

Arne Maus (okt. 2007):

Informasjonsteknologi, vitenskap og samfunnsmessige virkninger

1. Innledning

Denne artikkelen handler om data- og datanetteknologi - med et samlebegrep ofte kalt informasjons og kommunikasjons-teknologi eller IKT . Vi skal først se hvordan disse teknologiene har utviklet seg, hvordan det vil se ut i løp av de neste 10 år og deretter hvilke samfunnsmessige konsekvenser vi kan få av denne utviklingen. I dette bildet vil vi søke å se på vitenskapens rolle og noen etiske dilemma som reiser seg.

Før vi kan begynne med selve fortellingen, må vi definere ordene *data* og *informasjon*. Data er de tall, bokstaver, bilder o.l. som fraktes rundt i datanett og som blir lagret og behandlet i datamaskiner. Dataene behandles automatisk. Informasjon derimot er det et menneske får vite når hun leser data. For at data skal si noe til det mennesket som leser, må dataene være forståelige og si noe nytt til vedkommende. To eksempler kan klargjøre. Anta at du får utlevert en lærebok på et språk du absolutt ikke behersker. Det står kanskje mye interessant i boka, men den gir deg ingen informasjon fordi du ikke vet hva teksten og bildene i boka betyr. Helt tilsvarende situasjon får du hvis du leser en lærebok der du kan alt - f.eks. begynnerboka i engelsk eller matte fra barneskolen. Du leser og forstår alt, men det gir deg likevel intet nytt - du får ingen informasjon. Vi ser at informasjon oppstår når mennesker leser data de har forutsetninger for å forstå. Hvilken informasjon vi får ut av en gitt mengde data er avhengig av hvilke forutsetninger hver enkelt leser har. Dataene må inneholde delvis nye opplysninger til leseren, og opplysningene må være korrekte, oppdaterte og relevante. Kort sagt kan vi si at informasjon kodes som data. Data må tolkes for å bli til informasjon.

2. Hva er informasjonsteknologi

Når vi snakker om IKT, snakker vi egentlig om to ulike teknologier som de siste årene er blitt så avhengig av hverandre at de godt kan behandles sammen. Teknologiene er mikroelektronikk (mikroprosessorer, hukommelsesbrikker og andre integrerte kretser) og bruken av denne og overføringsteknologi (datanett) for alle typer av data som tall, bokstaver, lyd, bilder og video. Disse teknologiene har hatt en revolusjonerende utvikling de siste 50 årene - en revolusjon som kommer til å fortsette i minst 10 år til. Vi vil drøfte den samfunnsmessige karakteren til denne revolusjonen nærmere i delkapittel 3. I dette delkapittelet skal vi forklare selve teknologien.

2.1 Mikroelektronikk

Elektroniske datamaskiner ble i 40- og 50-årene laget med radiorør, men rundt 1960 begynte man å bruke transistorer. Etter noen år fant man ut at istedenfor å sette maskinene sammen av enkeltstående transistorer, kunne man produsere flere transistorer sammen på overflaten til et glasslignende materiale, silisium - og den integrerte kretsen (også kalt brikke) var skapt. Slike brikker er på størrelse med en negl. I 2006 er det på det meste over 1 milliard transistorer

etset inn på overflaten av en slik silisiumbrikke når brikken er regneenheten i en datamaskin. På enklere konstruksjoner, som hukommelsesbrikker, kan det være langt flere transistorer – flere milliarder.

Måten brikken produseres på, er ikke vanskelig å forstå. Den minner i stor grad om prosessen ved å kopiere vanlige fotografier fra 'gammeldags' film. Mens bilder blir forstørret fra negativ film til papirkopi, blir det på silisiumbrikken forminsket ned store ingeniørtegninger. En slik integrert krets består typisk av fra 5 til 7 lag av silisium med ulike egenskaper. Ovenfra ser det ut som linjer eller ledninger som ligger i kryss oppå hverandre. Grovt sett får vi en transistor der hvor tre slike ledninger krysses, og resten av ledningene nyttes til å frakte elektrisiteten fra en transistor til den neste. For å lage et slikt lag med 'ledninger', påføres brikken et lysømfintlig belegg. Belegget belyses med en forminsket tegning av hvordan ledningene skal gå, og etter belysningen kan det som ikke er belyst, vaskes bort - akkurat som ved vanlig fotokopiering. Så gjentas prosessen med nye belegg, nye belysninger av neste ledningsnett og ny 'fremkalling'.

Utfordringen i denne prosessen er å stadig utvikle bedre metoder for å forminske slike ingeniørtegninger, og greie å kopiere det neste bildet riktig i forhold til det forrige. Kort sagt, bli bedre til å forminske bilder. Dette er man stadig blitt flinkere til, slik at det tar omlag 18 måneder mellom hver gang man greier å få dobbelt så mange transistorer ned på en silisiumbrikke. Legg merke til at dette er en ekte eksponensiell vekst. Man har altså brukt omlag 40 år på å få omlag 1 milliard transistorer på en brikke, men vil bruke bare halvannet år på å øke med de neste 1 milliard transistorene så vi får 2 milliarder til sammen. Deretter vil vi igjen bruke halvannet år på de neste 2 milliarder transistorer, osv. Denne doblingen regner man nå med kan fortsette i 5-10 år til så langt man nå har oversikt over teknologien.

Prisen på en slik brikke er høy når den er ny - opp mot \$4000, men faller fort til omlag \$10 - \$1 når den er noen år gammel. Etter ca. 5 år er brikken foreldet og utkonkurrert av nyere brikker. Totalt selges det mikroelektronikk for omlag 1100 milliarder kroner i 2002. De fleste tror at mikroelektronikk nesten bare brukes i datamaskiner og særlig da PC-er som det på verdensbasis blir solgt omlag 150 millioner av i 2003, Dette er en misforståelse. Over 90 % av alle de integrerte kretsene som produseres, nyttes ikke i PC-er, men som 'innbakt elektronikk' i alle typer av industri- og forbruksartikler, i telefonsentraler, stereoanlegg, biler, strykejern, varmeovner, klokker, brødrister, våpen, lyspærerosv. Det er vanskelig i dag å tenke seg et produkt som nytter elektrisitet, og som ikke har en eller flere slike integrerte kretser innlagt i produktet. Hensikten med en slik liten innbakt 'regnemaskin' i et produkt er å gi produktet bedre egenskaper, litt 'smart' oppførsel, og gjøre produktene billigere ved å erstatte tidligere mekaniske løsninger. Å forstå IKT-revolusjonen bare ved å se på PC-ene og datanett er derfor ikke mulig - vi må søke å se på virkningene av alle disse produktene med innbakt mikroelektronikk.

Billige integrerte kretser med fantastisk antall transistorer er i seg selv ikke brukbare til noe som helst. For at vi skal kunne nytte integrerte kretser, må de gå igjennom en lang og relativt kostbar prosess:

1. Kretsen er produsert som beskrevet ovenfor
2. En eller flere integrerte kretser må kobles sammen i en konstruksjon. Denne må ha strømforsyning og utstyr som kan gi innlesning og utskrift av data.. (Et enkelt eksempel er en kvartsklokke hvor vi har en klokkekasse, batteri, kvartskrystall som innlesning og visere med en liten elektromotor for utlesning.)

- De fleste integrerte kretser lages i store kvanta og er generelle. De må gis et program for å utføre sin spesielle funksjon. Det å lage et program, f.eks. et regnskapsprogram eller et industri-robot program, til en slik konstruksjoner er ofte en langt vanskeligere og mer kostbart enn å lage en integrert krets.
- Selv om nå har laget en ferdig programmert konstruksjon, må den ofte knyttes sammen med et større teknisk anlegg (datanett, industrimaskiner,..) for å utføre sin tiltenkte oppgave.
- Sist, men ikke minst, må en slik elektronisk innføres i en organisasjon, bedrift eller i hjemmet før den kan brukes - mennesker skal lære å samarbeide med denne nye maskinen, akseptere den og ta den produktivt i bruk. Dette gjelder ikke bare enkeltstående kontorPC-er, men også større systemer som f.eks. et nytt bank- eller trykkesystem eller en ny produksjonsmaskin i en bedrift.

Hvert steg i denne prosessen fra produksjon av integrerte kretser til de er i bruk i samfunnet, er dyr og tar tid. Typisk vil vi få en 2- til 10-dobling av prisen fra forrige ledd. De enkleste produktene, som brødrister, leker og klokker, går ikke gjennom de to siste stegene. De er derfor betydelig rimeligere enn samme 'datakraft' i bruk i en bedrift.

Denne prosessen favoriserer også i sterk grad masseproduksjon fordi utviklingskostnadene er enorme, mens produksjonskostnadene for neste eksemplar er nesten neglisjerbare. Særlig gjelder dette utviklingen av integrerte kretser og programmeringen. Man kan nytte noen hundre millioner kroner til å lage et godt tekstbehandlingsprogram. Men det koster mindre enn kr 100 å produsere en ny kopi for salg. Da er det tapsbringende å bare selge noen få tusen programmer, men svært god forretning å selge produktet i millionvis, slik Microsoft gjør.

2.2 Datanett

Utviklingen på telesiden har gått over lenger tid enn datateknologien. Telegrafene og telefonen ble oppfunnet på 1800-tallet. Gamle investeringer, som må avskrives, hindrer et raskt prisfall. Men vi ser nå at prisene på teletjenestene faller. I perioden 1984- 96 ble de reelle utgifter til teletjenester omlag halvert i Norge, og mer enn halvert igjen 1997-2006. Sterke priskutt kommer også i årene framover. Samtidig vil datatrafikken øke radikalt og antall ansatte bli sterkt redusert. Reduksjonen i antall ansatte er et fellestrekk for alle televerk i den vestlige verden og har sin bakgrunn i en teknisk utvikling. Det er nå slik at det er langt mer datatrafikk enn analog telefontrafikk i telenettet.

Vi kan skille ut tre tekniske trekk som gjør at dataoverføring både vil bli sterkt utbygget i kapasitet og vil falle sterkt i pris:

- Telefonsentralene lages med samme teknikk som datamaskiner - integrerte kretser. Evnen til overføre og omkoble et større antall telesamband øker tilsvarende. Prisene faller. De nye telefonsentralene bruker også en ny, digital teknikk framfor den gamle analoge metoden. Dette muliggjør mye raskere dataoverføring og uten tap av kvalitet i signalene. De nye sentralen er mye mindre enn de gamle, og trenger langt mindre tilsyn og vedlikehold. Alt dette sparer penger og øker kapasiteten.
- Nye overføringsmedia, særlig bruk av optiske glassfiberkabler, har langt større kapasitet enn de gamle kobberkablene. En titusentalls telefonsamtaler kan overføres samtidig i en slik hårtynn glassfiberkabel. Signaler blir da sendt som

lyssignaler på hver sin bølgelengde, ' med hver sin farge'. Først må de elektriske signalene oversettes fra elektriske signaler til lys, og deretter tilbake fra lys til elektriske signaler hos mottageren. Disse glassfiberkablene blir stadig bedre til å overføre flere signaler, og man trenger stadig færre forsterkere langs en slik lang optisk signalkabel. Også signalering via høyfrekvente radiobølger gjør store framskritt.

- Man blir også flinkere til å utnytte de eksisterende kablene. Spesielt er det viktig at de gamle kobberledningene som går fra koblingsbokser ute i veien og inn i de enkelte hjem kan utnyttes bedre. Disse kablene er faktisk den største investeringene i hele telesystemet. Nye signaleringsteknikker vil i årene som kommer kunne føre omlag 100 ganger så mye data som dagens teknikker på disse kablene. I tillegg komprimerer og koder man nå data slik at vi trenger langt færre data for å overføre en viss mengde informasjon.

Kort sagt får man full fordel at utviklingen av innen mikroelektronikken i hver telefonsentral, samtidig som man har fått bedre overføringsmedia som optisk fiber, og sist men ikke minst blir man mye flinkere til å utnytte eksisterende linjer. Vi får innen kort tid enda billigere teletjenester med langt høyere kapasitet. Siden datatrafikken dominerer i nettet, blir også vanlige telefonsamtaler digitalisert og overført som datatrafikk i et stort, globalt datanett (som IP-trafikk i et globalt Ethernet).

