Copyright © 2019 by
Norges Tekniske Vitenskapsakademi
All Rights Reserved
John Grieg Forlag

1. utgave / 1. opplag 2019

ISBN: 978-82-533-0374-1

Grafisk produksjon: John Grieg, Bergen
Grafisk design: Fagbokforlaget
Omslagsdesign: Fagbokforlaget
Omslagsillustrasjon: ©Shutterstock/pzAxe
Skrift: Proxima nova / Garamond 3 LT Std
Papir: 100 gr. Arctic Silk+

Spørsmål om denne boken kan rettes til:
Norges Tekniske Vitenskapsakademi
Lerchendal Gård
Strindvegen 2
7034 Trondheim
e-post: post@ntva.no
www.ntva.no

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

# FORORD

Norges Tekniske Vitenskapsakademi ser det som en av sine hovedoppgaver å belyse hvordan teknologisk utvikling påvirker samfunnet. Teknologi har i hele menneskehetens historie vært en viktig drivkraft for utvikling som har tjent menneskeheten, og den har vært grunnlaget for utvikling av vår velstand og velferd. Vi er i en tid der den teknologiske utviklingen går raskere enn noensinne. Utviklingstrendene griper inn i hverandre og skaper en kompleksitet som gjør det svært krevende å danne seg et bilde av helheten.

Teknologien skaper muligheter, men også potensielle problemer. Det er en viktig oppgave å søke og forstå dette bildet, slik at man kan påvirke utviklingen i retninger som er til nytte for menneskeheten, og forhindre at ikke-ønskede virkninger blir resultatet.

NTVA ga i 2017 ut første bind i det vi planlegger skal bli en serie om temaet «Teknologien endrer samfunnet». Den omhandlet en rekke muliggjørende teknologier enkeltvis.

Her foreligger bind II i serien, der vi har bedt mennesker med innsikt i noen utvalgte bransjer og samfunnsområder om å reflektere over hvordan de tror disse områdene samlet sett vil påvirkes av teknologienes endringskrefter. Det er ikke slik at det først og fremst er teknologer som besitter slik innsikt. Temaene krever innsikt fra samfunnsområdene og oftest fra personer med helt annen fagbakgrunn enn teknologi. Dette gjenspeiles i forfatterlisten.

Våre forfattere foregir ikke å ha en krystallkule som gjør at de kan lage en fremskriving i form av et presist varsel om hvordan utviklingen vil gå. Snarere deler de tanker med oss om hvilke muligheter teknologiene gir, og i hvilke retninger drivkreftene i teknologiene vil drive bransjene og samfunnsområdene.

Vi konstaterer at spørsmålet ikke er *om* endringene vil finne sted, men hvor raskt de kommer. Digitaliseringen av samfunnet handler om å bruke muliggjørende teknologier til å skape nye virksomheter og endre gamle.

Samtidig må vi ha et bevisst forhold til hva slags samfunn vi vil ha, og hvem som skal bestemme rammevilkårene. Vi står overfor politiske valg om hvem som skal eie infrastrukturene og styre tilgangen og bruken av data.

Jeg vil gjerne takke alle som har bidratt til at denne boken har blitt til. Først og fremst er det forfatterne som har delt sin innsikt og sine vurderinger med oss. En stor takk går også til redaksjonskomiteen, som har gjort utvalget av samfunnsområder, tatt ansvar for å finne innsiktsfulle forfatterne, jobbet sammen med dem i å utvikle temaene og sydd det hele sammen til den boken du når har foran deg. Bidragsyterne har nedlagt en betydelig innsats.

NTVA håper at boken gir stoff til ettertanke og også til engasjement i å bidra til å belyse disse spørsmålene videre. Vårt akademi har til intensjon å fortsette arbeidet med å skape innsikt som gjør at vi får en opplyst diskusjon i samfunnet om hvilke muligheter og utfordringer den teknologiske utviklingen gir.

*Trondheim, desember 2018*
*Torbjørn Digernes, president i NTVA*

# INNHOLD


**1.**
**DET NYE DIGITALE NORGE .....15**
Muliggjørende teknologier.....16
En ny industriell revolusjon.....17
Fremtidens jobber .....18
Digital transformasjon.....20
Den digitale transformasjonen er et lederansvar.....20
Konklusjon .....23

**2**
**SMARTERE BYER – SMARTERE LIV.....27**
Hvem vil ikke være «smart»?.....28
Smartbyens muligheter .....29
Den skjulte smartbyen .....29
Mot en felles forståelse av «smartbyer»? .....30
Smarthet avhenger av kontekst.....31
Tre tilnærminger til smartby i EU.....32
Nøkler til et vellykket smartbyprosjekt.....34
Tilpasset teknologi – eller tilpassede mennesker?.....34
Smartby som bærekraftsstrategi.....34
Smartbyen oppsummert: muligheter og farer.....35

**3.**
**OPERASJONENE SOM FORSVANT.....39**
Magesår.....40
Kikkhullskirurgi .....41
Roboter.....42
Digitaliseringen av helsevesenet .....42
Virtuell virkelighet inn på operasjonsstuen.....43
Genetikk.....46
Kunstig intelligens og stordata .....47
E-helse – helse på internett.....48
Sykehuset hjem til pasienten .....48
Medaljens bakside .....48

**4.**
**VELFERDSTEKNOLOGI I FOLKETS..... 51**
**HELSETJENESTE**
Samfunnsutfordringer og drivkrefter .....52
Velferdsteknologi og e-helse – hva er det, egentlig?..53
Digital samhandling og beslutningstøtte for mer ....54
effektive arbeidsprosesser
Helsehjelp på nye måter .....56
Trygghetsskapende teknologi .....56
Mestringsteknologier med avstandsoppfølging .....58
Oppsummering og perspektiver for fremtiden.....61

**5.**
**DEN BILLIGSTE KILOWATTIMEN.....63**
Elementer som del av energieffektivisering.....65
Energieffektiv prosessering.....66
Utnyttelse av overskuddsvarme .....67
Energilagring i et integrert energisystem.....68
Industriklynger – integrasjon av energikilder .....68
og -sluk på tvers av sektorer
Alternative energibærere og karbonfangst .....70
Perspektiver for fremtiden.....71

**6.**
**KLIMANØYTRALE BYGG OG NABOLAG .....73**
Hva er et nullutslippsbygg? .....75
Varmeisolasjon og tetting.....76
Klimatisering.....77
Fra nullutslippsbygg til nullutslippsområder.....78
Den mest miljøvennlige energien er den man .....79
ikke bruker
Gode steder å være .....79

**7.**
**SMARTE HUS SOM SOLCELLEKRAFTVERK 83**
Den globale utviklingen.....84
Utviklingen i Norge.....85
Solceller i smarte hus.....87
Konklusjon .....89

**8.**
**TRENGER VI BANKEN? .....91**
Mobilt internett .....92
Konkurransesituasjonen endres.....93
Person til person (P2P).....94
Bitcoin og blokkjede .....94
Ingen korrupsjon – ingen risiko .....95
Smarte kontrakter .....96
Energisløsing .....97
PSD2 og «Open Banking» .....97
IOT og M2M .....99

**9.**
**UTEN SJÅFØR.....101**
Elektrifisering og brenselscelleteknologi.....103
Pris og attraktivitet.....104
Automatisering/selvkjørende biler.....105
Jus og sikkerhet .....107
Digitalisering.....108
Handel.....109
Forretningsmodeller.....109
Den oppkoblede bilen .....110
Begreper.....111
Kilder .....111

**10.**
**TOG SOM TENKER SELV .....113**
Fra gammel til ny teknologi.....114
Trafikklysene forsvinner.....115
Trafikkstyring .....115
Selvkjørende autonome tog.....116
Automatisering .....116
Batteri eller hydrogen?.....117
Mobilitetsaktør .....117
Kundetjenester.....118
Jernbanens rolle blir utfordret .....118

**11.**
**SJØTRANSPORT SLÅR TILBAKE .....121**
Sjøtransportens rolle i den globale økonomien .....122
Hva betyr de globale megatrendene for fremtidens sjøtransport? 122
Drivkraft 1: miljø- og klimapolitikk .....123
Teknologiutviklingen .....124
Teknologi for redusert utslipp .....126
Operasjonelle tiltak for redusert energiforbruk og utslipp .....127
Drivkraft 2: teknologirevolusjonen – fra Industri 4.0 til Shipping 4.0 .....128
Autonomi og robotikk .....129
Internet of Services at Sea .....129
Shipping 4.0s påvirkning på sjøtransporten .....130
Autonomi .....130
Internet of Services at Sea .....132
Trender i forskningen .....132
Hvor går vi nå? .....133

**12.**
**TEKNOLOGI SOM DET MULIGES KUNST ...135**
Konkurranse og sikkerhet .....136
Tradisjonelle fly – komposittmaterialer, digitalisering, og drivstofføkonomi .....137
Den gjennomkoordinerte luftfarten .....140
Fjernstyrte fly, selvkjørende fly, elektriske fly? .....141
Trenger vi luftfart i det hele tatt? .....143
Revolusjonen uteblir .....144

