan bli rimeligere å produsere innenlands fordi vi slipper kostnader til transport og håndtering av de ferdige varene. I tillegg til kompetanse innen tradisjonell industri og nye digitale produksjonsprosesser og tjenester, blir de enkelte lands tilrettelegging for det digitale nettsamfunnet viktige faktorer med tanke på hvor det er lønnsomt å plassere fremtidens produksjon. Selskaper som Google og Facebook har valgt Irland for sitt europeiske hovedkontor, fordi de er blant de land med lavest skattenivå. Men i tillegg til økonomiske og regulatoriske motiver spiller også tilgangen til kunnskap, og til personer med den rette kompetansen og de rette holdningene, en rolle. Dette kan påvirkes gjennom politikk, gjennom en nasjons vilje til å satse på innovasjon og nyskaping i forhold til for eksempel behov for å beskytte landets eksisterende næringsliv mot ny konkurranse. Det er derfor neppe grunnlag for å si at ny teknologi med nødvendighet skal redusere antallet arbeidsplasser i vårt samfunn. Men ifølge Jim Yong Kim, president i Verdensbanken, risikerer to av tre arbeidere i utviklingsland å miste jobben som følge av ny teknologi de kommende årene. I Etiopia er 87 % av arbeidsstyrken ansett å være i fare for å bli automatisert bort, i Kina 77 % og i Thailand 72 %, dette ifølge en rapport fra Verdensbanken.⁹

⁹ <http://nordic.businessinsider.com/jim-yong-kim-world-bank-milken-conference-2017-5> bygger på denne rapporten <http://www.worldbank.org/en/publication/wdr2016>

I Norge har Statistisk sentralbyrå prognoser som tilsier at en tredjedel av dagens jobber vil forsvinne på grunn av ny teknologi.¹⁰

Vi tror det er svært vanskelig å gjøre slike analyser med særlig grad av sikkerhet. Det er imidlertid åpenbart at enkelt manuelt arbeid lett kan overtas av maskiner. Det er også slik at en rekke arbeidsoperasjoner innenfor mer teoretiske yrker kan effektiviseres og dels forsvinne. Samtidig vet vi at ny teknologi gir mulighet for nye produkter og nye tjenester – og frykten for tap av arbeidsplasser er like lang som teknologihistorien. Det har imidlertid aldri vært flere mennesker i lønnet arbeid.

FORSKNING OG UTVIKLING SOM GRUNNLAG FOR VEKST

Teknologien endrer samfunn, og i tider der vi ikke vet hva resultatet av disse endringene blir, er det nødvendig å satse på forskning, utvikling og utdanning for å legge til rette for å kunne ta nye teknologier i bruk på samfunnsmessig kloke måter.

Det kan være vanskelig å se sammenhengen mellom grunnforskning og den teknologien vi bruker i dag. En av dem som har lagt grunnlaget for mange av dagens teknologiske løsninger, er John Ugelstad, som var professor i kjemi ved NTNU. Han hadde fanget opp en påstand om at det er umulig å lage små, helt runde kuler under innflytelse av jordas tyngdekraft, noe han gjorde til en oppgave å motbevise. Han visste den gang ikke hva kulene, som han greide å produsere, kunne brukes til, men *Ugelstadkulene* som de ble hetende, har bidratt

til innovasjon på en rekke områder, både innen biologi, medisin og på teknologiområdet.

Grunnforskning er viktig for å øke vår forståelse av forhold som kan skape grunnlag for ny teknologi og fremtidig utvikling av samfunnet. May-Britt og Edvard Mosers hjerneforskning, som brakte dem Nobelprisen i medisin, er eksempel på det samme. Gjennom års forskning har de greid å identifisere en ny type celler i hjernen, kalt gridceller, som bidrar til vår evne til å navigere eller rett og slett til å finne frem i våre fysiske omgivelser. Oppdagelsen kan bane vei for andre og mer anvendte funn – og kanskje også bidra til vår forståelse av sykdommer som Alzheimer og andre nevrologiske og psykiatriske sykdommer.¹¹

Derfor trenger vi både grunnforskning og anvendt forskning som kan vise hvordan blant annet teknologi kan bidra til å endre organisasjoner, forhold mellom mennesker og til og med hele samfunn.

Grunnforskning omfatter fri naturvitenskapelig forskning hvor formålet er å fremskaffe ny kunnskap om naturen og dens fenomener. I tillegg har vi grunnleggende teknologisk forskning. Dette er også fri og langsiktig forskning, men den er inspirert av et industrielt problem. Nils Bohrs arbeider er et godt eksempel på fri grunnforskning, mens Louis Pasteur typisk drev grunnleggende teknologisk forskning. I den andre enden finner vi ren anvendt forskning eksemplifisert ved Thomas Alva Edisons oppfinnelser.

I denne boken møter du både grunnforskere som filosoferer over hvordan den teknologien de forsker på kan

¹⁰ <http://nettsteder.regjeringen.no/fremtidensskole/files/2014/05/Computerization-and-the-Future-of-Jobs-in-Norway.pdf>

¹¹ <https://www.nrk.no/trondelag/moser-ekteparet-far-100-millio-ner-til-hjerneforskning-1.12540056>