2.3 Andre teknologier

Bruk av datateknologi hviler i noen anvendelser på bruk av andre teknologier. I PC-er ble det tidligere nytted dataskjermer, men nå har flatskjermene overtatt. Det tok imidlertid over 15 år fra flatskjermer var laget i de første versjonene til de virkelig overtok hele markedet. Man var helt avhengig av at flatskjermene først slo an i TV-markedet, og at den masseproduksjonen presset prisene ned til et akseptabelt nivå..

Harddisker og andre typer lagringsmedia skrivbare CD og DVD-plater holder godt tritt med elektronikken når det gjelder pris og lagringsmengder, men ikke når det gjelder hastighet. Den sentrale regneenheten i en datamaskin kan lese et ord omlag en million ganger raskere fra sitt eget interne lager enn fra disken. Svært mye av innmaten og programvarene i en PC går med til å utjevne og glatte over denne hastighetsforskjellen.

2.4 Hvor går grensene teknisk utvikling

Vi er nå er inne i en rivende utvikling av integrerte kretser og datanett og noen tilhørende teknologier. Men dette betyr ikke at denne utviklingen vil fortsette evig. Både økonomisk, og ikke minst fysisk, finnes det grenser som denne utviklingen ikke kan overskride. Noen av viktige skal nevnes her:

- Som nevnt ovenfor består mikroelektronikk av et finmasket mønster av linjer som er forminsknet ned på en brikke av silisium. Det opplagt grenser for hvor tynne disse linjene kan bli. Bredden av ett eneste atom er opplagt en slik grense. En annen grense møter vi før dette. Den settes av måten man forminsker på. Dagens linjebredde er omlag er omlag 0,045 tusendels millimeter. Siden man nytter lys for å få til denne forminskningen, regnes det i dag med at 0,010 tusendels millimeter er en praktisk nedre grense for dagens metoder. Skarpere tror man nå at man ikke

fokusere lys. Man vurderer imidlertid å gå over til røntgenstråling og andre teknikker for å kunne lage enda tynnere linjemønstre. Debatten om hvor fine linjer man kan lage, har pågått lenge. Allerede i 1978 var det bekymrede artikler i fagpressen om at nå var grensen kanskje nådd. Det synes som man stadig greier å forbedre metodene til man kommer ned mot de opplagt vanskeligere problemene man møter på nær atomnivå.

- Økonomisk viser det seg at hver ny fabrikk for produksjon av integrerte kretser blir stadig dyrere. Neste generasjon av integrerte kretser vil kreve en fabrikk til omlag 7 milliarder kroner. Økonomisk er det derfor kanskje grenser. Råstoff er det derimot nok av. Silisium er en av de hyppigst forekommende grunnstoffene i naturen og utgjør ca. 16 % av jordens overflate - finnes f.eks. i sand.
- Selv om man ikke kan sende et signal raskere enn lyshastigheten, synes det ikke å være noen klar grense for hvor mye data man kan overføre per sekund. Det er imidlertid ingen vits i å sende et signal raskere enn det kan bli mottatt. Alle signaler som sendes, blir lagret i raske integrerte kretser. Raskere enn de integrerte kretsene greier å motta data, bør man ikke sende. I praksis vil det si noen 'få' milliarder tegn per sekund på en datalinje, og hvis man nytter flere datalinjer parallelt, kan dette tallet økes. Men data som sendes på en linje (optisk eller elektrisk) vil bli utsatt for forvansking og forsinkelser og vil gradvis bli ødelagt. Jo kortere man skal sende et signal, jo flere tegn per sekund kan man overføre.
- Produsentene av integrerte kretser har de siste årene sett at de ikke greier å både lage raskere kretser samtidig som hver transistor på en brikke blir mindre (flere transistorer per brikke). Det kommer av den samlede varmegangen fra alle transistorene på brikken. Hver transistor lekker bitte litt strøm og lager da bitte litt varme. Varmen fra mer enn 1 milliard slike på en flate på 1-2 cm² er formidabel. Denne overflaten er langt varmere enn en rødglødende kokeplate på en vanlig komfyr. Kjøres kretsen på en høyere klokkefrekvens vil den smelte (og regne feil lenge før det). De siste 5 årene 2002-2007 har klokkehastigheten for en CPU derfor i praksis vært begrenset av 3 GHz – 3 milliarder klokketikk per sekund. Man har isteden for brukt et økende antall transistorer til å lage 2, 4, 8 og snart mange enkelt-CPUer på samme brikke (dual-core, quad-core,...). Regnekapasiteten øker da ved at man greier å parallelisere beregningene – dvs. dele opp og spre én beregning ut på flere uavhengige beregningsenheter som går i parallell.

Det ovenstående beskriver forbedringer i dagen teknologi. I tillegg arbeides det med en rekke helt nye teknologier som å 'gro' biologisk forbindelsene i en datamaskin eller nytte lys istedenfor elektrisitet tvers gjennom all elektronikken (som da må kalles optronikk). Dette siste ville øke hastigheten på beregningene som kan gjøres, omlag 1000 ganger. Det synes langt fram for slike teknologier. Det viser seg også at det er vanskelig å komme inn på markedet med en helt ny måte å gjøre tingene på. Man konkurrerer med en stadig mer effektiv 'gammel' teknologi. Nye måter å koble tett sammen mange rimelige datamaskiner, vil også kunne gi tilsvarende økninger i beregnings-, overførings- og lagringskapasiteten.

Konklusjon: Det er neppe dristig å påstå at vi de neste 5-10 årene vil oppleve en tilsvarende vekstkurve som den foregående periode, dvs. en ca. 100-dobling av regne-, lagrings- og overføringskapasiteten til faste priser - og dermed også et dramatisk prisfall på datautstyr som yter dagens nivå. Imidlertid har selve regnehastigheten på en CPU stoppet (midlertidig?) opp. Skal man regne raskere på et problem må det derfor paralleliseres til flere CPUer. På lang sikt må imidlertid denne veksten flate ut - når vet ingen.

3. Hva slags revolusjon

I det foregående er det snakket om en revolusjon i en teknologi hele vår produksjon og de aller fleste produkter er bygget på. Hvilke trekk har denne? Kan den sammenlignes med noen av de tidligere erfaring vi har eller står vi overfor noe helt nytt? Kan vi lære noe av teknologihistorien? Vi har tidligere sett hvordan ny teknologi som spinnemaskinene i ullindustrien, damp, tog, elektrisitet, fly og biler har omformet det samfunnet vi lever i.

IKT har trekk som gjør den relativt unik i teknologihistorien, og det er bare sammenligninger med dampkraften og særlig elektrisitet som synes meningsfulle. Men også her finner vi interessante forskjeller.

- IKT kommer i alle sektorer og yrker på samme måte som elektrisiteten.
- I motsetning til elektrisiteten opplever vi et kraftig og vedvarende prisfall for IKT med halvering av prisene hvert halvannet år. Dersom vi ønsker å automatisere en type arbeid, og finner en kanskje dyr teknisk løsning i dag med IKT, er det bare å vente noen få år. Snart vil denne, eller en forbedret løsning, utkonkurrere de ansatte på pris.
- Da elektrisiteten (og telefonen) kom, ble det skapt en meget stor virksomhet i samfunnet med utbygging av ny infrastruktur som kraftverk, overføringslinjer og fordelingsnett (både for strøm og telefon). Vi fikk også en rad nye produkter som komfyrer, kjøleskap, radio, TV, stereo osv. Dette var store industrigrener som den gangen sysselsatte mange mennesker. Dagens IKT har, utenom sin egen produksjon, skapt lite slik ny infrastruktur. I all hovedsak nyttes eksisterende infrastruktur, f.eks. nytter Internettet i utgangspunktet det gamle telefonnettet, men der er alle sentralene er byttet ut med datanett og mange nye optiske fibrer er lagt. Vi ser også at de som har fått størst vekst i omsetningen: Televerkene og dataprodusentene (IBM, HP, Dell, Apple), reduserer antall ansatte kraftig (eller har gått konkurs). IKT-industrien er kapitalintensiv, og sysselsetter ikke mange mennesker. Et unntak finner vi likevel i programvareindustrien som lager spesiell programvare for enkeltkunder. Selv om de stadig må konkurrere sterkere med standardiserte løsninger, er det her fortsatt vekst i sysselsettingen.
- Det er imidlertid riktig å si at alle typer produkter både fra industri og tjenesteytende sektor (bank, sykehus,...) fornyes hele tiden med bruk av IT. Det er her ny sysselsetting med bakgrunn i IKT eventuelt vil komme.
- Da elektrisiteten kom, ble det etter en del år utviklet lette små elektromotorer som utfører arbeid i alle typer produkter. Dette arbeidet ble enten ikke ble gjort tidligere eller det ble gjort manuelt. I et vanlig norsk hjem er det et femtital slike små elektromotorer som gjør litt arbeid i CD og DVD-spillere, i kjøleskap, støvsugere og vaskemaskiner, i biler og klokker, kjøkkenmaskiner osv. Helt tilsvarende finner vi integrerte kretser, som tidligere beskrevet rundt i alle typer produkter i hjemmet. Antall slike kretser er sannsynligvis allerede langt høyere enn antall små elektromotorer. Der de er plassert, erstatter de litt tankearbeid. Vi har altså to typer teknologier, elektrisiteten og IKT, som erstatter hhv. noe av muskel- og tankearbeidet. Tilbake står grovt sett PÅ-knappen for deg som forbruker.
- IKT-utstyr slites stort sett ikke ut - det foreldes. De elektriske apparatene hadde ofte mange bevegelige mekaniske deler og var sterkt utsatt for slitasje. Behovet for en rad med vedlikeholdsteknikere synker der IKT-løsninger tar over for tidligere mekaniske løsninger (telefonsentraler, skrivemaskiner).

- Innføringstakten av IKT er meget høy, delvis på grunn av det vedvarende prisfallet, og sannsynligvis langt raskere enn ved innføringen av elektrisiteten. Dette har sannsynligvis en positiv effekt på sysselsettingen. Siden mange IKT-løsninger er foreldet på 5 - 10 års sikt, er faktisk langt de fleste innen programvareutvikling sysselsatt med å fornye gamle løsninger eller å lage helt nye løsninger som erstatning for gamle IKT-systemer. Hvis og når IKT-utviklingen flater ut vil dette fornyingspresset minske tilsvarende.

Vi ser altså som en konklusjon at IKT er en revolusjon av produkter og produksjonsprosesser i samfunnet som har mange likhetstrekk med, men også store forskjeller fra, innføringen av elektrisiteten. I sum synes særlig de sysselsettingsmessige virkningene av selve IKT å være mindre enn ved innføring av elektrisiteten, men nye tjenester og produkter som ikke framstår som IKT, men som inneholder mye IKT, synes å skape en sterk og vedvarende vekst, også i sysselsettingen

4. Drivkreftene bak IKT -teknologien

Når samfunnet endres på grunn av en ny teknologi eller av andre grunner, kan man spørre om hva er drivkreftene. Hvorfor kom denne nye teknologien og hva driver den videre?

Vi skal starte med to mulige forklaringer til hvorfor det hele startet.