**13.**
**DIGITAL KONKURRANSEKRAFT .....147**
Hva er produksjonsvirksomhet? .....148
Fra «verkstedet nede i gata» til en verdensledende nisjeindustri .149
Den neste epoken .....150
Norsk vare- og tjenesteproduksjon i 2019 .....151
«Is this time different?» .....152
Data og digitale plattformer .....154
Teknologier som endringsdrivere .....154
Betydning for norske produksjonsvirksomheter .....155
Arbeidsoppgaver og sysselsetting .....157
Betydningen av å forstå det nye i kundebegrepet ....157
Innovasjon .....158
Paradigmeskifte, revolusjon eller evolusjon? .....159
Digitalisering innen olje- og gassnæringen, eksempel fra Aker BP .....159
Hvordan digitale tvillinger endrer industrier – eksempel fra KONGSBERG .....160
Industribedriften bygger nye tjenester til sluttkunden – eksempel fra Yara .....162

**14.**
**UBERØRT AV MENNESKEHENDER .....165**
Bærekraftig utvikling .....166
Matindustri 4.0 .....167
Smarte sensorer måler maten .....168
Bioteknologiske prosesser .....169
Roboter lager maten .....170
Små fleksible produksjonslinjer .....171
Våre digitale spor styrer produktutviklingen .....172
Forsvinner matbutikkene? .....173
Utfordringer og barrierer .....174

**15.**
**Å LYTTE TIL PLANTENES BEHOV .....177**
Teknologi i jordbruket .....179
Jordbruket i Norge i dag, ikke bare fordeler .....180
Sensorsystemer .....181
Sensorer for innsamling av data .....182
Kamerateknologi i jordbruket .....183
Presisjonslandbruk .....185
Automatiserte systemer i matproduksjon.....185
Oppsummering/perspektiver for fremtiden.....187

**16.**
**MATPRODUKSJON OG BÆREKRAFT.....189**
Lakselus .....191
Fiskevelferd og skånsom håndtering .....192
Rømming.....194
Arbeidsmiljø, helse og sikkerhet.....194
Utviklingstrekk 1: digitalisering og mer kontroll ..195
i operasjoner
Stordata og maskinsyn.....196
Autonomi og fjernstyring.....196
Utviklingstrekk 2: nye anleggskonsepter.....197
Mer eksponerte anlegg .....198
Hvor er vi på vei? .....198

**17.**
**BILLIGERE OG MER MILJØVENNLIG.....201**
Dagens situasjon .....202
Bygningsinformasjonsmodeller og parametrisk .....203
design
Virtuell og utvidet virkelighet.....204
Industrialisert bygging og 3D-printing.....205
Robotisering .....205
Internet of Things .....206
Smarte bygg .....206
Droneteknologi .....207
Perspektivene videre.....208

**18.**
**FRA DIGITALE DRØMMER TIL .....211**
**DIGITALDOMINO?**
Kikke inn i krystallkulen .....212
Situasjonen i Norge .....213
Kort om netthandel i Norge i 2017.....214
Norske forbrukere og ny teknologi .....214
Norsk handelsnæring – et gullegg eller en .....215
samling Kodak-bedrifter?
Et sprikende bilde .....216
Nye teknologier .....216
De digitale handelsplattformene utkonkurrerer .....218
tradisjonelle handelsnæringer
Digitale transformasjoner – sporer ingen av dem av?220
Hvordan forberede seg på endringene? .....220
Hva norske handelsbedrifter kan gjøre.....221
Avslutning .....222

**19.**
**KAOS OG MULIGHETER.....225**
Endringer i medienes teknologi.....226
Innovasjon i media .....227
Historisk utvikling for digital publisering .....228
av nyheter
Kategori 1: Plattformer .....229
Kategori 2: Programvare .....231
Kategori 3: Gjenstander og datahøsting .....234
Kategori 4: Utvidet og virtuell virkelighet.....236
Journalistiske medier i fremtiden .....238
Papiravis i 2028?.....239

**20.**
**GODE RÅD BLIR DIGITALE.....243**
Hvordan en rådgiver løser et oppdrag.....244
Problemanskaffelse – å få et oppdrag .....245
Informasjonsinnhenting og analyse.....246
Diagnose (løsningsforslag).....248
Tiltak – å faktisk gjennomføre ting .....249
Kontroll – problem løst eller ny runde?.....249
Problemrepresenterende teknologi – fra digitale ....250
tegninger til digitale tvillinger
Ressursmobiliserende teknologi – fra faste linjer ...251
til modulbaserte grensesnitt
En rådgivers langsiktige strategiske utfordring.....252

**21.**
**SAMSTYRING, GJENBRUK OG DELING.....255**
Digitalisering.....256
Interoperabilitet.....257
Samstyring.....258
Muliggjørende teknologier i offentlig sektor .....260
Hvor er vi i 2030?.....262
Samarbeid, gjenbruk og deling.....263
Avslutning .....264

**22.**
**DIGITALE LÆRINGSARENAER .....269**
Hva trenger vi for å kunne lære?.....271
Nysgjerrighet som drivkraft for læring.....271
Skolen bryter med våre naturlige forutsetninger ....272
for å lære
Dataspill – arena for læring .....273
Plattformer og stordata som grunnlag for .....276
adaptiv læring
Fra naturlig dumhet til kunstig intelligens .....278
Virtuell og blandet virkelighet skaper nye .....280
opplevelser og nye betingelser for læring
Sosial samhandling og læring .....281
Universiteter og voksnes læring.....282
Hva trenger vi å lære? .....284
Konklusjon: teknologi, organisasjon eller politikk? 285

Læring handler om evne til nytenking. Foto: pixabay.

**22.**

Utdanning i endring

# DIGITALE LÆRINGSARENAER

*Arne Krokan*

Utdanning står foran store endringsprosesser som iscenesettes ved hjelp av ny teknologi. Plattformer og kunstig intelligens skaper nye rammer for læring som er uavhengige av tid og sted. Det store spørsmålet er hvor lang tid det tar før sektorens politikere og ledere erkjenner konsekvensene. Hvor vil vi være om 10–20 år?

**Arne Krokan** (dr.polit.) er professor i teknologi, kommunikasjon, organisasjon og ledelse ved NTNU. Han arbeider i skjæringspunktet mellom samfunnsvitenskapelige og teknologiske fagmiljøer og har spesielt vært opptatt av å analysere overgangen mellom industrisamfunn og digitalt nettsamfunn, noe han både har skrevet en rekke bøker om og holdt foredrag om. Han har blant annet skrevet bøkene *Det friksjonsfrie samfunn* (2015) og *Deling, plattform og tillit* (2018).

For å kunne endre atferd må vi lære. Impulsene til læring kommer utenfra gjennom samhandling med andre og med ulike elementer i omgivelsene, som stimuli gjennom øyet, øret, nesen, munnen og huden. Alle disse stimuliene trigger aktiviteter i hjernen, som responderer med å danne nye forbindelser mellom neuronene.

Barns hjerner utvikles svært mye de første leveårene. Det første leveåret tredobles hjernens vekt, en økning som fortsetter opp mot 5–6-årsalderen. I denne perioden skjer det en biologisk utvikling og modning av hjernen der milliarder av synapser kobles sammen, trigget av de ulike sansene.

De enormt mange koblingene i hjernen utvikles ut fra fire viktige prinsipper.[1] Det første er knyttet til intensitet, at man må øve eller gjenta operasjoner mye. Bare tenk på hvor mange timer med øving det tar for å lære å gå.

Det andre prinsippet handler om progresjon, at en må starte på riktig nivå, med det en behersker fra før. Uttrykket «man kan ikke løpe før man kan gå» illustrerer poenget. En forutsetning for læring er med andre ord at vi starter med noe vi kan eller behersker fra før, slik at vi kan bygge videre på de forbindelsene som allerede er etablert i hjernen.

Det tredje prinsippet handler om positiv forsterkning. Positive forsterkere er signaler som utløser dopamin i hjernen, en slags positiv lystfølelse, som gjør at vi får lyst til å gjøre det som utløste følelsen oftere. Ros er vanligvis en positiv forsterker. Å oppleve mestring, at man får til noe på egen hånd, kan også gi den samme følelsen. Det spesielle med slike positive forsterkere og dopamineffekten er at de påvirker oss til å gjøre mer av det som skapte effekten.[2] De virker med andre ord som motivasjon for våre handlinger, for å øve eller øke intensiteten i læreprosessene våre.

Det fjerde prinsippet er koblet til at vi selv må kunne forstå om eller når vi mestrer noe. Det er lett for barn som lærer å gå, å forstå når de mestrer ferdigheten. Men hva med barn som lærer matematikk? Hvordan kan de vite at de faktisk har forstått et prinsipp?