- **Geniale enkeltoppfinnere.** Når nye tekniske apparater konstrueres, er det alltid enkeltpersoner som gjør en bemerkelsesverdig innsats, som vi kan si fant opp gjenstanden. I en viss utstrekning er det også slik. Enkeltpersoner som Babbage på 1800-tallet, som fikk den britiske regjeringen til å finansiere relativt store planer om å lage to mekaniske regnemaskiner (maskinene var i prinsippet riktige, men på grunn av dårlig mekanikk, virket de aldri). Likeledes kan man peke på Konrad Zuse i Tyskland før og under den siste verdenskrig var drevet av en sterk oppfinnertrang og faktisk greide å lage den første virkende programmerte elektromekaniske regnemaskin (Babbage var professor i matematikk og Zuse var ingeniør i den tyske flyindustrien). Det er imidlertid galt å si at deres innsats startet IKT-industrien - de var pionerer. De som faktisk startet det hele visste ikke om Babbage og Zuses innsats. De tilhørte neste forklaring.
- **Militæret.** Under den andre verdenskrigen oppstod det uavhengig i England og USA behov for mer regnekraft enn det man kunne utføre for hånd. I England var man interessert i å knekke tyskernes hemmelige militære kodemeldinger (noe de klarte) og i USA skulle de lage en atombombe. Begge steder ble det utviklet elektroniske regnemaskiner basert på radiorør som regnet omlag 1000 ganger raskere enn Zuses maskin. Finansieringen av prosjektene stod det militæret for. Etter krigen ble utviklingen av nye modeller av datamaskinene overlatt til universiteter, og i slutten av 40-årene ble de første datamaskinproduserende firmaene dannet. Også i Norge har vi en tilsvarende men noe senere utvikling. Den tidligere norske dataindustrien med Norsk Data, Kongsberg Våpenfabrikk og Mycron hadde sitt utgangspunkt i aktivitet som startet ved Forsvarets Forskningsinstitutt på Kjeller i 50-åra.

Etter at geniale enkeltoppfinnere for såvidt hadde funnet opp prinsippene uten at det fikk innvirkning på historien og det militæret og en verdenskrig drev fram en utvikling, kom dataindustrien for fullt igang på femtitallet etter et lite mellomspill ved universiteter og andre

offentlige forskningsinstitutter. Det er imidlertid for enkelt å si at IKT-utviklingen fra da ble bare drevet frem av en stadig sterkere IKT-industri. Dagens viktigste aktører er:

- **IKT-industrien.** En av de viktigste drivkreftene er selvsagt ønsket om å være et hestehode før konkurrentene, å høste høy fortjeneste ved å produsere først de ny integrerte kretsene og neste generasjon datamaskiner, nye produkter med elektronikk innbakt eller nye og bedre dataprogrammer.
- **Kundene.** For produsenter av andre produkter og tjenester er det viktig å produsere billigst mulig ved en løpende rasjonalisering. Et viktig middel i denne konkurransen er å lage nye produkter og tjenester basert på billigere og raskere elektronikk. Dette gjelder såvel bilindustri, banker og forsikringsselskaper som leketøy- og våpenprodusenter. I stor grad vil alle produsenter i dag ha mye av sin konkurransekraft knyttet til effektiv utnyttelse av IKT. Presset fra kundene er stort.
- **Det offentlige.** Mye av nyvinningene siden starten av IKT-industrien for nesten 50 år siden har vært, og er sterkt subsidiert av det offentlige. Det var f.eks. det militæret og romfartsindustrien som betalte starten på utvikling av integrerte kretser - dvs. flere transistorer på en brikke. På grunn av behovet for lett og kompakt styreelektronikk i rakettenes, var det offentlige villige til å betale forskning og utviklingen av det som nå er blitt en av verdens største industrigrener. Fremdeles går en stor del av de offentlige forskningsmidlene til IKT-relatert forskning - man ser konkurransen mellom land og grupper av land ofte blir bygget på hvor langt i forkant man er innen IKT (Japan mot USA mot Europa). Den største enkeltsatsningen, med 28% av EUs forskningsmidler på totalt 99 milliarder kr., gikk i det nåværende rammeprogram til industrirettet IKT-forskning. Der skal industri, forskningsinstitusjoner og universiteter i størst mulig grad forske på produktideer som kan realiseres på relativt kort sikt. (Forfatteren av denne artikkelen var f.eks. prosjektleder fra Universitetet i Oslo, Inst. for informatikk for ett slikt EU-prosjekt som var et samarbeid rundt den tidligere italienske dataprodsenten Olivetti med totalt 7 ulike industri og forsknings-deltagere fra 4 land i Europa.)
- **Internasjonal standardisering.** Mens det for prosessorer stort sett har blitt en 'de facto' standardisering rundt det instruksjonssettet som Intel har definert og videreutviklet for sine prosessorer 8080, 80386 og de ulike Pentium-prosessorer, har standardiseringen av tele- og datanettet særlig blitt drevet fram via internasjonale standardiseringsorganer som CCITT. Uten slik standardisering ville datatrafikk over landegrensene knapt vært mulig i dag.
- **Offentlig kildekode.** Vi er vant til at bare store, kapitalsterke firmaer greier å produsere nyttige programsystemer for det globale markedet. Etter noen forsøk på å lage et nytt gratis Unix-system (GNU) i 1980-åra, laget en finsk student Linus Torvalds ved Helsingfors Univ. i 1991 et eget Unix-lignende operativsystem han kalte Linux. Ved hjelp av etter hånden mange hundre frivillige medarbeidere, har Linux de siste 15 årene utviklet seg til et moderne, sikkert og effektivt operativsystem som særlig brukes til å drifte maskiner som har databaser og/eller er Internett-servere. Etter GNU og Linux har det kommet tusenvis av slike åpen-kildekode prosjekter hvor alle i prinsippet kan delta i utviklingen og hvor ingen eier kildekode som alltid er offentlig tilgjengelig. Svært mange av disse prosjektene blir det lite eller ingenting av, men noen få (f.eks. Apache, Maven, Jetty, JBoss, Hibernate, Spring, MySQL) blir svært gode produkter og blir vidt spredt og brukt. Vi merker oss også at det oppstår tildels store firma rundt disse 'gratis'-produktene som lager sin versjon av produktet hvor de selger konsulenttjenester, tilpassinger

og vedlikehold. Noen av de største kommersielle bedriftene (Oracle, Novell i samarbeid med Microsoft) tilbyr nå sin versjon av Linux ('bedre enn gratisversjonen + egne tillegg').

Man merker nå også en dreining av offentlig støtte bort fra datamaskinprodusentene og over til datanettforskning og særlig utbygging av bedret kapasitet og hastigheter i det nasjonale telenettet (*Infobahn* som tyskerne kaller det eller som USAs tidligere visepresident Al Gore i 1992 gjorde til en kampsak: *The Information Highway*, og som nå innføres i Norge under navnet *bredbånd*). 2007 hadde over 80% av norske husstander PC og 67% hadde også bredbåndtilknytning til Internett.

Vi ser at selv om markedet og IKT-industrien er sterke drivkrefter i utviklingen, har det offentlige via forskningsinstitutter og universiteter en sterk rolle å spille i IKT-utviklingen. For å si det enkelt: Industrien og åpen-kildekodebevegelsen sørger for en fortløpende og imponerende forbedring av eksisterende teknologi - nyvinninger og nye teknologier skapes i stor grad ved universitetene og forskningsinstituttene. De største industribedriftene har imidlertid egne forskningsinstitutter som også driver grunnforskning. Vi legger også merke til at de fleste politikere omtaler morgendagens samfunn som et samfunn med langt større bruk av IKT enn i dag. Presset på fortsatt utvikling og nyvinninger synes helle å øke enn å avta.

5. IKT-vitenskap

Opplæringsystemet i de vestlige land har to tradisjoner. Den ene, som dyrkes i allmennfaglige skoler og ved universitetene, hvor man lærer ved at en lærer foreleser eller at man studerer til seg stoffet fra bøker. En helt annen og like viktig tradisjon er at man lærer ved å være i praktisk arbeid sammen med en erfaren mester i et bestemt yrke eller håndverk. Lærdommen siver da over med praksis - 'man går i læra'. Dette er forholdet mellom teori og praksis.

Tilsvarende ser man at mange av de teknologiske oppfinnelser som er gjort opp gjennom historien ofte var gjort av praktiske menn (og kvinner) uten teoretisk skoleing - James Watt og hans konstruksjon av den første brukbare dampmaskinen er ett eksempel. Først fra slutten av 1800-tallet med framvekst av kjemisk industri, kan man snakke om industri basert på teoretiske resultater og forskning. IKT-industrien er klart basert på forskning - transistoren er utenkelig uten grunnleggende teoretiske kunnskaper i fysikk og at noen materialer som silisium er halvledere fordi de bare under gitte omstendigheter leder strøm. Oppfinnerne i 1948 ved Bell Telephone Laboratories: Walter Houser Brattain, John Bardeen, og William Bradford Shockley fikk da også Nobelprisen i fysikk i 1956 for denne oppdagelsen. Likevel har framdriften av IKT-industrien hatt sitt store innslag praktiske menn som har hatt avgjørende innflytelse. Bill Gates i Microsoft og Steve Jobs i Apple er eksempler på dette. Ingen av dem fikk avsluttet sin college-utdanning.

Vitenskapen er altså i stadig samspill med den ingeniørmessige videreutviklingen i industrien. Grovt sett kan man si at det ikke er innen elektronikken, men innen programmer og måter å programmere på, at universitetene og forskningen i dag spiller en avgjørende rolle. Det er også slik at det jobber minst ti ganger så mange innen programvareutvikling som utvikling av nye konstruksjoner av elektronikk.

Framveksten av IKT har medført at framveksten av nye grener innen vitenskapen, andre har blitt videreutviklet. Noen av de viktigste er:

- **Programmeringsspråk og teori.** For en av de første gangene har menneskene frambrakt en maskin som har medført at man har laget egne teorier for den. Som vi vet, styres en datamaskin av en samling av ordre, et program som legges inn i datamaskinen. Dette programmet er skrevet i et kunstig, menneske-konstruert språk, programmeringsspråket – eksempelvis Java. Hvordan man lager slike språk og hvordan man lager gode programmer, gitt at man har et slikt programmeringsspråk, har vært gjenstand for mye forskning. Den måten å lage programmeringsspråk som nå nyttes av alle, såkalte objektorienterte programmeringsspråk, ble funnet opp av Ole Johan Dahl og Kristen Nygaard ved Norsk Regnesentral og Institutt for informatikk, Universitetet i Oslo, i sekstiårene.
- **Programmerbare problemer.** Studiet av hvilke problemer man kan løse og hvilke man ikke kan løse med datamaskin, har gitt opphav til en egen forskningsgren. Det er faktisk slik at uavhengig av hvor raske datamaskinene blir innenfor de grenser fysikken setter, finns det problemer som aldri lar seg løse av en datamaskin (eller av alle verdens datamaskiner til sammen). Den eksakte løsningen f.eks. av hva som er det beste trekket i sjakk ved starten av et sjakkparti, er et slikt problem. Ikke alle problemer lar seg heller regne ut helt eksakt løsning på fordi de i prinsippet har en usikkerhet i seg - de har en kaosfaktor i selve problemet. Beregningen av været er et slikt problem. Man kan få ganske gode tilnæringsløsninger på noen dagers sikt, men etter en viss tid vil så små effekter som man umulig kunne måle eller ta hensyn til da beregningene startet, kunne totalt endre svaret. Som en har sagt det - viftingen av en sommerfuglvinge en pen sommerdag kan under gitte betingelser påvirke hvor og når neste storm vil utvikle seg.
- **Matematisk modellering.** Mange problemer er for vanskelige å løse eksakt selv på en datamaskin, men en stor mengde av disse lar seg beregne med stor nøyaktighet med tilnæringsmetoder. Man lager da en (forenklet) matematisk modell av problemet og løser dette med så stor nøyaktighet man trenger. Der hvor de forenklingene man har gjort ikke betyr noe for løsningen av det egentlige problemet, har man så også en løsning på dette. Det er imidlertid særs viktig at man er fullt klar over når de forenklingene man har gjort ikke får betydning, og når de ikke passer særlig godt. Et dramatisk eksempel i så måte fikk man da en betongplattform til over to milliarder kroner til Sleipner-feltet sank fordi en ingeniør ikke var fullt klar over dette. For å få foretatt beregninger på hvor tykk og hvor godt armert betongen skulle være, ble det benyttet et slikt matematisk modellprogram. Dette var et godt program for runde konstruksjoner uten skarpe hjørner, men der to rør møtte hverandre og det ble en skarp vinkel, regnet modellprogrammet unøyaktig og beregnet for liten nødvendig tykkelse. Plattformen ble bygget etter modellens beregninger og brøt sammen da den ble senket ned i vannet og utsatt for stort vanntrykk. Dette er bare ett eksempel på at datamaskinen lar oss gjøre beregninger få vet (alle)forutsetningene for, men som vi alle tar for god fisk.
- **Konstruksjon av store datasystemer.** Selv om det er enkelt å programmerere en kort og enkel oppgave for en datamaskin, viser det seg at det er meget vanskelig å lage større systemer som virker. Rikstrygdeverkets satsing på et nytt datasystem, Tress 90 eller forsvarrets Golf-prosjekt, til erstatning for gamle systemer, viste seg begge å være helt mislykkete. Et sted mellom en til to milliard kroner ble brukt på utvikling av hver av disse systemene, som ikke kom i drift. Dette er bare to av mange eksempler den siste tiden på store systemer som har måtte bli oppgitt fordi man ikke får de til å virke tilfredsstillende. Alle brukere av datamaskiner vet at det