Ifølge FAFO-rapport 2010:01[3] greier ikke skolen å følge disse prinsippene, med unntak av å gi ros. Rosen gis imidlertid mange ganger på feil grunnlag. Elevene får ros uansett hva de presterer. En konsekvens er ifølge undersøkelsen at elevene får en lite realistisk oppfatning av egen kompetanse, noe som for eksempel vises ved at elevene har «bra selvoppfatning i matematikk – [og] samtidig skårer [de] lavt på mattetestene». Over en tredel av dem som tar eksamen i matematikk i 10. klasse, får karakteren 1 eller 2, det vil si at de har lav forståelse av tall og mengder, dermed også av betydningen av viktige forhold i sitt eget liv. Det er for eksempel lite som tyder på at mange av dem skjønner hvilke økonomiske konsekvenser det kan ha å ta opp forbrukslån med 20 eller 30 prosent effektiv rente.

1 Disse prinsippene er omtalt i FAFO-rapport 2010:01, og et sammendrag finnes i denne artikkelen: https://forskning.no/meninger/kronikk/2010/05/laerere-vet-ikke-hvordan-hjernen-laerer

2 Dette er det forsket på i en rekke sammenhenger. Denne artikkelen viser hvordan positive forsterkere kan få mus til å endre atferd fordi de ønsker å oppleve den samme dopamineffekten om igjen og om igjen http://science.sciencemag.org/content/359/6379/1024

3 Referansen ovenfor.

## HVA TRENGER VI FOR Å KUNNE LÆRE?

Hva er det som gjør at vi lærer, og hva trenger vi egentlig for å kunne lære?

Svaret er egentlig enkelt – i de fleste situasjoner trenger vi noen som kan vise vei, enten det handler om å lære hvordan vi kommuniserer med andre gjennom språk, om å lære ulike ferdigheter, eller å forstå abstrakte fenomen og sammenhenger.

Små barn lærer gjennom lek og annet sosialt samspill med sine «betydningsfulle andre» – mor, far og andre viktige personer, samt andre barn. Den første tiden lærer de gjennom observasjon og herming på en måte som gjør at de gradvis mestrer nye handlingsmønstre, samt forstår stadig mer av det sosiale samspillet. Demonstrasjon, gjentakelser eller repetisjon og positive forsterkere er de viktigste ingrediensene i læreprosessen.

Barn er biologisk programmert til å lære.[4] De er født nysgjerrige, lekne og sosiale og med evne til å planlegge. Disse fundamentale egenskapene for å lære har man identifisert gjennom antropologiske studier og gjennom å studere førskolebarns lek.

Om vi går noen tusen år tilbake i tid, var dagliglivet antakelig den aller viktigste læringsarenaen, og det var mye man måtte kunne for å overleve i naturen. De yngre lærte av de eldre gjennom observasjon, herming, øvelse og mestring, enten det gjaldt å jakte eller å tilegne seg kunnskap om hvilke planter som kunne brukes til mat, hvordan man skulle oppføre seg i forhold til andre mennesker og dyr, eller andre formål. Vi lærte av å være med, ved å ta del i dagliglivets gjøremål og gjennom instruksjon med påfølgende «øvinger».

## NYSGJERRIGHET SOM DRIVKRAFT FOR LÆRING

Allerede Aristoteles hadde observert dette. I sitt verk om kunnskapens opprinnelse (Metaphysica) innleder han med at «Human beings are naturally curious about things».[5]

Nysgjerrigheten er årsaken til at barn allerede fra fødselen utforsker sine omgivelser, prøver å finne ut hva ulike ting kan brukes til, hvordan de smaker, og hvilke egenskaper de har. Og nysgjerrigheten er grunnen til at de stiller så mange spørsmål.

En av dem som har undersøkt fenomenet nysgjerrighet nærmere, er astrofysikeren Mario Livio i boken *Why? What Makes Us Curious?*[6] Ifølge Livio er det to typer nysgjerrighet. Den ene kaller han perseptuell nysgjerrighet. Den oppstår når noe overrasker oss, eller når noe vi lærer, ikke stemmer med det vi vet fra før. Da opplever vi et ubehag som vi søker å løse, for eksempel ved å undersøke saken en gang til eller kanskje mer inngående.

Den andre typen nysgjerrighet kaller han epistemisk nysgjerrighet, som han beskriver som en konstant søken etter kunnskap og et vedvarende ønske om å lære nye ting. Denne søken bærer vi med oss hele livet, og den kan ses som selve drivkraften i utviklingen av samfunnet.

4 https://medium.com/the-mission/biological-foundations-for-self-directed-education-918a77ccd564

5 Her sitert etter Peter Gray https://www.psychologytoday.com/us/blog/freedom-learn/201609/biological-foundations-self-directed-education

6 Se omtale av boken her: https://www.pri.org/stories/2017-08-27/why-are-humans-so-curious

Vi forsker for eksempel for å finne svar på forhold vi ikke kjenner til, og vi driver innovasjonsarbeid for å løse utfordringer vi ikke har greid å håndtere tidligere.

Livio snakker også om spesifikk nysgjerrighet, som omhandler enklere forhold som vi nå kan få svar på gjennom tjenester på internett, for eksempel søkemotorene. Dette kan omfatte informasjon om når bussen går, hvor høyt et fjell er, eller hva slags vær det blir i morgen.

Nysgjerrighet kan ses som drivkraften for læring og utvikling, og leken som dens naturlige arena, som den naturlige måten å iscenesette læreprosesser på. Lek og lekenhet er dermed ikke noen motsats til læring. Lek *er* læring. Gjennom leken lærer barn sosial samhandling, de lærer å forholde seg til regler og å tilpasse seg til andre menneskers behov, ønsker og krav. Og de lærer å mestre stadig mer utfordrende situasjoner, kroppslig, kognitivt og sosialt.

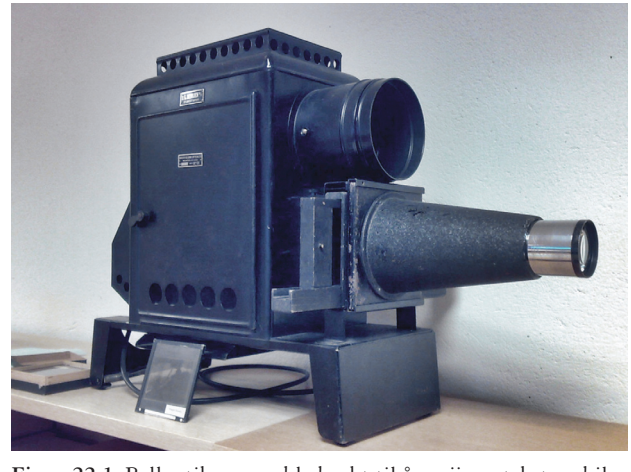
## SKOLEN BRYTER MED VÅRE NATURLIGE FORUTSETNINGER FOR Å LÆRE

Gjennom en historisk utvikling som har pågått siden menneskene begynte å dyrke jorda og holde husdyr for om lag 10 000 år siden, har samfunnet gjennomgått en stadig mer sofistikert spesialisering og arbeidsdeling, som også har hatt store konsekvenser for måten vi lærer på, og ikke minst hva vi trenger å lære. For 10 000 år siden fantes ikke skriftspråkene. Vi hadde bare mulighet for å overlevere kunnskap muntlig, og læringsarenaen var dagliglivet. Slik var det for de fleste i Norge til langt opp mot vår tid. I den grad det fantes noen former for utdanning utenfor familien eller gården, som utgjorde det viktigste produksjonsfellesskapet, var den knyttet til kirken og til opplæring i å bli «gode kristne».

Industrialiseringen satte fart i spesialiseringen i samfunnet i et tempo som savnet sidestykke. Med industrisamfunnet ble det behov for å utdanne industriarbeidere og personer som kunne inngå i det nye skolesystemet og i den nye statsforvaltningen som vokste frem.

Det moderne skolesystemet, som ble etablert i første halvdel av 1800-tallet skapte mye av det vi forbinder med utdanning i dag, slik som klasserommene og organisering i klasser, tavlene, krav til lærernes utdanning, nasjonale eksamener og et system og en arbeidsdeling for å utarbeide aktuelle læremidler.

Gitt tidens teknologi var lærerne med tavlen og andre hjelpemidler (kart, plansjer, flanellograf, balloptikon etc.) sammen med lærebøkene de eneste tilgjengelige ressur-



**Figur 22.1** Balloptikon som ble brukt til å projisere tekst og bilder på en skjerm. Kilde: NTNUs universitetsbibliotek.

sene for læring. Lærerens primæroppgave var å «vise vei», å forklare og demonstrere det som skulle læres, å designe elevenes læringsreise og å kontrollere at de faktisk fulgte med på reisen. Forelesningen var den dominerende formidlingsformen, og det er den fremdeles.