er større eller mindre feil i alle systemer. Spørsmålet er om feilene er så store at systemet er ubrukelig eller ikke. Mye forskning går nå med til å finne metoder og teknikker som kan hjelpe systemutviklere å både lage de systemene brukerne virkelig trenger. Samtidig prøver man å bli flinkere til å styre utviklingen av store programsystemer med hundretusenvis, kanskje flere millioner linje med programkode. Tenk om du selv skulle gi hundre tusen enkle ordre etter hverandre. Hver enkelt er nesten latterlig enkel, men det å skrive ned alle hundre tusen av dem riktig og i riktig rekkefølge viser seg å være umulig. En omfattende uttesting og feilsjekking underveis av deler av systemet, er nødvendig. Man vet nå at to viktige årsaker til at store programprosjekter ofte ikke lykkes, er at man prøver å få så alt for mange funksjoner inn i den første versjonen av systemet som tas i bruk. Den andre årsaken er at ledelsen ikke er aktivt med i styringen av prosjektet, men lar alle drive med sitt uten klart definerte tids-, funksjons- eller kostnadsrammer.

- **Bilde- og signalbehandling.** Mye data foreligger i dag i form av bilder, f.eks. fra satellitter. Det å bearbeide disse så langt som mulig automatisk og finne ut hva som de enkelte figurene i bildet representerer, er en utfordrende oppgave som det har blitt utviklet nye matematiske metoder for. Et annet problem innen samme felt er å oversette direkte fra mikrofonstemme til skrevet tekst (så vi slipper å skrive teksten til datamaskinen inn fra tastatur, men kan tale den inn istedenfor). Det å generere kunstige, men nær naturtroe bilder fra matematiske beskrivelser er også en ny forskningsgren. En helafrens tegnefilm (Toy Story) ble for første gang i 1995 laget med denne teknikken.

Flere andre og nye forskningsgrener kunne vært nevnt, som nye måter å koble sammen datamaskiner på og nye måter for å sende mer data på det eksisterende telenettet, men konklusjonen står fast. IKT har en solid forankring i forskning og utvikling hvor den mest nyskapende aktiviteten foregår på universitetene og forskningsinstituttene, men hvor arbeidet med forbedringer og anvendelse av dagens teknologi i stor skala i all hovedsak skjer ute i IKT-industrien. Ny vitenskap er dannet og videreutvikles stadig for å få styring, oversikt og muligheter for å drive denne utviklingen videre. I neste avsnitt skal vi se at de samfunnsmessige virkningene av IKT ikke bare begrenser seg til feilaktige beregninger, som Slepner-plattformen, eller mislykket systemutvikling, som Tress 90 og Golf.

6. Samfunnsmessige virkninger

Det ville være naivt å tro at en teknologi som sprer seg inn i alle yrker, produkter og produksjonsprosesser, ikke har store samfunnsendrende effekter. Totalt regner man med at fra 6 til 8 % av brutto nasjonalproduktet (GNP) nyttes på IKT. I Norge vil dette si omlag 177 milliarder kr. i 2006. Det er også anslått at ca. 68 000 personer jobber med programmering og tilhørende aktiviteter i Norge. I tillegg kommer brukerne. Det kan synes som relativt lite, men er faktisk langt høyere enn de fleste andre industrier eller teknologier. Siden vi får effekter innen alle yrker og forhold, kunne listen vært gjort 'tilsvarende' lang. Vi skal her begrense oss til visse temaer og la disse være representative for mye av de øvrige effektene.

6.1 Internettet

Internettet er det nye massemediet som alle snakker om, og som alle medieselskaper investerer sterkt i. Flere hundretalls millioner brukere finnes allerede registrert og antall brukere har blitt flerdoblet hvert år. Internettet består i hovedsak av tre muligheter:

- Elektronisk post - det å kunne sende alt fra korte beskjerer til lange filer til de andre brukerne av Internettet. Alle tilknyttet nettet har en slik elektronisk postadresse. Siden det i praksis er (nær) ingen kostnader, har e-posten blitt oversvømmet med reklame – kalt 'spam'. Slike firmaer kan sende millionvis av kopier av en enkelt slik spam til alle de har e-postadressen til. Over halvparten av all e-post som sendes er i dag er spam.
- Mulighetene for å delta i felles 'samtalegrupper' med andre brukere av Internettet. Det finnes tusenvis av samtalegrupper om alle tenkelige temaer, Slike samtalegrupper har ikke veldig stor betydning.
- Sist men ikke minst, WWW eller verdens-veven, hvor man kan få opp pene skjermbilder med tekst og bilder. Disse bildene, kalt Web-sider, kan lages av de fleste som har tilknytning til nettet. Det som gjør disse skjermbildene interessante i tillegg for da data som inneholder, er at de også kan inneholde spesielt merkede ord eller bilder. Klikker på en av disse med musa, kommer man til en annen slik skjerm-side. Denne kan godt ligge på samme datamaskin som den første og være laget av samme bruker eller den kan ligge på en maskin på den andre siden av jordkloden og tilhøre en helt annen bruker. På denne kan vi, som konstruktører av slike sider, lage sammenheng mellom den informasjon vi selv prøver å presentere og den andre har sammensatt. Alt henger sammen i en stor vev. For en bruker kan denne klikkingen oppleves som å sitte med verdens største fjernkontroll og 'zappe' seg fra TV-kanal til TV-kanal. Nye søkeprogrammer som Google har gjort det langt lettere å finne relevant informasjon på nettet. Viktig er at Internettet brukes til kjøp og salg og at mange søker

Den informasjon legges ut på WWW er av alle slag - fra vitenskapelige artikler, vær og nyhetsinformasjon, annonse- og produktinformasjon til porno. De fleste offisielle institusjoner, foreninger, museer, universiteter, bedrifter, blader, aviser og svært mange enkeltpersoner har sine egne sider, kalt hjemmesider, med presentasjon av seg selv. Det er også mulig å bestille varer via Internettet samt foreta betalinger.

For å forstå dette nye massemediet kan det være nyttig å se hvordan det hele startet. USAs militære trengte et stabilt nett for utveksling av korte meldinger. Et slikt nett måtte ikke så lett la seg slå ut i en krigssituasjon. Det ble derfor koblet opp et nett og laget datanettprogrammer som ikke har noen bestemt kommandosentral. Data som sendes i dette nettet søker nye veier i sammenkoblingen av datamaskiner hvis den maskinen dataene skulle passere, er satt ut av drift eller opptatt. Denne egenskapen, som var tenkt nyttig i krisesituasjon, er svært nyttig når man stadig knytter flere datamaskiner inn i denne uoversiktlige og meget hardt belastede veven av maskiner.

Norge var faktisk det første landet utenfor Nord-Amerika som ble knyttet til denne militære forløperen av Internettet, kalt ARPA-nettet, fordi vi hadde en jordskjelvsstasjon på Kjeller som fulgte med i de russiske underjordiske atomprøvesprengningene.

Etter en tid ble flere universiteter knyttet til ARPA-nettet og etter en tid kom brukbare programmer for å overføre en fil fra ett sted til et annet og enkle muligheter for elektronisk post. Dette ble så populært at USAs forskningsråd overtok finansieringen av tjenesten, og samtlige kjente universiteter og tekniske høyskoler var snart tilknyttet. I begynnelsen av 1990-årene ble WWW utviklet ved det internasjonale forskningsinstituttet CERN. Få år etter dette eksploderte interessen for Internettet. USA har fortsatt hovedansvaret for å styre adressene på nettet og toppnivået av de ruterne (koblingscentralene) som tar hoveddelen av

trafikken mellom landene. Igjen ser vi at først kom militæret, dernest høyere forskningsinstitusjoner, så andre offentlige institusjoner, og til sist næringsliv og enkeltindivider. Det som det foreløpig er penger å tjene på, er å være leverandør av tilknytning til nettet, og gi brukerne muligheter og diskplass til å lage sine egne sider. Ellers er det meste gratis av det man kan lese av slike skjermbilder.

Hva er så virkningene av dette? Fenomenet synes bare å være i en startfase, men følgende synes mulig:

- Elektronisk post har i stor grad overtatt for forretningsbrev (men postvesenet vil overleve på trykksaker og reklamesendinger)
- Internettet kommer som et tillegg til eksisterende media. Slik har det alltid vært med nye media. Intet media, som avis, TV eller bøker, vil forsvinne p.g.a. Internettet, men noen av disse kan få redusert sin betydning og særlig da papirutgavene av aviser i konkurranse med nettutgavene av de samme avisene.
- Viktig er at Internett ofte er toveis kommunikasjon, du får anledning til å svare/sende data tilbake. Derimot er TV, radio, aviser og bøker typiske enveis media – fra dem til deg.
- Mulighetene for å arbeide hjemme vil øke, men få vil nyttiggjøre seg av dette - i alle fall ikke på heltid. Undersøkelser tyder på at 10-20% maksimalt av arbeidstagerne kan bli hjemmearbeidene foran skjerm. Mange av disse ønsker imidlertid (og trenger) å møtes på jobben for å avgjøre ulike saker, knytte kontakter, formidle uformell kommunikasjon og føle seg som del av et arbeidsfellesskap.
- Forskning og industri-utvikling av alle typer vil bli effektivisert. Det er lett å søke etter relevant informasjon på Internettet. Det man finner fra seriøse produsenter av f.eks. IKT eller forskningsinstitusjoner, er ofte et godt startgrunnlag for videre arbeid.
- Noen vil bli bitt av Internett-basillen og surfe (dvs. klikke seg rundt) nesten uten at de greier å stoppe. Sosialt vil dette være triste tilfeller, omlag som dagens TV-slaver med flere parabolantennor og nær all fritid belagt med TV-titting. Noen stor samfunnsmessig virkning vil det tross alt ikke bli. TV har sannsynligvis gjort langt mer for fremmedgjøringen av menneskene i det moderne samfunnet enn Internettet vil gjøre. I den utstrekning Internettbruk erstattet TV-titting, må det sees på som positivt. Man kommuniserer tross alt med andre mennesker via elektronisk post og i samtalegruppene.
- Ekstreme grupper som norske nynasister eller Osama Bin Laden og hans for al-Qaida grupper nytter nettet for rekruttering og annonsere aksjoner. Nepe er fremskritt.
- Bank, og betalingstjenester vil i stor grad foregå på Internettet og dette vil forsterke de store omstillingsproblemer dagens banker allerede har med IKT.
- Brukerstyrte initiativer som Internett-leksikonet Wikipedia (ett på hvert språk), hvor tusenvis av frivillige på dugnadsbasis bidrar med nye artikler og forbedringer av gamle artikler. Dette lager et så godt produkt at det på sikt nok vil umuliggjøre at et forlag vil lage et stort leksikon trykket på papir.