Idealene om hvordan samfunnets institusjonelle læreprosesser skulle designes og iscenesettes, er lite endret fra den norske skolens formende tid, fra 1800-tallet og utover. Hovedelementene i læringsdesignet er fremdeles læreren, forelesningene eller kateterundervisningen, øvingsoppgaver og en fremdrift i hva som skal læres som er blitt stadig mer detaljstyrt gjennom utviklingen av spesifiserte læreplaner. Politisk hevdes det fremdeles at læreren er den viktigste ressursen for elevenes læring, og at lærerens kompetanse er den viktigste faktoren for elevenes læringsutbytte,[7] noe som ifølge forskere dessverre ikke er korrekt.[8]

Selv om man ikke har forlatt prinsippene som enhetsskolen bygde på, har sentrale skoleledere og politikere i alle fall tatt til seg at samfunnet flommer over av ny teknologi. Teknologier som skaper ny infrastruktur for kommunikasjon, sosial samhandling, nye arbeidsprosesser og en hel rekke andre endringer, har ført til at «digital kompetanse» ble innført som grunnleggende kompetanse i skolen gjennom Kunnskapsløftet fra 2006.

Men i mer enn ti år har kultur trumfet strategi i utdanningssystemene, for selv om digital kompetanse har vært likestilt med ferdigheter i lesing, skriving og regning, har skolen ikke tatt dette oppdraget på alvor. Hvilke muligheter gir de mange nye teknologiene og digitale tjenestene til å designe helt andre læreprosesser? Hvordan kan man frigjøre seg fra 1800-tallets strukturelle rammer og designe individuelle læreprosesser der elevene slipper å følge den samme fremdriften som klassen de går i har? Hvordan kan vi skape nye læreprosesser og en ny arbeidsdeling i utdanningssektoren?

Hvordan kan vi ta tilbake leken, stimulere nysgjerrigheten og gjøre det mulig for hver enkelt elev å bygge på sine egne forutsetninger for læring, slik teorien angir at vi må gjøre? Svaret kan være å endre læreprosesser ved hjelp av ny teknologi. Og kanskje kan studier av dataspill gi oss noe av svaret.

## DATASPILL – ARENA FOR LÆRING

Over 90 prosent av tiendeklassegutter spiller en eller annen form for dataspill, minimum én time per dag.[9] Forskning på spill viser at spillene er en viktig kilde til ungdoms læring. De lærer å planlegge og å samarbeide, og de utvikler sine lederegenskaper. Noen av forskerne som studerte spillene, mente at man burde se på hvordan ungdom spiller nettbaserte spill dersom man ønsker å forstå hvordan fremtidens arbeidsliv kommer til å være.[10]

7 Se for eksempel http://www.statped.no/statpedmagasinet/1-2017/kommentar/kompetanse-for-forskjellighet/

8 https://www.nrk.no/norge/advarer-mot-regjeringens-storsatsing-1.11998235

9 Kilde: http://www.medietilsynet.no/barn-og-medier/barn-og-medier-undersokelsen/

10 Kilde: https://hbr.org/2008/02/does-your-leadership-developme og http://www.krokan.com/arne/?s=world+of+warcraft

I boken *How computer games help children learn* beskriver David Shaffer[11] det han kaller *epistemic games*. Dette er spill som simulerer spesielle arenaer i samfunnet. Oppgaven spillerne skal løse, kan være å drive en dyrehage eller et transportselskap eller å ha ansvar for å planlegge og bygge en by. I spillet skapes en autentisk situasjon som er direkte relatert til tilsvarende situasjoner i «virkeligheten».

Gjennom disse spillene dannes ofte praksisfellesskap av spillere med like utfordringer, der de kan diskutere spesielle situasjoner, konsekvenser av ulike valg osv. Spillene bidrar til å trene ferdigheter og utvikle kunnskap som er med på å forme spillernes verdier, holdninger og identitet.

Epistemiske spill er virkelighetsnære spill som iscenesetter læreprosesser i henhold til prinsipper for god læring. De starter med noe spillerne behersker fra før. De skaper situasjoner der en må øve og gjenta handlinger som grunnlag for læring. De er gode på positive forsterkere, og det er ikke vanskelig å forstå om man har nådd målet eller ikke. Og handlingen omfatter noe som oppleves som virkelig og ofte nyttig i en eller annen forstand.

Et spill av denne typen er SimSchool,[12] som beskrives som en «Teacher Trainer Platform», der lærere eller andre kan utvikle sine undervisningsferdigheter mer effektivt gjennom ulike typer simuleringer. Gjennom å simulere effekter av ulike læringsdesign på virtuelle, imaginære elever utvikles både lærernes forståelse av hvordan ulike teknologier og digitale tjenester kan virke inn på læreprosesser, hvilken betydning det har å være en aktiv leder av elevenes læring, og hvilken effekt individuelle læringsdesign vil ha for den enkelte elev. Dermed skapes ny kunnskap og nye ferdigheter samtidig som systemet bidrar til å forme spillernes verdier og holdninger både gjennom spillet og gjennom den refleksjonen som gjøres i praksisfellesskapet som er knyttet til spillet eller simuleringen. Forskning viser at lærerstudenter som bruker spillet eller simulatoren, raskere oppnår tiltro til egen kompetanse enn man gjør gjennom tradisjonell undervisning på lærerskolene.[13]

Et spill som brukes over hele verden, er norske Dragonbox,[14] som er læring iscenesatt gjennom spill-logikk. I Dragonbox numbers læres grunnleggende tallforståelse, slik som at en ener og to enere blir tre, og i mer avanserte moduler lærer de å løse ligninger. Matematikkens tradisjonelle symbolspråk med tall og ulike operatorer er i stor grad erstattet av konkrete symboler som trær, dyr, bokser og annet for å skape den grunnleggende forståelsen, noe som helst bør skje uten at en lager referanser til at «dette er matematikk».

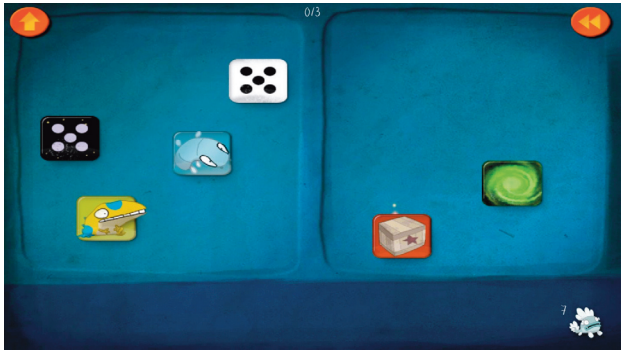
I en stor internasjonal konkurranse kalt «Algebra Challenge» løste elever ved Mailand videregående skole i gjennomsnitt 4000 ligninger hver i løpet av 32 timer. Spill med høy intensitet, individuell tilpasning og der det er lett å forstå at man har nådd målet, skaper resultater.

11 http://edgaps.org/gaps/about/epistemic-games-university-of-wisconsin-madison/david-williamson-shaffer/

12 http://www.simschool.org/

13 Se for eksempel https://www.researchgate.net/publication/220497415_simSchool_an_online_dynamic_simulator_for_enhancing_teacher_preparation

14 https://dragonbox.no/



**Figur 22.2** Skjermbilde fra spillet Dragonbox. Hentet fra distributørens side.

En interessant observasjon ved bruk av slike spill er at selv om elevene skjønner den grunnleggende logikken i å løse ligninger, blir de ikke automatisk flinke til å overføre kunnskapen til den formelle matematikkens område. Det viste et forskningsprosjekt ved Universitetet i Oslo, der elever som trente med en app som benyttet det «vanlige» matematiske formatet, gjorde det bedre på en påfølgende prøve i matematikk enn de som trente med Dragonbox. Forskerne fant at elevene som hadde trent ved hjelp av Dragonbox, bare i liten grad beskrev det de hadde gjort, med matematiske begreper.[15]

Kan hende var det slik at Dragonbox-elevene skjønte logikken, men ikke greide å omsette den til matematikkens formelle verden, mens elevene som hadde trent på å løse oppgavene på den tradisjonelle måten, mestret dette, men kanskje hadde mindre forståelse?[16]

Forskerne finner at «det er krevende å introdusere språk og operasjoner som klart bryter med etablert praksis i skolen». En forklaring på dette kan man finne i det den amerikanske lingvisten James Paul Gee kaller semiotiske domener.[17] Dette er avgrensede handlingsarenaer som ofte har en egen terminologi, koder, handlingsmønstre og praksisfellesskap. Å være på innsiden gjør at man forstår, mens de på utsiden mangler forståelsen.

Når vi vet at de færreste lærere spiller dataspill, er det duket for manglende forståelse og anerkjennelse av hvordan dataspill skal forstås. Et forskningsprosjekt i Danmark hvor elever fra 8. og 9. klasse ble intervjuet, viste at mens elevene mente de hadde utviklet sine engelskkunnskaper gjennom spillingen, ble dette i liten grad anerkjent på skolen.[18] Forskernes konklusjon var at «dataspill kan skape bedre læring, men det krever at lærerne anerkjenner spillenes bidrag, involverer elevene, og at spillutviklerne gjør plass til lærerne i spillene».

I en gjennomgang av forskning og utviklingsarbeider om dataspill i skolen i Norge fant Senter for IKT i utdanningen at «faglig bruk av dataspill utfordrer til dels lærerens rolle», og at det er krevende å iscenesette denne typen læringsdesign i norsk skole, blant annet fordi lærerne ikke er rustet til det, og fordi den vurderingen av

15 http://www.uv.uio.no/iped/forskning/prosjekter/ark-app/aktuelle-saker/kronikk-dagens-neringsliv-april-2014.html

16 Dette siste ble ikke testet i undersøkelsen.

17 Gee, J.P. (2003). *Good Video Games + Good Learning*. New York, NY: Peter Lang.

18 https://forskning.no/pedagogiske-fag/2013/02/dataspill-kan-gi-bedre-undervisning

kompetanse elevene må gjennom ved skoleslutt, ikke verdsetter en slik digital kompetanse.[19]

Selv om det finnes mye forskning som viser at dataspill skaper god læring på mange måter, er det vanskelig å ta dette i bruk i skolen i stor skala, mye på grunn av at de involverte partene befinner seg i ulike semiotiske domener, og at kompetansen på å iscenesette denne formen for læring stort sett er fraværende. Spillene bygger imidlertid på teknologier som kan utnyttes på andre måter. Det gjelder spesielt plattformene, stordata og kunstig intelligens.

## PLATTFORMER OG STORDATA SOM GRUNNLAG FOR ADAPTIV LÆRING

Plattformer kan forstås som «digitale arenaer som muliggjør ulike typer transaksjoner mellom parter som i utgangspunktet er ukjente for hverandre».[20] Plattformene er infrastruktur for sosial samhandling som løser ulike oppgaver ved å koble dem som kan tilby en eller annen form for ressurs, med dem som trenger eller ønsker ressursen. På sett og vis er skoler en form for «analoge» plattformer – organisasjoner og fysiske arenaer som kobler elever som trenger kompetanse, med lærere som bidrar til å utvikle den.

Plattformer ses imidlertid oftere som digitale infrastrukturer som gjør det enkelt for de ulike brukergruppene å tilby eller benytte tilbudte ressurser. Et klassisk eksempel er Airbnb, som gjør det mulig for dem som disponerer overnattingssteder, enten det er hus, hytter, båter, bobiler, telt, igloer eller annet, å vise dem frem for mulige brukere. Brukerne kan filtrere ut aktuelle tilbud basert på pris, sted, tid eller andre brukeres evalueringer. Plattformen har en matchingmekanisme som gjør at tilbyder og bruker «møtes», og den tilrettelegger for byttet.

En sentral mekanisme i plattformene er at de bidrar til å formidle tillit i situasjoner der det i utgangspunktet ikke er tillit. Rachel Botsman kaller dette for distribuert tillit.[21] Denne tilliten oppstår fordi andre personer som har benyttet det aktuelle tilbudet, har evaluert alt fra hvordan tilbudet er omtalt på nettsidene, til hvilke erfaringer de har med tjenesteyteren. Systemet er laget slik at bare de som har benyttet tjenesten, kan bidra i vurderingssystemet.

Plattformene muliggjør transaksjoner mellom personer som ikke har tillit til hverandre i utgangspunktet, på en måte som både skaper nettverkseffekter og lave transaksjonskostnader. Dette betyr at det er en fordel for meg at det er flere brukere som har benyttet tilbudet og at det er enkelt for meg å sile ut tilbud jeg tenker ikke har så stor interesse.

Den samme logikken er i stor grad overført til utdanningssektoren i form av en omfattende plattformetablering. EdX med utgangspunkt i Harvard, og Coursera og Udacity med utgangspunkt i Stanford, er alle ek-

19 Dette notatet gir en god gjennomgang av mange av utfordringene bruk av spill i skolen skaper https://iktsenteret.no/sites/iktsenteret.no/files/attachments/spill_i_skolen_-_notat_-revidert_2018.pdf

20 Dette er mer omfattende analysert i boken https://www.cappelendamm.no/_deling-plattform-tillit-arne-krokan-9788202549336

21 https://www.amazon.com/Who-Can-You-Trust-Technology/dp/1541773675

sempler på omfattende nyetableringer. MOOCene, massive open online classes, er i ferd med å bli erstattet av eller komplettert med hele grader på nettet. Dette er kommersielle virksomheter som samarbeider med universiteter for å tilby grader der plattformeierne orkestrerer digitale læreprosesser og universitetene tilbyr gradene.[22] Harvard tilbyr for eksempel sitt mest populære campuskurs i en onlineversjon[23] og de har gjort det det mulig å ta mesteparten av bachelorgraden på nett.

Tilgang til attraktive kurs og undervisningsopplegg uavhengig av geografisk plassering er en av fordelene med digitalisering av utdanningssektoren. Noe annet er det når selve læreprosessene endres.

Tenk deg en plattform som fungerer slik. Den inneholder tusenvis av læringsressurser i form av forklaringer, eksempler, oppgaver som kan løses, spill og simuleringer som gir innsikt i den aktuelle tematikken, diskusjonsgrupper der du kan møte andre som er i samme situasjon eller har samme interesse. Tenk deg videre at for å få komme inn i denne digitale verden må du gjennomgå en test som skal kartlegge hva du kan fra før. Testen skal sørge for at du får tildelt læringsressurser på områder som du allerede behersker. Du begynner med å bygge ny kunnskap med utgangspunkt i det du allerede kan, slik prinsippene for god læring sier at du skal. Etter testen får du tildelt et læringsopplegg med en påfølgende ny test som viser om du behersker det du nå skulle lære eller ikke.

I utgangspunktet er det enkelt, men det blir vanskeligere etter hvert som du får tildelt læringsmål og ressurser som er ukjente for deg. Da trer plattformens anbefalingsalgoritme i sving. Den analyserer alle tidligere brukeres mønstre og leter etter noen som «ligner» på deg, som kan omtrent det samme som deg og som har hatt tilsvarende vansker med å lære nytt stoff. Så spør algoritmen om hva som tidligere har skapt god læring for de andre. Deretter henter den frem disse læringsobjektene i stedet for et tilfeldig valgt et eller et læringsløp som en lærer har bestemt at en hel klasse skal gjennomgå samtidig.

På denne måten tilpasses læringsløpet dynamisk til hver enkelt som skal lære, og erfaringene fra hver enkelt elev kommer senere elever til gode. Dette er det som kalles nettverkseffekter.[24]

I systemet er det innebygd automatiske repetisjonsøkter som sørger for at det som skal læres, ikke går i den berømte glemmeboken, og motivasjonselementer som sørger for positiv forsterkning også utover den rene mestringsfølelsen. Gjennom erfaring med millioner av læringsøyeblikk skapes en «kunnskapsbase» som gjør at systemet kan sile ut forklaringer eller læringsressurser som gir dårlig læring eller til og med fører til at elevene misforstår det som skal læres. Systemet vil også kunne lage prognoser for elevenes fremtidige læring, basert på stordata hentet fra plattformen. På den måten kan det være mulig å forberede den enkelte på mulige fremtidige vansker.

22 Se for eksempel https://www.class-central.com/report/coursera-new-bachelors-degree/

23 https://www.edx.org/cs50#edx-product-discovery-cards

24 Denne effekten er mer inngående analysert i boken Nettverksøkonomi https://www.cappelendamm.no/_nettverksokonomi-arne-krokan-9788202412142

Slike systemer danner kjernen i det som kalles adaptive læringssystemer. Disse kan godt kombineres med at læreren gir instruksjon i klasserommet dersom det er ønskelig, men de kan også fungere alene, kanskje med læreren som motivator, læringscoach eller som psykologisk støttekontakt? Hvilken effekt vil det ha på elevenes læringsutbytte dersom vi bytter ut lærerens forelesning eller instruksjon med «den beste læreren» eller produserte læringsressurser som er gjort med et ressursgrunnlag som er utenfor rekkevidde for de fleste skolene? Hva om det var «verdens beste mattelærer» som forklarte tieroverganger?

Et lignende læresystem er tatt i bruk i norsk grunnskole gjennom Gyldendals «Multi smart øving».[25] Dette brukes i stor grad som tilleggsmateriale i skolen i dag, men hva om en endret læreprosessene og sa at det er læreren som er tilleggsmaterialet? Og må vi fremdeles dele opplæringen og elevene inn i klassetrinn når vi har et helhetlig dynamisk og adaptivt læringssystem som omfatter hele løpet fra 1. til 10. klasse?

Vi ser med andre ord lett at ny teknologi kan skape nye og mer effektive læreprosesser fordi de bygger på hvert enkelt individs forutsetninger for læring. Det er også lett å forestille seg at slike systemer kommer til å skape store organisatoriske utfordringer for skolen. De kan rett og slett ikke tas i bruk i full skala slik dagens skole er organisert. Hvordan skal vi løse den utfordringen, som er mer en organisatorisk enn en pedagogisk eller teknologisk utfordring?