To påstander som nepe blir virkelighet skal drøftes litt mer inngående. Den første er at dette nye mediet vil lage et nytt klaseskille mellom de som er tilknyttet og de som ikke er. Kjente norske politikere, som Erik Solheim og Torbjørn Jagland har nærmest gjort det til en trosbekjennelse at IKT og tilkobling til Internettet vil være avgjørende for å løse det

enogtyvende århundres problemer. Her må vi skille mellom snørr og barter. Det at det ligger milliardvis av ord og nær uendelig mye data der ute på nettet betyr ikke at det lett kan omsettes til relevant informasjon for deg.

Som vi så i innledningen så betyr det at du først må finne riktig informasjon på nettet og så lese den og forstå den. Særlig tatt i betraktning at et menneske leser noen få hundre ord i minuttet, ser vi at vi som enkeltpersoner bare kan få en begrenset mengde informasjon fra nettet. Vi må også, som vi tidligere bemerket, ha relevant bakgrunn for å tolke de ord og bilder vi leser. I tillegg skal dataene vi leser være korrekte og oppdaterte. Mens en bok eller tidsskriftsartikkel gjennomgår en nøye vurderingsprosess før den evt. publiseres, kan hvem som helst legge data ut på nettet. Kvaliteten er derfor av og til ganske lav, og ofte ligger det mye gamle data som burde vært fjernet. Internettet er derfor en noe tvilsom og lavkvalitets informasjonskilde i en del sammenhenger. Noen har sammenlignet Internettet med en samling av biblioteker med hver sin organisering og som verken har bibliotekarer eller kvalitetskontroll.

Riktig nok har man flere søkeprogrammer som leser Web-sider og bygger opp enorme databaser over nøkkelord som finnes på disse sidene. Den største av søkeprogrammene, Google, leser omlag 2,5 millioner slike sider om dagen, men har likevel bare rullet over omlag halvparten. Antall sider vokser så raskt og flyttes så ofte at slike søkedatabaser aldri blir komplette. De er heller ikke løsningen på alle problemer. Si at du søker etter artikler om sysselsetting og får som svar adressen til 5000 Web-sider. Hva gjør man da. Enten prøver du å begrense søket med tilleggskrav som f.eks. at flere ord samtidig skal være på samme side (arbeidsløshet, teknologi,..) inntil antall sider blir lite nok. Du kan da risikere å fjerne interessante sider. Alternativt leser du bare de 10-20 første og gir opp resten. Lese alle 5000 kan man jo ikke. Vi blir oversvømmet med data.

Den andre påstanden er en variant av den første, og sier at folkeopplysningen vil bli spesielt fremmet med Internettet. Dette minner alt for mye om den samme diskusjonen man hadde da radio og TV ble innført. Da var det ikke ende på alle de lærde programmene som skulle bli sendt og som folk høre på andektig. Også den høyverdige kunsten og musikklivet ville blomstre. Dette er en gal hovedbeskrivelse på TV og radio i dag, og vil likeledes bli en gal karakteristikk av Internettet. Internettet vil, som disse andre mediene, i hovedsak tilby underholdning, sport, nyheter og reklame med et ikke ubetydelig innslag av fenomener som platt underholdning og porno. Selvsagt vil den seriøse anvendelsen også finnes side om side med alt dette, men det er vanskelig å se at ikke Internettet vil gå samme vei som radio og TV. Allerede er de Web-sidene som tilbyr mykporno de desidert mest leste både i Norge og internasjonalt. Når nyhetens interesse nå snart vel har lagt seg, og det har blitt like vanlig å ha Internett-tilknytning som mobiltelefon og TV, vil man oppdage at Internettet vil bli brukt som andre massemedia.

6.2 Alle fag vil bli påvirket av IKT

Vanskeligere å konkretisere, men opplagt viktig for forskning og samtlige fag ved universitet, er den dreining vi vil oppleve med IKT. Slike virkninger vil bli forsterket når det kommer et tilstrekkelig antall programsystemer i de ulike fagene. Det mest opplagte, er økende bruk av statistikk og matematiske modeller.

Når vi får regnemaskiner som på sekunder kan utføre flere beregninger enn alle de som er gjort manuelt i verdenshistorien, vil vi klart få en dreining mot mer kvantitative metoder. Når man først har samlet inn data ønsker men å gjøre mest mulig ut av disse. Et eksempel kan være at alle litterære tekster vil bli analysert forlengs og baklengs av språkforskere, og vi vil få vite hvor stort aktivt ordforråd hver forfatter hadde, hvor de frivillig eller ufrivillig siterer andre forfattere osv. I biologi finnes flere databaser med detaljene i mennesket gener. Ikke bare lagringen, men også innsamlingen er i stor grad foretatt med IKT. Andre fag som medisin og samfunnsvitenskapene vil kjøpe et utall statistiske tester og finne sammenhenger, både virkelige og tilfeldige.

Ofte vil en uhemmet bruk vi ser av statistikk i disse fagene være et uttrykk for en misforståelse av statistikk. Metodene i statistikk ble utviklet under den forutsetning av man bare gjorde en eller et fåtall tester i en undersøkelse - ikke at man kjører tusenvis av tester til det synes som om man har funnet en eller flere statistiske sammenhenger. Dette er et eksempel på at mange av de matematiske og statistiske metodene man har laget program for, har sine helt spesielle forutsetninger for at de svar som gis er gyldige. Når slike programpakker nyttes av forskere eller andre brukere som bare delvis kjenner disse forutsetningene, blir resultatene ofte meningsløse og villedende. Misbruk av statistikk, økonomiske modeller (som bestemmer hvordan f.eks. statens langtidsbudsjett settes opp), og mer matematiske modeller innen ingeniørvirksomhet er et stort og voksende problem. Sammenbruddet av Sleipner-plattformen er bare ett dramatisk eksempel på dette. Vel så problematisk blir det når en medisinsk forsker via statistiske metoder tror hun har funnet årsaken til en bestemt sykdom, og starter å behandle pasienter deretter.

En annen trend som snart kommer, vil være en overillustrasjon av forskningsresultater innen de fleste fagområder. Ved hjelp av datamaskin vil tredimensjonale fargelagte og kunstig genererte bilder pryde forskningsartiklene og bli presentert i massemedia. Kravet til en interessant og livaktig presentasjon av forskningsresultater vil lett føre til at formen seirer over innholdet. Brukt fornuftig og på riktig måte kan slike illustrasjoner gi økt innsikt. Men overlatt til forskere, som ofte er amatører innen slik visualisering, vil det lettere forkludre enn klargjøre de data man har. Det sies at et bilde sier mer enn tusen ord, men motsatt gjelder også at noen ord trenger mange bilder for å bli overbrakt. Hvor mange bilder trenger du for å overbringe begrepet «kultur»?

For å oppsummere har forskningen innen alle fag nå fått et hjelpemiddel som i ekstrem grad favoriserer og effektiviserer bruk av kvantitative metoder. Det er slike opplysninger som kan målsettes og regnes på og som kan tid- og stedfestes, som vil bli fremherskende. Hver enkelt vitenskap må på egne premisser finne ut når dette er en velsignelse og når det er en forsøpling av forskningen. Vi må huske på å bevare den gode innsikt og det gode resonnement, den klare tanke og den fruktbare påstand. Disse kan ikke tallfestes.

6.3 Arbeidsløshet, omorganisering av jobbene

En av de mest avgjørende mulige sosiale virkninger av IKT, er om bruk av IKT er en vesentlig og stadig økende årsak til arbeidsløshet - en arbeidsløshet som siden ca. 1975 stadig har vokst til i den vestlige verden utenfor det olje-subsidierte Norge. Siden 1978 har den steget blant de rike vestlige landene fra 5.2 til noe over 10 % i 1993 og ned til ca. 6.1% i aug.2006. Noen år synker det litt når det er gode konjunkturer, og når det er dårlige tider i økonomien stiger den igjen, og ofte da sterkere.

Vi må imidlertid være varsomme når man leser arbeidsløshets-statistikk. For ett land et bestemt år kan denne godt variere med 2-3 %, alt avhengig av hvilken definisjon som nyttes. I Norge er det f.eks. ca. 4.6 % arbeidsløshet i 1995, men 6.8% hvis vi også regner med de som er på arbeidsmarkedstiltak. Av og til endres definisjonen av arbeidsløshet for å få lavere tall, og dette nyttes politisk. I Storbritannia har definisjonen blitt endret over 40 ganger siden 1980 - og ca. 1 million arbeidsledige er dermed 'fjernet' fra statistikken. Dette er eksempel på at det en forsker eller fag frembringer kan være ubehagelig politisk (forurensning, arbeidsløshetstall, lønnsomhet av gasskraftverk, virkninger av naturinngrep,... osv). En vitenskap må derfor relativt ofte kjempe mot politisk misbruk eller omdefineringer av dens resultater.

Nå er det få eller ingen som vil snakke om bare en bestemt årsak til arbeidsløshet. Økonomer nytter av og til følgende fire kategorier:

1. **Friksjonsledighet** Når noen skifter jobb, selv om de ikke har problemer med å få en ny, kan det gå noen dager eller uker før man sitter i neste jobb. Siden mange bytter jobber hele tiden, vil det alltid være en del som befinner seg i en slik mellomfase.
2. **Lavkonjunktur.** Økonomien har alltid gått i bølger, og når tidene er dårlige, vil en del bli midlertidig ledige. Da vil også det vil ta lenger tid før nyutdannede får sin første jobb. Arbeidsløsheten har alltid variert i takt med konjunkturene.
3. **Strukturledighet.** Når større endringer skjer i økonomien, som f.eks. at industriproduksjonen trenger langt færre ansatte mens det er stort behov for folk i andre yrker (som omsorgsyrkene), vil vi få arbeidsløshet. Selv om det totalt sett kan være mangel på arbeidstager, vil mange av de som blir ledige ha gal utdanning, kjønn, alder eller bosted. Det er ikke lett å omskolere en arbeidslødig 50-årig mannlig industriarbeider til lege eller hjelpepleier.
4. **Teknologisk arbeidsløshet.** Man trenger færre ansatte hvis produktiviteten, dvs. antall produkter og tjenester produsert per ansatt i et visst tidsrom, stiger raskere enn etterspørselen. Hvis dette ikke bare skjer innen en bestemt bransje, som banknæringen, eller en hel sektor som industriproduksjon, men som et gjennomsnitt for hele økonomien, har vi fått en teknologisk arbeidsløshet. Siden teknologiske forbedringer innføres hele tiden og uavhengig av gode eller dårlige tider, må veksten i etterspørselen minst holde tritt med de forbedringer teknologien gir. I tillegg kommer behovet for å skaffe jobb til et økende antall ungdom.

Selv om det er omstridt blant økonomer om det i det hele tatt er mulig med teknologisk arbeidsløshet, er det også de økonomer, som Nobelpristager i økonomi Wassily Ljontief, som ikke bare mener at det er mulig, men også skjer i dag. Ljontief sammenligner vår situasjon overfor IKT og annen automatisering med den skjebne som ble arbeidshestene til del i begynnelsen av dette århundre da maskiner som biler og traktorer ble innført. Behovet for hestenes arbeid ble permanent borte. Andre stoler på historien og sier som tidligere industriminister, nå statsminister Jens Stoltenberg at teknologisk utvikling har vi alltid hatt og på sikt har det skapt flere og ikke færre arbeidsplasser. Det kan nok bli en del strukturarbeidsløshet når ny teknologi innføres, men etter noen år er virkningen av ny teknologi alltid positiv.

Når man vil vurdere hvilke av disse to resonnementene som har mest for seg, må vi både se på enkelttekstempler og de store linjene. Det som synes klart er at sysselsettingen innen industriproduksjon går absolutt ned og har gjort det siden 1975 i Norge. I 2003 jobbet under

5% i primærnæringene (jordbruk, fiske, bergverk, olje og gassutvinning) og litt over 12 % i industrien i Norge. Årsaken er ikke synkende etterspørsel etter industrivarer, men mer effektiv teknologi. I USA reduserte de 500 største industribedriftene antall ansatte med 26% i perioden 1982-1994. Industriproduksjonen flyttes til land i Asia med billig arbeidskraft som Kina og Vietnam. Tilsvarende tall finner vi i Europa. Det er nå utenkelig at etterspørselen skal bringe industrisysselsettingen opp på 1975 nivå i Europa.