25 https://multi.smartoving.no/

## FRA NATURLIG DUMHET TIL KUNSTIG INTELLIGENS

Som mennesker er vi født med visse begrensninger både når det gjelder kapasitet til å lære, til å kunne, til å resonnere, til å handle og ellers på en rekke andre områder. Vårt sensoriske apparat har begrenset kanalkapasitet, for å låne et uttrykk fra Shannons informasjonsteori. Dette gjør at datamaskiner kan trenes til å utføre oppgaver som kompenserer for våre begrensninger, og som gjør det mulig å overlate stadig flere oppgaver til teknologien.

Kunstig intelligens omfatter en rekke teknologier som har til felles at de forutsetter en eller annen form for evne til logisk handling. I dag legges det mest vekt på maskinlæring og «dyp læring» eller bruk av neurale nett. Maskinlæring oppstår når vi kan trene algoritmene til å identifisere ulike objekter. Dette kan være personer, ulike planter eller dyr på bilder eller for eksempel lyder, enten det er fugler som synger eller mennesker som snakker.

I dag har vi kommet så langt at algoritmene er bedre enn mennesker til å finne ut om to bilder er av samme person. De er bedre til å finne ut om en person har hudkreft eller om hun har lungekreft, enn trenede radiologer.[26] Og de greier å gjenkjenne tale og omdanne denne til tekst, en oppgave som allerede er så «enkel» at den gjøres i de fleste nye mobiltelefoner.

Algoritmene kan også oversette mellom de fleste språk i verden, og enkelte lingvister mener at de i løpet av få år vil være så gode at de kan erstatte profesjonelle oversettere. Det er uenighet om *når* slike oversettelser blir bedre enn

26 Se for eksempel https://news.stanford.edu/2017/11/15/algorithm-outperforms-radiologists-diagnosing-pneumonia/

dem som gjøres av mennesker, men en bør kanskje begynne å stille spørsmål ved hvorfor det er viktig å lære fremmede språk i fremtiden når en står på terskelen til å få teknologi som fjerner de fleste språklige barrierer?

Den tradisjonelle måten maskinlæring fungerer på, er at man kan bruke store datasett til å trene algoritmene til å håndtere lignende situasjoner. Dette gjøres relativt raskt der man har tilgang til store datasett, som i deler av helsesektoren. Gjennom maskinlæring kan man ikke bare identifisere ulike personer, men også kartlegge ulike attributter, som hvor gamle de er[27], hva slags psykisk tilstand de er i, hvor vakre de er ut fra tradisjonelle oppfatninger om hva som er vakkert,[28] og segmentere dem psykografisk.

I Kina er bruk av kunstig intelligens for gjenkjenning av mennesker svært utbredt, og i enkelte skoler har de tatt i bruk systemer som «leser» elevenes ansikter hvert 30. sekund for å analysere deres emosjonelle reaksjon på ulike situasjoner, om de følger med i timen eller gjør noe annet, slik at læreren kan gripe inn dersom det er behov for det. Systemet er omtalt som et «intelligent classroom behaviour management system».[29] Det er i stand til å kartlegge syv emosjonelle tilstander inkludert glad, trist, skuffet, sint, redd og overrasket ved siden av «nøytral»,[30] og det er planlagt innført over hele Kina.

Sammen med China Social Credit system skapes en total overvåking av kinesere, bokstavelig talt fra vogge til grav, og man kan bare spekulere i hvordan kunstig intelligens er i ferd med å skape et samfunn med så sterkt fokus på den enkelte, på godt og vondt. Hva vil dette ha å si for måten kinesiske barn lærer på i skolen? Hva vil det ha å si for seleksjon og rekruttering til høyere utdanning? Hva vil det gjøre med kinesiske barns evne til selvstendig tenkning, refleksjon og kritisk analyse når de allerede fra skolealder må tilpasse seg «systemet»?

**Figur 22.3** Kinesiske studenter blir overvåket i timene. Faksimile fra YouTube https://www.youtube.com/watch?v=4967jb8YbQw

Kunstig intelligens vil påvirke utdanningssektoren på flere andre måter også, ikke minst i kombinasjoner med robotikk. Roboten Sofia er et tidlig eksempel på en humanoid robot som kan utføre selvstendig arbeid. Vil fremtidens lærere også bestå av robot-Sofiaer? Og hvordan kommer vårt forhold til denne type teknologi til å

27 https://how-old.net/

28 Et av selskapene som tilbyr slike tjenester, er kinesiske Face ++. Deres tjeneste er ikke tilgjengelig i Europa grunnet GDPR, den europeiske personvernforordningen. https://www.faceplusplus.com/beauty/

29 http://nordic.businessinsider.com/china-school-facial-recognition-technology-2018-5?r=US&IR=T

30 https://www.telegraph.co.uk/news/2018/05/17/chinese-school-uses-facial-recognition-monitor-student-attention/

bli? Vil vi betrakte disse humanoidene som våre kolleger? Og kan det tenkes at til og med lærerne blir erstattet av teknologi på en måte som gjør at en ivaretar det sosiale fellesskapet mellom elevene, men erstatter læringsdesigneren (læreren) med kunstig intelligens i form av en robot?

I dag trenger vi bare noen sekunders opptak av stemmen din for å etterligne den på en måte som dine nærmeste vanskelig kan forstå er en forfalskning. Denne stemmen kan videre synkroniseres med en videoanimasjon og dermed lage en video som ser ekte ut, noe som er kalt *deep fake*. Resultatet er skremmende realistisk, noe en video «med» Barack Obama utviklet ved University of Washington demonstrerte.[31] Med denne teknologien kan du få hvem som helst til å si hva som helst og ved å bruke kunstig intelligens i en skytjeneste kan hvem som helst også lage slike videoer på kort tid. Instruksjonen som viser hvordan du gjør det, finner du selvsagt på nettet.[32]

Det er vanskelig å mene noe om hvorvidt vi vil se en slik utvikling i fremtiden, men det som er sikkert, er at stadig flere mennesker kommer til å arbeide sammen med roboter som er fulle av kunstig intelligens. Disse vil kunne overta stadig flere av arbeidsoppgavene våre, som å føre regnskap, fylle ut reiseregninger, kontrollere ulike forhold, slik mellomledere ofte gjør i dag, og ikke minst hjelpe oss med å tilrettelegge for oppgaver som vi selv skal løse. Dette innbefatter alt fra å skanne store tekstmengder og lage et sammendrag av innholdet, til å analysere medisinske prøver og ikke minst bistå elever i forskjellige deler av læreprosessen.

En slik utvikling bidrar til at vi må tenke gjennom hva fremtidens mennesker må kunne, og hvilken oppgave utdanningssystemet skal ha i sosialiseringsprosessen. Hvordan virker ny teknologi og nye digitale tjenester inn på arbeidsdelingen mellom skolen og andre institusjoner i samfunnet? Hvilke oppgaver vil være utdanningssektorens viktigste i fremtiden?

## VIRTUELL OG BLANDET VIRKELIGHET SKAPER NYE OPPLEVELSER OG NYE BETINGELSER FOR LÆRING

Virtuell virkelighet kan beskrives som en dataskapt 3D-verden som kan benyttes av mennesker. Ved å bruke 3D-visualiseringer kan vi illustrere «enkle» forhold som en fotosyntese på mye mer levende måter enn gjennom bruk av tradisjonelle medier. Vi kan møte andre mennesker og interagere med dem, i tillegg til mye annet.

Blandet virkelighet (AR = augmented reality) kjenner de fleste fra Pokémon Go. Det betyr at man gjennom AR «legger» virtuelle elementer foran eller oppå virkeligheten sett gjennom en dataskjerm eller skjermbriller. Dette kan være informasjon om hvem som bor i et bestemt hus, hva fjellet du ser i det fjerne heter, og hvor høyt det er, eller kanskje også informasjon om personer i ulike sosiale situasjoner. Slik teknologi kan for eksempel benyttes i språkopplæring der nye termer skal læres. I den virtuelle modellen kan termene plasseres oppå det objektet de tilhører, slik at de som bruker de spesielle VR-brillene, kan «se» det.

31 https://www.washington.edu/news/2017/07/11/lip-syncing-obama-new-tools-turn-audio-clips-into-realistic-video/

32 https://www.deepfakes.club/tutorial/

På denne måten kan man designe læresystemer som utnytter måten hjernen organiserer informasjon på, i romlige dimensjoner. En kjent hukommelsesteknikk er å assosiere elementer som skal huskes, med ulike rom eller steder i rom. Dermed utnyttes assosiative teknikker for å gjøre det enklere å huske. Innlæringen i et slikt system kan gjøres ved at elevene ser termene de skal lære som et tekstlag over den virkelige gjenstanden, omtrent som i Pokémon Go.

VR er i ferd med å bli tatt i bruk i flere sektorer i samfunnet, blant annet i helsesektoren og innenfor bygg og anlegg. Leger kan bruke digitale modeller til å trene seg på kirurgiske inngrep, eller de kan benytte teknologien til å styre robotbaserte operasjonssystemer. VR kan benyttes til å oppleve hvordan et bygg vil fortone seg når det er ferdig bygd, eller hvordan en vei vil komme til å se ut i landskapet. Det er derfor ikke bare fordi VR kan bidra til økt forståelse i læreprosesser at disse teknologiene er viktige, men også fordi de er i ferd med å bli del av verktøykassen til stadig flere yrkesgrupper.

## SOSIAL SAMHANDLING OG LÆRING

Tradisjonelt er læring forstått på tre måter, som teorier bygd på atferdsteoretisk, kognitiv eller sosialkonstruktivistisk tenkning. I det atferdsteoretiske perspektivet har man vært opptatt av å forstå hvordan man best kan bruke positive og negative forsterkere. I det kognitive perspektivet har man vært opptatt av å forstå begrepsdannelse og sammenhenger mellom begreper, termer og deres referanser, mens man i det sosialkonstruktivistiske perspektivet har vært opptatt av å forstå hvordan læring finner sted i en sosial kontekst, gjennom samhandling med andre.

Før internetts tid måtte nesten all sosial samhandling foregå ved at de involverte var på samme sted til samme tid, slik man er på skolen. Med ny teknologi trenger vi ikke å forholde oss til slike begrensninger. Et eksempel er roboten AV1[33], som gjør det mulig for barn som ikke kan være til stede i klasserommet, å følge undervisningen hjemmefra. Roboten overfører lyd og bilde og gjør det mulig for elevene å kommunisere med læreren og de andre elevene. AV1 er en tjeneste som benyttes av elever som for eksempel er langtidssyke. Men man kan også tenke seg slik teknologi benyttet som normalform for læring.

Hvis vi kan kombinere adaptive læreformer, som i stor grad er en måte å iscenesette kognitive læringsteorier på, med det sosialkonstruktivistiske perspektivet der ulike teknologier benyttes for å stimulere sosial samhandling, kan man jo lure på om vi trenger klasserom i fremtiden? Kan vi skape bedre og mer interessante læringsløp som er mer tilpasset den enkelte elev og dens forutsetninger ved å organisere læreprosessene på andre måter, for eksempel slik man gjør gjennom gruppebaserte dataspill der spillerne må samarbeide for å løse større og mer omfattende oppgaver? Kan man ta tilbake leken i læreprosessene og utnytte den naturlige nysgjerrigheten ved å organisere læreprosesser mer dynamisk, med mer varierte læringsobjekter og situasjoner enn det vi er vant med fra klasserommene? Mye tyder på at det vil være tilfellet.

Et viktig spørsmål da er hvilken oppgave utdanningssystemet egentlig har. Hvor viktig er det å tilegne seg generell og spesifikk kunnskap og ferdigheter i for-

33 https://www.noisolation.com/no/av1/

hold til det holdningsskapende elementet? Hvilke arenaer skal etableres for å stimulere dannelsesperspektivet, stimulere til å utvikle holdninger som gjør at fremtidens borgere også vil være gode samfunnsbyggere?

Selv om vi kan organisere læreprosesser effektivt uten å ha noen skole, noe Sugata Mitra har vist fungerer gjennom utviklingen av en skybasert skole basert på SOLE, det han beskriver som *self organized learning environment*[34], trenger vi også i fremtiden arenaer for sosialisering, for utvikling av fellesskapsfølelsen, for utvikling av en identitet der den enkelte kjenner at de hører til i et samfunn. Vil det være nasjonale rammer rundt fremtidens læreprosesser? Eller kan det tenkes at vi får en globalskole der alle i hele verden får tilgang til de samme læringsressursene, automatisk oversatt, slik at alle får dem på eget morsmål?

Hvilke muligheter gir en slik ramme for sosial samhandling på tvers av landegrenser?

Mulighetene for å skape mer interessante, mer effektive og faktisk også betydelig billigere læreprosesser ved å ta i bruk samhandlende teknologier i kombinasjon

**Figur 22.4** Sugata Mitra har utviklet SOLE, self organized learning environments. Kilde: https://www.flickr.com/photos/mikecogh/14215550677

34 https://www.theschoolinthecloud.org/

med kunstig intelligens, iscenesatt gjennom digitale plattformer, er svært nærliggende. Dette lar seg gjøre relativt enkelt, rent teknologisk, men det vil antakelig ta mer enn ti år før vi er kulturelt rustet til å foreta slike endringer.

Dersom den operative læringen, oppgaven med å lære å lese, skrive, regne, handle logisk og rasjonelt og så videre løftes ut av skolen og inn i den virtuelle verden, gjenstår fremdeles noe av det viktigste, nemlig sosialiserings- og dannelsesperspektivet.

Hvilken rolle skal skolen, samtidigheten og det fysiske ha i fremtiden? Hvordan skal samspillet mellom teknologi og mennesker iscenesettes i en fremtid der stadig flere arbeidsprosesser blir erstattet av teknologi?

Det er lett å stille slike spørsmål basert på innsikt i hva som er mulig når det gjelder teknologi og læring. Det er likevel nesten utopisk å tenke at barn og unges inntreden i samfunnet skal kunne organiseres på helt andre måter enn gjennom et skolesystem, selv om det ville vært mer effektivt og føre til bedre og mer interessant læring for de involverte.

Og hva med voksne og deres læring i fremtidens stadig mer virtuelle samfunn?

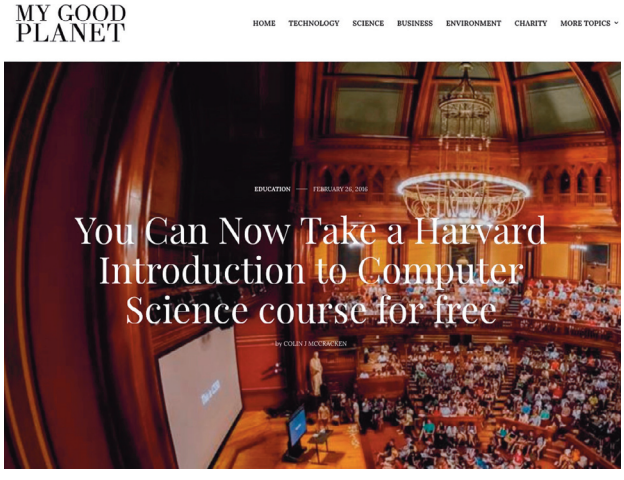
## UNIVERSITETER OG VOKSNES LÆRING

Det første universitet i Norge ble etablert i 1813. Den gang som nå var forelesningene den dominerende undervisningsformen. I boken om *Universitetet i Oslo 1911–1961* heter det at: «Den akademiske undervisning er undervisning av voksne og har til mål å oppdrage de studerende til selvstendig undervisningsdannelse og til respekt også overfor avvikende meninger» (side 20). I

boken omtales blant annet professor Fredrik Thue som en person som var «intenst opptatt av sin egen problemverden, distre og upraktisk. Han hadde gjort den erfaring at 'hvis noe overhodet kan misforståes, så blir det misforstått' og følgelig dikterte han sine forelesninger [...] Thue kunne slutte en forelesning foran et komma, og begynne den neste med å diktere skilletegnet» (side 480).

Forelesningen, der studentene noterer momenter fra innholdet underveis, er den kanskje minst effektive læreformen,[35] og tiden er overmoden for å erstatte flesteparten av forelesningene med mer studentaktive læreformer. Det kan bety at man tar i bruk adaptive læresystemer i en rekke fag, at man gjør bruk av spill eller simulatorbaserte læresystemer som fremstiller virkelige situasjoner. Samtidig kan studentene samarbeide digitalt for å skape ny kunnskap eller bidra til å formidle eksisterende kunnskap.

Plattformene gir tilgang til de beste og mest inspirerende lærekreftene i verden og i kombinasjon med VR-teknologi kan de gi en realistisk illusjon av å være til stede sammen med andre studenter. Det er dette Harvard har gjort med sitt mest populære kurs, CS50, som er innføringskurset i «computer science».[36, 37] Dette kurset tilbys både som tradisjonelt campuskurs, som virtuelt kurs og som nettkurs gjennom HarvardX, det digitale Harvard. Slike kurs er svært dyre å produsere, og Harvard samarbeider med Microsoft både på innholds- og teknologisiden, noe som også er unikt for denne institusjonen.