Det vi i store trekk kan se er at våre samfunn har gått gjennom flere stadier. Fram til ca. 1890 var flertallet sysselsatt i jordbruk og fiske, mellom 1890 og 1960 var det flest ansatt innen industriproduksjon, og siden ca. 1960 har tjenesteproduksjon og særlig da tjenester, som undervisning og helse, tatt over, med over 40% av de ansatte i 2003 i Norge. Noen snakker nå om et informasjons-samfunn ved å påpeke at over 50 % av de arbeidstimer som i dag nedlegges, nå går med til å tolke og bearbeide informasjon. Alt fra lærere, som har nær 100% informasjons- bearbeiding og formidling, til helsepersonell som nytter omlag 50% av sin tid til informasjonsbehandling om pasientene.

Det er også opplagt vanskelig, ut fra en slik totalvurdering, å si hvem som har rett - de som tror IKT vil skape en stadig større arbeidsløshet eller teknologioptimistene. La oss se på en bestemt næring. Bank-næringen i Norge kan tjene som et eksempel. Allerede på 50-tallet ble IKT tatt i bruk i de største bankene. Samtidig med veksten i samfunnsøkonomien og de nye mulighetene som IKT ga for nye tilbud, vokste sysselsettingen i banknæringen (i Norge fram til bankkrisen i 1987). Etter den tid har sysselsettingen falt meget raskt med ca. 30 %. Leder av statens baksikringsfond, Tormod Hermansson, har uttalt at han ser for seg en ytterligere halvering.

Bankene er klart igang med slike reduksjoner. Anvendelsen av IKT i bankene har vært som følger:

- Først fikk man store sentrale anlegg. Data fra banken og alle transaksjonene ble skrevet inn på hullkort av egne operatører, og svar kom ut på store datalister.
- Neste trekk var at de bankansatte fikk egne terminaler slik at de selv kunne registrere data direkte til maskinen og få svar ut på skjermen. Punchedamene ble overflødige.
- Vi har noe senere sett en storstillet utplassering av selvbetjeningsautomater for banktjenester (minibankene). IKT i banksektoren ble da ført direkte til kundene. Ganske mye skrankepersonell har blitt overflødige av dette.
- Dernest har de aller fleste butikker nå fått kortterminaler. Vi kan da slippe å først hente penger i en minibank for så å betale i butikken. Direkte kobling mellom betaling og bank har redusert den direkte pengestrømmen gjennom bankene og minibankene med tilhørende besparelser i antall ansatte.
- Som et hittil siste trekk, kan vi nå hjemmefra på Internettet både bestille varer og betale regninger.

Som en oppsummering av dette bankeeksempelet ser vi at bankene har analysert penge- og betalingsstrømmen i samfunnet og stadig introdusert IKT ut fra seg selv og stadig nærmere der en betalingstransaksjon oppstår (i butikken) eller bekreftes (i hjemmet). Mellomledd blir rasjonalisert bort. Det har tatt meget lang tid fra IKT først ble innført til det har fått sysselsettingsmessige negative virkninger - de første tiårene var virkningene positive.

Tilsvarende betraktninger kunne vi fått ved å se på datamaskinprodusentene eller televerkene. Først sterk vekst og deretter et klart fall i sysselsettingen. Et annet eksempel er kontorsekretærer, hvor en vesentlig andel av deres arbeidsoperasjoner i form av maskinskriving er falt bort og antallet er tilsvarende redusert.

Vi ser at tilsvarende som jordbruket og industriproduksjonen ble effektivisert av ny teknologi, står nå kanskje kontorsektoren for tur. IKT er spesielt godt egnet til å automatisere enkelt, formalisert og standardisert kontorarbeid. Innenfor visse bransjer har dette, som vi har drøftet, allerede skjedd. Et meget vellykket rasjonalisering med IKT i Norge er Tollvesenet, som nå har godt over 90 % av alle tollskjemaer på elektronisk form innsendt av importørene. Arbeidsbesparelsene er betydelige. Tilsvarende standardiseringsbestrebelse ser vi innen Ligningsetaten, Trygdeetaten og andre - selv om det i disse etatene er lengere frem.

Det at det offentlige ofte nå går foran i rasjonalisering av arbeidsplassene, som f.eks. i Posten, Telenor, ligning, trygd og NSB, er problematisk. I Norge siden 1962 har antall offentlige ansatte steget svært raskt og utgjør i 1991 ca. 32% av alle ansatte mot bare 16% da. Veksten i offentlig sysselsetting har flatet ut de siste årene. Denne muligheten for å berge sysselsettingen med å ansette stadig flere innen det offentlige, synes ikke å virke lenger. Disse jobbene skal finansieres ved skatteinntekter eller lån. De fleste vestlige land er i dag sterkt forgjeldet og søker heller å redusere antall ansatte enn å øke det.

De jobbene som nå skapes, og særlig i USA, som har opplevd en lavere arbeidsløshet enn Europa de siste 15 årene, er servicejobber i det private. Dette er f.eks. rengjøring av private hjem eller jobb på hamburger-sjappa. Mange av disse nye jobbene, som ikke synes sterkt utsatt for IKT-rasjonalisering, er så lavt betalt og ofte også så usikre at de som har disse jobbene, ofte må ha sosialstøtte i tillegg. I samfunnsdebatten kalles dette for to-tredjedels-samfunnet. Med det menes at 2/3-deler av befolkningen har godt betalte, relativt sikre jobber mens 1/3 enten er arbeidsløse eller har meget dårlig betalte og usikre jobber. Den tidligere franske presidenten Jaques Chirac holdt våren 1996 en tale hvor han bad de vesteuropeiske landene finne en mellomting mellom denne måten å løse arbeidsløshetsproblemet, som USA står for, med stadig lavere lønninger, og den løsningen man tidligere har nyttet i Europa med en stadig større velferdsstat. Velferdsstaten har man ikke lenger har råd til, sier Chirac. Noen slik mellommodell presenterte han imidlertid ikke selv.

Som en konklusjon synes det klart at IKT er en trussel mot sysselsettingen fordi den hele tiden effektiviserer arbeidsoppgaver i de fleste yrker og bransjer. Dette behøver nødvendigvis ikke føre til arbeidsløshet. Det er hvilket politisk svar man gir denne utfordringen som gir fasit på spørsmålet om IKT og arbeidsløshet. Noen slike svar skal drøftes i avsnitt 7. En bestemt løsning er umulig - en stadig økning av forbruket for å holde tritt med IKT-effektiviseringen. Ressurshensyn og energiforbruket vil sette en stopper for det.

6.4 Overvåking

All type overvåking kan bli sterkt effektivisert med bruk av IKT. Mange av disse mulighetene er enda ikke tatt i bruk, men noen er. Med den forbedring av IKT vi kan vente framover, kan man få et meget tett overvåkingssamfunn hvis det blir politisk ønskelig. Her er noen illustrerende eksempler - de kunne mangedobles:

- Det innføres i disse dager et sentralt samtaleregister for telefonsamtaler i Norge slik at hvem du ringer til og hvor lenge, kan komme på spesifisert regning. Det er også

planer om et stort register som har oversikt over alle personopplysninger i offentlige registre.

- Hver gang du kjøper noe med kjøpekort registreres du med navn og ofte også med vareslag. I USA er slike opplysninger solgt til produsenter av visse vareslag for selektiv markedsføring. Hvis du f.eks. har kjøpt et nytt shampomerke, kan produsenten av ditt gamle merke kanskje ønske å sende deg reklame i posten.
- Flere store private organisasjoner selger opplysninger om hvem som er medlemmer. I USA er slike opplysninger nyttet til selektive velgerbrev i presidentvalgkampen - av typen « Kjære Joe Doe, jeg ser at du er interessert i speiderbevegelsen og naturvern og da vil jeg at du skal vite at vår kandidat deler dine interesser og har følgende programposter.... osv»
- Drosjene i Oslo (og Norge forøvrig) har nå innført et såkalt GPS system, som et navigasjonssystem med signaler fra satellitter, kombinert med mobiltelefon. Dette gjør at sentralen kan lokalisere drosjene til enhver tid med få meters nøyaktighet. Slik elektronikk blir om få år så liten og rimelig at de kan gjøres bærbar i lommeformat. Ville du like at myndighetene til enhver tid kunne finne ut hvor du var? En variant av denne teknologien brukes i dag på fanger som får lov til å sone hjemme, men ikke gå ut av huset. Den lokale politistasjonen kan til enhver tid sjekke hvor du er, og det er streng tilleggsstraff for å bryte 'husarresten'. En gang jeg foreleste dette tilfeller for begynnerkurset i databehandling ved Universitetet i Oslo, kom en student opp i pausen og rettet på visse detaljer i framstillingen. Han hadde selv sonet en slik 30-dagers straff i USA.
- Når du i dag har samtaler fra mobiltelefon, blir samtalen registret i nærmeste lokale sender. Du legger hele tiden igjen et elektronisk spor hvor du er. Drapet på en kjent norsk spritsmugler ble raskt oppklart ved at han like før drapet hadde hatt en rekke samtaler, og man kunne følge hans elektroniske spor fra sender til sender, til der drapet hadde blitt begått.
- Foto fra de beste spionsatellittene er i dag så skarpe at man kan se detaljer som er mindre enn 10 cm i utstrekning. Fra en etterretningsoffiser fikk jeg opplyst at på et slikt foto han hadde gransket, kunne han på en syklist, som syklet på en vei i Rogaland, se mønsteret på lua og hva slags pakke han hadde på bagasjebrettet.
- Telefonavlytting har blitt klart effektivisert. Tidligere måtte man fysisk koble seg inn på linjen man skulle avlytte med skrutrekker. I moderne telefonsentraler kan man bare ringe et bestemt hemmelig nummer og så taste nummeret til den man vil overvåke. Man blir da satt opp som sidelinje til vedkommende. Man kan også åpne telefonenes mikrofon selv om gaffelen ligger på, og da nyttet mikrofonen til avlytting av det rommet telefonen står.
- Den måten du bruker stemmen din med trykk på ulike toner og stavelser, er unik for deg. Ved hjelp av datamaskiner kan man automatisk gjenkjenne hvem som snakker i en telefonsamtale hvis man tidligere har registrert en stemmeprøve fra vedkommende. 'Stemme-avtrykket' avslører deg. Britisk overvåkingsorganer nytter denne teknikken i dag.
- Stadig flere helsedata registreres på data, og mange forsikringsselskaper har fått adgang til slike data for å kunne vurdere deg som kunde.
- Mange steder er det nå satt opp overvåkingskameraer - bla. på plattformen på Blindern stasjon på Sognsvannsbanen. Data fra slike kameraer andre steder er nyttet til mer enn å plukke ut uromakere. I Beijing var det slike kameraer ved mange gatekryss. De var etter sigende montert for å overvåke trafikken. Da det var studentopprør i 1989 og studentene marsjerte i demonstrasjonstog mot regjeringen, ble mange etterpå identifisert fra disse videoopptakene og skutt.

- Det finnes også automatiske måter å identifisere mennesker på bilder fra et videokamera. Det nyttes da visse avstandsmål i ansiktet som avstanden mellom øynene og neseroten som meget godt identifiserer hver enkelt av oss.
- Også i Norge har det offentlige begynt å kombinere data fra flere offentlige registre for å forsikre seg om at du f.eks. ikke får arbeidsløshetsstrygd samtidig som du får stipend i lånekassen. Relativt mye av denne koblingen har imidlertid vist seg å være mislykket. Det kommer av at datafelter i ulike registre ofte ikke har samme definisjon selv om de heter det samme. Inntekt i to registre kan f.eks. være inntekt før og etter fradrag.

Mye av slik overvåking har til hensikt å ta kjeltringer. Motstand mot dette kan, slik Datatilsynet opplever det, lett bli et forsvar for småkjeltringer. To prinsipielle grunner taler mot en slik uhemmet innsamling av data om enkeltpersoner: Alle har krav på et privatliv. Det er heller ikke alltid i demokratiets interesse at myndighetene vet mest mulig om deg. Under et mer brutalt styre, som i dagens Kina (eller Norge under den tyske okkupasjonen), er det vanskelig å lage en demokratisk opposisjon hvis myndighetene har øyne 'over alt'.

Det overstående er eksempler på at særlig myndighetene, også kalt «Storebror», ser deg. Et nytt aspekt i debatten er «Lillebror ser deg». Med dette menes at hvem som helst kan få tilgang til slike opplysninger. Noen borettslag har i dag videokamera i fellesgarasjen for å stoppe tyveri og hærverk. Dette kameraet er koblet til kabelanlegget slik at alle kan skru på denne garasjekanalene. Et ganske trøtt TV-program for de fleste, men på denne måten kan alle følge med på hvem naboen har med seg hjem når han parkerer. Snart er det teknisk mulig å koble seg til ethvert slikt offentlig oppstilt overvåkingskamera. Allerede i dag er det mulig (men ikke tillatt) å koble seg opp mot de store offentlige registrene via telelinje. Hvis det ble tillatt, kunne man få ut meget interessante opplysninger om venner og kjente. Hver nordmann er minst registrert i 1000 ulike registre.

For å verge innbyggere mot slik utidig innsyn, har vi for mange år siden fått en "Lov om behandling av personopplysninger" og der er opprettet et Datatilsyn. Det setter regler for bruk av personopplysninger og gir konsesjon for nye registre. Datatilsynet seiler imidlertid i motvind. Det har ikke har de fått tilstrekkelige bevilgninger til å få oversikt over samtlige registre. Myndighetene ønsker stadig oftere en oppmykning av Datatilsynets regler for å kunne bruke tidligere innsamlete dataregistre til nye formål.

6.5 Sikkerhet og sårbarhet

Høsten 2007 ble det fra maskiner tilknyttet Kinas hær utført datainnbrudd bla. i maskiner tilknyttet det tyske kanslerkontoret og store datamengder ble overført til Kina for analyse. Flere slike datainnbrudd er kjent, både mellom stater og fra industribedrifter, og skaper selvsagt store problemer for de som tapper for data.

Et mindre eksempel - en av mine studievenner hadde bygd opp et firma i USA med fire ansatte som hadde spesialisert seg på så vanskelige tekniske beregninger (rotasjonsberegninger med friksjon) at mange av de største industribedriftene som bilprodusentene kjøpte beregninger av dem. Så 'hacket' en laveregrads-student seg inn i dataanlegget deres og offentliggjorde hele programkoden på Internett. Studenten mente at all kode skulle være gratis og fritt tilgjengelig, men firmaet mistet kundene, måtte legges ned og de ansatte ble oppsagt.

Datavirus er et annet fenomen som er at fra plagsomt til helt ødeleggende for de som rammes. Noen virus prøver bare å ødelegge dine filer, mens andre kan f.eks. ligge å vente i maskinen din til du logger inn på en nettbank, og så stjele passord og kontonummer. Andre virus installerer seg på din maskin så den blir del av et helt nett av maskiner som f.eks. videresender pedofile bilder eller nyttes til data-innbrudd i banker. Et eksempel fra siste året er at når bankansatte ville streike i våren 2006, truet arbeidsgiverne med "lockout" og full stopp i alle betalingstransaksjoner. Umiddelbart gikk regjeringen til tvungen lønnsnevne med bakgrunn i de store samfunnsmessige konsekvenser av streiken.

Mest skremmende er tanken på at i en krisesituasjon kan noen som har interesse av det lamme hele datanettet til en nasjon (eller globalt) ved f.eks. overlaste nettet med programmer som stadig kopierer seg selv og sender stadig flere meldinger til hverandre til alt stopper opp. Dette har skjedd allerede (minst) en gang i USA. Hvis Internettet ikke virker vil alle betalinger, all e-post og snart også alle telefonsamtaler stoppe opp. Samfunnet ville gå helt i vranglås og økonomien lider store tap før man får restartet nettet. Desto mer samfunnsfunksjoner man legger ut på Internett, desto mer sårbare blir man.

Selvsagt finnes det hjelpemidler å få kjøpt mot innbrudd og virus, som brannmurer og antivirus-programmer, men de som lager virus og gjør innbrudd ligger alltid et hestehode foran. Det er derfor man stadig må laste ned nye filer med stadig flere virusdefinisjoner. Man kan også beskytte seg mot at noen avlytter sin e-post ved å kryptere den (og annen datadrafikk) - f.eks. ved det gratis og offentlig tilgjengelige PRP-programmet. Imidlertid har de største organisasjonene, som NSA i USA (Sikkerhetsmyndighetene i USA) så kraftige dataanlegg at de knekker de fleste slike krypteringer hvis det bare har blitt nytt standard lengde på krypteringsnøkklene.

6.6 Vil maskinene bli intelligente

Datamaskiner og andre produkter med innebygget elektronikk gjør stadig mer fornuftige, 'lure' handlinger av seg selv. Vi kan da stille spørsmålet om det er mulig å lage datamaskiner som blir intelligente som mennesker. Omlag hvert 15 år (1965-70, 1985-90 og 2005-2010) framstår det dataforskere som entusiastisk hevde at snart er målet nådd, snart kan man lage (nesten) intelligente datamaskiner.

Etter de aller fleste dataforskeres mening, er svaret klart nei på dette spørsmålet. Gruppen som svarer nei deler seg i to - de som mener at det prinsipielt sett er umulig å lage intelligente datamaskiner og de som mener at det i alle fall er 50 år før det kan bli en interessant problemstilling (og selv da er det ikke opplagt). Grunnene til dette er flere. Først at mennesket hjernen er langt mer kompleks enn noen datamaskin. Tenkning er heller ikke en godt forstått prosess. Vi vet ikke hvordan hjernen egentlig lagrer og tolker informasjon. I et menneskes tenkning ligger også all den erfaring vedkommende har bygd opp gjennom et helt liv. Erfaringer eller tenkning kan ikke alltid uttrykkes som enkle regneregler.

At datamaskinene ikke kan bli generelt intelligente, må ikke lure oss til å tro at de ikke kan overta stadig flere jobber som vi mennesker nå bruker hjernen og tenkning til å utføre. Stadig blir datasystemer flinkere og/eller raskere enn mennesker til å utføre spesielle oppgaver som f.eks. beregninger, behandling av tekst, søking i store datamengder, tegning av komplekse konstruksjoner og styring av kompliserte maskiner i industrien. Mange nye oppgaver, som styring av moderne militære fly, er så vanskelig, at intet menneske ville klare det. Disse flyene må justere vingerorene minst 5 ganger per sekund for ikke å styrte. Mennesket gir da

retningen til hvor et slikt fly skal bevege seg, og en datamaskin foretar den egentlige styringen.

Vi vil stadig oftere se at datamaskinene effektivt overtar deler av vår arbeid. Nye oppgaver vil komme som bare datamaskinen mestrer. Likevel står det fast - generelt intelligent eller tenkende er ikke en datamaskin. Den følger bare slavisk de regler (program) som et menneske har lagt inn i maskinen.

7. Styring av teknologien

Er det mulig å styre teknologi? Og hvis det er mulig, bør vi det?. For å drøfte dette, kan vi ta utgangspunkt den norske regjeringens syn. På ønske fra Stortinget ble det nedsatt et utvalg, Statssekretærutvalget, for å utrede 'Den norske IT-veien'. Deres innstilling, som ble levert i januar 1996, fikk en heller lunken mottagelse; i hovedsak fordi den ikke foreslo spesielt omfattende eller nye tiltak fra statens side. Deres holdning til teknologistyring kommer klart fram i det første avsnittet av oppsummeringen (s.12): "*Myndighetene må sørge for at reguleringer, lover og regelverk er i pakt med mulighetene og ikke et hinder fordi utviklingen har løpt fra oss. Reguleringene må være nøytrale i forhold til teknologi.*" Vi ser her et knippe av holdninger til teknologistyring:

1. Den første setningen betyr at vi ikke må hindre 'utviklingen', men heller hjelpe og påskynde denne. Lover og regler skal tilpasses 'utviklingen'. Det må da være slik at man opplever 'utviklingen' som enten entydig god eller uunngåelig (man kan ikke kjempe mot den). Vi ser her et klassisk tilfelle av teknologideterminisme - historien er et tog som kommer uansett hva vi gjør. Vi trenger ikke ha noen kreativ teknologipolitikk; dvs. en holdning til hvordan vi kan innpasse nye teknologier i det samfunnet vi lager oss. Utviklingen skapes av teknologien - vi både må og bør tilpasse oss den.
2. Eventuelle reguleringer må være nøytrale, hva nå som menes med det. Den mest sannsynlige tolkningen er at IKT-teknologien og bruk av denne ikke skal reguleres, evt. bare slik som at man generelt søker å øke og minske aktiviteten i samfunnet. En mer velvillig tolkning er at visse typer bruk av teknologien kan reguleres, eksempelvis for å ivareta personvernenssyn, men *hvilken teknologi* som utvikles og brukes, skal man ikke bry seg med.

Dette er mildt sagt problematiske utsagn. De signaliserer en helt annerledes holding til IKT-teknologien enn vi har til andre teknologier. I samfunnet rundt oss finns en rekke teknologier som er regulert som f.eks. transportteknologi (biler, fly, båter), energiteknologi (kjernekraft), industriproduksjons-teknologi og våpenteknologi. Det er laget omfattende regelverk og forskrifter som ikke bare griper inn og regulerer visse typer bruk (utslippskrav, fartsgrenser, sikkerhetsforskrifter, ..osv.), men som også regulerer hvilke typer av disse teknologiene vi tillater. Det er ikke slik at lovene og reglene legges ukritisk til rette for fri utvikling av disse teknologiene. Et annet og moderne eksempel er *genteknologi* hvor det allerede har kommet klare regler om hvordan vi ønsker å utvikle denne.

Det er deprimerende å lese en slik ansvarsfraskrivelse overfor IKT som Statssekretærutvalget foretar - vi hverken kan eller bør ha en aktiv politikk for IKT-styring. Mot dette vil jeg sette at utviklingen av enhver teknologi gir oss muligheter på godt og vondt. Av og utvikles en teknologi i en retning som klart står i motsetning til andre og mer verdifulle mål vi har for samfunnet. Et eksempel kan klargjøre. Noen dataforskere leker nå med tanken (og forsøk) på å koble mikroelektronikk direkte til hjernen. Med unntak av noen få anvendelser som å lage

'kunstig syn' for blinde, er vel dette en utvikling de fleste ville vurdere å forby. Man kan også tenke seg å forby totalt en slik utvikling av maskinmennesker til tross for enkelte gunstige anvendelser.

For å vurdere hvordan teknologi kan styres, skal vi referere en rekke forslag som har vært satt fram for å gjøre noe med dagens arbeidsløshet mange tror i stor grad skyldes innføring av IKT. Ikke alle disse forslagene er teknologinøytrale.