**Figur 22.5** På Harvard kan man følge kurs gjennom virtual reality. Skjermbilde fra http://mygoodplanet.com/harvard-computer-science/

Gjennom de mange nye læringsplattformene, slik som edX, Coursera og Udacity, skapes det flersidige markeder der ikke bare kurs, men hele grader kan tas digitalt. Dette innebærer ikke at studentene gjør alt arbeidet alene eller bare i samspill med datasystemene, men at de også samhandler sosialt med andre studenter. Slikt samarbeid kan være i form av VR-systemer eller enklere tekstbaserte systemer som har som mål å bidra til refleksjon og sosial kontakt. Harvard og Stanford er blant universitetene som satser mest på å endre fremti-

35 http://www.sciencemag.org/news/2014/05/lectures-arent-just-boring-theyre-ineffective-too-study-finds

36 https://online-learning.harvard.edu/course/cs50-introduction-computer-science

37 https://www.thecrimson.com/article/2016/8/31/CS50-moves-from-lectures/

dens læreformer. Ved Harvard har de en egen prorektor for «advances in learning»,[38] og de arbeider systematisk med å evaluere erfaringer fra ulike digitale læringsdesign med tanke på kontinuerlige forbedringer.

Også Stanford satser mye på digitale læreprosesser, ikke bare for campusstudenter, men også for andre gjennom sitt svært omfattende MOOC-initiativ. Massive open online courses består gjennom Stanford Online av over 160 kurs som så langt har hatt mer enn ti millioner studenter.[39] De tilbyr ikke bare kursene på nett i form av forelesninger og øvingsoppgaver, men eksperimenterer også med ulike læringsdesign, slik som problembasert læring, ulike VR-teknologier, adaptive læresystemer og ikke minst bruk av ulike former for kunstig intelligens. Mange av disse kursene utvikles og gjennomføres av store staber, iblant støttet av en «science demo guru», en stillings- eller funksjonsbetegnelse som ennå ikke er tatt i bruk i det norske utdanningssystemet.[40]

Hvilke konsekvenser vil fremveksten av slike kurs, designet og gjennomført av noen av de fremste ekspertene i verden, støttet av et stort profesjonelt apparat, ha for utviklingen av norske universiteter? Kan vi konkurrere med vår enkle «forelesning–ta notater–øv–ta eksamen»-modell? Hvilken funksjon vil campus få når de beste læreprosessene er digitale og kan involvere studenter og andre ressurser uavhengig av deres fysiske plassering?

Når læreprosesser frigjøres fra fysiske læresteder, oppstår det også nye muligheter for å lære andre steder enn en tradisjonelt har kunnet gjøre, for eksempel i en arbeidssituasjon. Ved å fleksibilisere læringsressurser kan opplæring knyttes tett opp til situasjoner der det er behov for kunnskap, eller til miljøene der den som ønsker å utvikle sin kompetanse, arbeider.

Digitale læringsressurser fra ulike leverandører kan også settes sammen slik at de blir optimalt tilpasset den enkelte virksomhet og dens medarbeidere. Læring kan dermed bli en del av selve arbeidsprosessen, noe som kan komme til å endre det fremtidige forholdet mellom dem som i dag kjøper kurs, og dem som arbeider med etter- og videreutdanning.

## HVA TRENGER VI Å LÆRE?

Et like viktig spørsmål som *hvordan* læring kommer til å bli, og hvem som vil tilby den, er spørsmålet om hva man trenger å kunne og lære i fremtiden. Vi går en tid i møte der nye muliggjørende teknologier vil endre store deler av samfunnet, som er det denne boken handler om. Hvilke konsekvenser vil det ha for hva vi trenger lære, hva vi må kunne noe om?

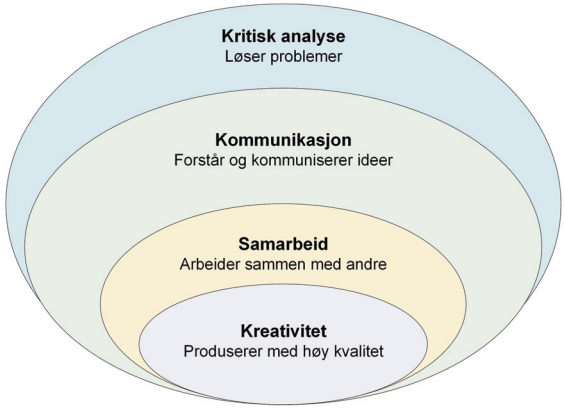
Dette er det *21st century skills* handler om, et rammeverk som er tatt i bruk i store deler av verden. De sentrale elementene handler om kommunikasjon (muntlig og skriftlig), kreativitet, samarbeid og samhandling og kritisk tenkning. I en verden der alternative fakta og falske nyheter er blitt del av allmennspråket, har dette blitt stadig viktigere kompetanser.

I norsk skole er det innført et rammeverk for lærernes profesjonsfaglige digitale kompetanse som skal bidra

38 https://news.harvard.edu/gazette/story/2018/07/bharat-anand-to-take-over-as-harvards-vice-provost-for-advances-in-learning/

39 https://news.stanford.edu/2018/06/22/moocs/

40 https://physicsworld.com/a/amazing-science-demo-five-double-doppler-with-train-set/ Se for eksempel https://www.edx.org/bio/daniel-rosenberg




**Figur 22.6** Ferdigheter for det 21. århundre.

til å sikre at fremtidens elever også får utviklet sin digitale kompetanse gjennom skolesystemet. Hvilke konsekvenser dette vil ha i praksis med tanke på *hva* elevene lærer på skolen, gjenstår å se.

Det er vanskelig å se hvilken vei utviklingen går når det gjelder bruk av teknologi for å designe bedre og mer effektive læreprosesser. Det som er sikkert, er at de teknologiske mulighetene er mange, og at det er et organisatorisk etterslep når det gjelder digital kompetanse i utdanningssektoren. Og da blir et viktig spørsmål: Hvem skal utdanne utdannerne?

## KONKLUSJON: TEKNOLOGI, ORGANISASJON ELLER POLITIKK?

Teknologi og digitalisering endrer arbeidsprosesser, noe eksemplene i denne artikkelen har demonstrert. Dersom vi skal kunne utnytte mulighetene, kan vi ikke bare erstatte de gamle papirbaserte arbeidsprosessene med digitale flater. Vi må også se på hvordan vi kan organisere arbeidet på nye og mer effektive måter. Dermed berører vi kjernen i måten utdanningssamfunnet er organisert på. Vi berører maktforhold, arbeidsdelingen mellom ulike profesjoner og selve grunnstrukturen i organisering av utdanning på alle nivåer, bruken av klasser, aldersbasert tilknytning til klassene, lærerens rolle og forholdet til dem som planlegger og styrer.

Gjennom bruk av disse teknologiene vil vi kunne få styringsdata på «kinesisk nivå» om vi ønsker det, hvilket gjør det meste av rapporteringer som dagens skoler driver med, overflødig. De adaptive læresystemene vil vite nøyaktig hva elevene kan, og hva de ikke kan. Dette gjør alle eksamener overflødige også. Har man rundet et dataspill, har man etablert et mestringsnivå som ikke trengs å testes på andre måter. Hvilke konsekvenser vil dette ha for måten utdanningssektoren styres på, og for utdanningspolitikken?

Når vi har omfattende kunnskap om digitale læreprosesser og hvordan de kan iscenesettes, virker det unektelig litt rart at dagens politikere velger å bruke flere milliarder på økt lærertetthet i grunnskolen, enda de har ny dokumentasjon på at dette ikke fører til bedre læring.[41] I undersøkelsen fra SSB heter det at «vi finner ingen signifikante effekter på elevenes læringsutbytte, verken på karakterer ved avsluttet grunnskole, nasjonale prøver på 9. trinn, fravær eller tidlige mål på gjennomstrømming i videregående opplæring».

41 https://www.ssb.no/utdanning/artikler-og-publikasjoner/effekter-av-satsing-pa-okt-laerertetthet—331946

De politiske virkemidlene som iverksettes i 2018, har tilnærmet ingen effekt på det man ønsker å endre, men de tilfredsstiller ønskene til en stor gruppe arbeidstakere – lærerne.

Politikerne ønsker med andre ord heller å tilfredsstille sentrale interessegrupper enn å gjennomføre tiltak som har større sannsynlighet for å skape positive læringseffekter, slik som bruk av former for digitale læringsressurser. Gjennom å ta eierskap til digitaliseringen av skolen har sektoren selv utviklet betegnelsen *profesjonsfaglig digital kompetanse*[42] og et eget rammeverk for det samme.[43] Men om man studerer dette rammeverket nærmere, finner man at de organisatoriske forutsetningene for redesign av læreprosesser ikke er tenkt endret. Teknologien og de nye digitale tjenestene skal med andre ord innpasses i det eksisterende regimet, der læreren ses som den viktigste ressursen for elevenes læring.

Så lenge politikk trumfer kunnskap om hva som virker, og så lenge sektoren selv får bestemme endringstakten, spørs det om det kommer endringer av betydning de neste tiårene.

Peter Drucker hadde nok rett i at kultur spiser strategi til frokost.

---

42 https://iktsenteret.no/aktuelt/hva-er-profesjonsfaglig-digital-kompetanse

43 https://www.udir.no/kvalitet-og-kompetanse/profesjonsfaglig-digital-kompetanse/rammeverk-larerens-profesjonsfaglige-digitale-komp/