1. **Forby eller sink innføringen av IKT.** Det som kan være en velsignelse om det kommer over en 10-års periode, kan være en forbannelse hvis det innføres på ett til to år. Styringsrett for ansatte ved innføring av IKT i bedrifter, er en konkretisering av dette.
2. **Fordel arbeidet.** Er det for lite arbeid, bør det fordeles blant de som trenger det. 6-timers dagen er ett forslag. Et annet har en tidligere franske statsminister, Michel Rochard lansert - billigere arbeidsgiveravgift for de første 32 timer en ansatt jobber i en bedrift per uke, og sterkt forhøyet avgift for timer ut over dette.
3. **Lag en ny sektor i økonomien.** Dette er håpet at når vi rasjonaliserer deler av økonomien (jordbruk, industri), må vi lage en ny, arbeidsintensiv sektor. IKT-sektoren og ferie- og fritidssektoren er to slike forslag.
4. **Mer skatt på maskiner, mindre skatt på arbeidskraft.** I Norge vil dette si mer investeringsavgift og mindre arbeidsgiveravgift. Man kan også begynne å subsidiere lønningene - negativ arbeidsgiveravgift. En variant av dette er at vi alle får en grunnlønn, borgerlønn av det offentlige. Vi blir da rimeligere å ansette for bedriftene.
5. **Todel økonomien.** Del samfunnet i to etter teknologibruken. En gjennomrasjonalisert og eksportkonkurrerende del med få ansatte skal skape et overskudd. Dette overskuddet skal så nyttes i en skjermet og hjemmeproduserende del, som sysselsetter resten.
6. **Nyttig samfunnsarbeid framfor arbeidsløshet.** Dette er tanken om at alle arbeidsløse bør ansettes i det offentlige og utføre nyttig arbeid f.eks. i omsorgsyrene. I stor grad kan man si at denne strategien har vært brukt de siste 30 årene i den vestlige verden, hvor antall offentlige ansatte har blitt mangedoblet. En slik ordning må imidlertid finansieres ved en økende skattlegging av resten, og møter derfor motbør.
7. **Senk lønningene.** Hvis vi ikke har minstelønninger, vil vi for en lavere lønn kunne få sysselsatt flere. I USA har man de siste årene, som tidligere nevnt, praktisert dette. Noen som tidligere sjef i Norges Bank, Hermod Skånland, anbefaler denne løsningen også for Norge.
8. **Lykkelig arbeidsløshet.** «Hvis arbeidet hadde vært slik en velsignelse, ville de rike ha monopolisert det for lenge siden», sier et ordtak på Jamaica. Hvis det ble mer akseptabelt og bedre betalt å være arbeidsledig, gjør det ikke noe om vi ikke alle har jobb.

En drøfting av disse og andre alternativer vil måtte komme dersom arbeidsløsheten igjen begynner å stige på grunn av IKT-basert rasjonalisering. Poenget i dette avsnittet er at det finnes mange måter å styre en teknologi og anvendelser av denne. Å avskrive seg en slik mulighet i utgangspunktet, er meningsløst.

8. Verdien av informasjon

De aller fleste avgjørelser i et samfunn er basert på bruk av informasjon, og gode beslutninger er basert på tilstrekkelig og relevant informasjon. Som vi så innledningsvis, leser vi data, og når vi vet hvordan vi data skal forstås, får vi informasjon. Dersom den informasjon vi får

integreres i en større helhet hos mottakeren, er det rimelig å si at vi får *kunnskap*. Kunnskap på flere lag og av ulike typer integrert med mottagerens personlighet kan (i lykkelige tilfeller) resultere i *visdom*. Vi ser en foredlingskjede: Fra data til informasjon, kunnskap og til sist visdom. Undervisning kan generelt sees på i dette perspektivet; at elevene ved de data de mottar og de erfaringer de får, oversetter dette til informasjon og deretter kunnskap.

Det er derfor riktiger å omskrive forrige avsnittets første setning slik: «De aller fleste avgjørelser i et samfunn er basert på informasjon kombinert med beslutningstagerens kunnskaper og erfaringer.» Som vi så i innledningen var det også kostnader forbundet med det å skaffe seg informasjon. Man skal søke fram dataene, forsikre seg at de er rimelig relevante, oppdaterte og komplette - og ikke minst lese data for å oversette dem til informasjon. Alt dette tar tid. I tillegg til disse kostnadene, er det andre spørsmålsteget man kan stille ved den nærmest uhemmete dyrking av informasjon som IKT-utviklingen har gitt opphav til. Noen av disse skal belyses her.

- **Trenger samfunnet mer informasjon.** Er det ikke slik at vi allerede oversvømmes med data vi ikke får anledning til å lese, høre eller se. Det er så mange aviser, bøker, tidsskrift, radio- og TV-programmer som publiseres hver dag og så mye nytt på Internett som vi ikke rekker over. Vi trenger derfor ikke mer data, slik situasjonen var for mange mennesker i gamle dager. Vi trenger kanskje mer høykvalitets, relevante data levert oss raskt og effektivt. At IKT greier å skaffe oss dataene raskere er opplagt, men er dette mer relevante, korrekte og oppdaterte data? Er de av bedre kvalitet enn de dataene vi kan få fra andre kilder, eller bare raskere levert?
- **Handler du bedre bare du vet mer.** Det er flere grunner til at svaret på det spørsmålet er nei. Psykologene Meehl, Goldberg m.fl utførte i 1950-åra flere grunnleggende undersøkelser som blant annet viste at medisinske eksperter ga dårligere diagnoser hvis de fikk vite svært meget om en pasients tilstand. De ga bedre diagnoser hvis de bare fikk vite det lille sett av data som med størst sannsynlighet bestemte pasientens tilstand. Ekspertene ble mer forvirret enn opplyst av å få vite mer enn de viktigste dataene - de hadde en tendens til å veie alt like tungt, og de mest verdifulle dataene 'druket' i langt mindre viktige data. En annen grunn til å svare nei på spørsmålet, er at det sjelden er klare regler for å forutsi framtida selv om du vet 'alt' om nåsituasjonen og fortida. Eksempler på dette er hvor man skal investere sine sparepenger, eller hvilken utdannelse det 'lønner seg' å ta. Mange forhold i samfunnet lar seg ikke forutsi.
- **Hva er verdien av informasjon.** Det er vanskelig å sette en pris på ett stk. enkeltinformasjon. Når du ikke har sett data, vet du ikke hva de kan gi deg av informasjon, og du kan vanskelig vurdere hvor mye du vil betale for en slik opplysning. Når du har sett dataene, har du fått informasjonen og er lite villig til betale i ettertid. Informasjon selges derfor sjelden enkeltvis. Når det foretas salg av informasjon i dag, skjer det som oftest i form av en 'pakke' - et leksikon, tilknytning til Internettet eller som abonnement på en avis. Da vet du hva man kan forvente deg av det neste du leser, fordi du allerede har lest en annen, lignende del. Problemet med salg på Internettet av enkeltsider viser problemet med verdien av informasjon.
- **Vil vi vite alt?** Dette er nærmest en følge av det overstående at svaret er nei. For det første kan vi ikke vite alt i en sak. Verden forandrer seg stadig - nye data kommer hele tiden til og andre foreldes. Det er også avhengig av våre verdier og bakgrunn hva vi tror er relevante og korrekte informasjoner i en sak. Og sist men ikke minst, som oftest vet vi ikke hva vi skal gjøre selv om vi visste 'alt'.

Konklusjonen er at vi i enhver sak vi skal behandle ønsker gode data som vi kan forholde oss til, men vi må beherske oss. For mye informasjon forkludrer mer enn det klargjør. I de aller fleste situasjoner er det viktig å handle innen en viss tid - ingen sak er tjent med at den i all evighet skal utredes. Bruk av data til å få informasjon er ingen enkel sak. 'Jo mer informasjon, desto bedre' er for enkelt, og derfor galt.

9. Etske utfordringer og vitenskapens plass

IKT er en teknologi som omformer vår hverdag. Vi får stadig oftere skapt en ny virkelighet som bare finnes inne i datamaskinene. Dette kalles den *virtuelle virkeligheten* og med det menes en tenkt virkelighet. Enkle eksempler er betalinger og bankkonti. Det leveres ofte ikke lenger ut bankbøker hvor innskudd og uttak registreres, og i alle fall registrerer banken dine posteringer bare elektronisk. En konto for banken er en elektronisk og magnetisk, og ingen fysisk, gjenstand. Andre eksempler er virtuelle bedrifter og selve Internettet hvor all kommunikasjon går via datanettet. Disse eksisterer elektronisk som samarbeidsmønstre i deler av telefonnettet og tilknyttede datamaskiner.

Vi forholder oss også stadig mer til de bildene som slike datamaskiner skaper. I TV-programmer kan nå alle kulissene skapes elektronisk, og innholdet i filmer og fotografier kan tilsvarende være helt eller delvis laget med datamaskin. Vi ser da en tenkt verden - ingen fysiske gjenstander. Nå har mennesket alltid forholdt seg til slike kunstige bilder i form av fantasibildder og ideer i hodet. I dag er fantasiverden i ferd med å flytte på utsiden av hodet - å bli virtuell virkelighet. Noen betrakter dette som spennende, som fantastisk. Andre grøsser og føler seg fremmedgjort. Uansett, ikke bare effektivisering av vår fysiske verden men også dannelsen av en ny interaktiv og kunstig verden er verdt sine refleksjoner. Er dette en ønsket utvikling? Mulighetene ligger der.

Når man som informatikere i praksis skal lage systemer som brukes i samfunnet, vil vi ofte møte vanskelige etiske valg situasjoner. Her er noen eksempler:

- Du skal være med på utviklingen av et nytt system som vil fjerne 200 ansatte på din arbeidsplass. Hva gjør du?
- Moderne våpenteknologi har blitt ekstremt effektivisert av IKT. Vil du delta i utviklingen av et nytt og enda mer effektivt våpensystem ?
- Vi har tidligere nevnt at IKT muliggjør overvåking på et helt nytt nivå. Bør man lage et system som viser hvor alle med påslått mobiltelefon befinner seg til enhver tid? Teknisk nyttes allerede denne muligheten i relativt utstrakt grad mot enkeltpersoner hvor rettens har gitt tillatelse. Tenk hvor enkelt de fleste forbrytelser eller forsvinningsaker kunne oppklares hvis det ble påbudt for alle å gå med mobiltelefon.
- Du skal effektivisere en kontorbedrift med et nytt system og foreslår en delvis automatisering av rutineene. Når du er ferdig med forslaget, oppdager du at menneskene i dette nye systemer får relativt kjedelig rutinearbeid, i motsetning til det mer selvstendige arbeidet de nå har. Økonomisk er det nye systemet opplagt best. Hva gjør du?
- Du lager en ny måte å koble hjerneceller og mikroelektronikk slik at 'blinde kan se' og 'døve kan høre'. Du ser at samme koblingen også kan nyttes til andre formål - f.eks. direkte fjernstyring og kontroll av muskelbevegelser fra hjernen. Dette siste kan opplagt misbrukes. Hva gjør du?

Svarene er ikke opplagte. Rasjonaliserer ikke en bedrift, kan alle ansatte i bedriften bli arbeidsløse. Effektiviserer et forsvar ikke våpensystemene sine, kan de tape neste krig. På den

andre side er arbeidsløshet for andre eller mer effektiv krigføring og drap av andre, en billig pris å betale når du selv ikke rammes.

IKT er et i stor grad et ingeniørfag på godt og vondt. Det betyr at meget sterke industriinteresser styrer store deler av videreutviklingen av faget. For å si det enkelt, langt det meste av IKT skjer utenfor universiteter og forskningsinstitutter. Andre fag ved universitetet, som f.eks. filosofi, har ikke en tilsvarende overveldende mengde aktive og bevisste brukere og produkter ute i samfunnet. I slike typiske 'rene' universitetsfag foregår nær all faglig debatt og videreutvikling innen akademiske miljøer. Innen IKT er det derfor de mer generelle metodespørsmål og fundamentalt nye anvendelser som utvikler seg ved universitetene. Vi kan si at dette er informasjonsvitenskapenes grunnforskning. Straks en slik ide er kommersielt drivverdig, overtar industrien.

Universitetsforskeren innen IKT har i tillegg til grunnforskning, en viktig kritisk funksjon. Det er ikke fra industrien man hører om mulige negative virkninger som arbeidsløshet og overvåkingssamfunnet. En så generell teknologi som IKT er i seg selv nøytral, men slik IKT hittil har blitt utnyttet og utviklet, har vi selvsagt ikke fått en samfunnsutvikling som er nøytral. Noen har vunnet og noen har tapt. IKT har blitt brukt til både nyttige og skadelige anvendelser, og mange nyttige anvendelser med antatt liten fortjeneste har ikke blitt utviklet. Hva som er skadelig for noen, har andre tjent på. Slik har det vært med tidligere teknologier - så også med IKT. Bare en kritisk og velinformert opinion kan gi fornuftige rammer for samfunnets anvendelse av IKT.