

Litt synsing om data og undervisning

Lars Kristiansen

Datalinjen

Idéhistorisk prolog

Min far fikk ikke bruke kulepenn på skolen. Det var forbudt. Kulepennen kom i salg like etter krigen. Det falt mange tungt om brystet. Den gjennomsnittlige skolelærers analyse av situasjonen var at sivilisasjonen ville få seg en alvorlig knekk dersom kulepenn tok over for penn, trekkpapiir og blekkhus. Etter hva jeg har forstått var følelsene sterke, og det var ikke uvanlig å legge sin sjel i å bekjempe kulepennen. Da jeg begynte på skolen var forbudet mot kulepenner opphevet. Jeg har heller aldri skrevet med penn og blekkhus. I min tid hadde skoleverket kommet fram til et slags kompromiss med de teknologiske realitetene. Vi hadde et eget fag som het skjønnskrift. Da måtte vi skrive med fyllepenn. De fleste vet sikkert hva en fyllepenn er for noe, så jeg bruker ikke tid på å forklare det. La meg bare understreke at det var noe forbanna klin. Når små barn skal herje med noe slikt, så sårer man selvsagt blekk på bøker, pulter, hender, klar og skolevesker. De kjevhendte var spesielt ille ute. Hvordan skulle de unngå at hånden som førte pennen klinte det våe blekket utover papiret før trekkpapiiret kom til og fikk gjort jobben sin?

Jeg vet ikke når fyllepennen forsvant fra den norske skolen. Den var i hvertfall der da min lærer kom jublende inn i klasserommet og gledet seg over at Magne Myrmo var blitt verdensmester. Det som gledet ham aller mest var at *Myrmo gikk på treski*. Det må ha vært under verdensmesterskapet i Falun 1974. Det var da glassfiberskiene for alvor gjorde sitt inntog. Hvorfor gledet han seg over at det fortsatt var mulig å bli verdensmester på treski? Det tente nok et aldri så lite håp om at treskien ikke hadde utspilt sin rolle. Kanskje dette med glassfiberski rett og slett var oppskrytt? Kanskje ville alle gå på treski igjen under neste verdensmesterskap? Man kunne jo håpe. (For den som ikke har opplevd treski, kan jeg legge til at det er noe enda større herk enn fyllepenn.)

Jeg vokste altså opp med en nesten hemningsløs skepsis mot teknologiske nyvinninger og det meste annet som smakte av utvikling eller forandring. Vi skal ikke spekulere i hva som motiverte denne skepsisen. Vi nøyer oss med å konstantere at den var der. Den hadde tatt bolig dypt i folkesjela. Å se på fjernsyn var ikke bra. Det var motstand mot å innføre fjernsynet i Norge på slutten av femtitallet. Ti år senere var det også motstand mot å innføre fargefjernsynet. Elendigheten var jo alt der, men kanskje vi kunne unngå å få den i farger. Ferdigkjøpte kakebunner var ikke bra. En anstendig husmor måtte ikke ta i noe slikt. Ting på sprayboks var ikke bra. Dette hadde så vidt jeg kan huske ikke noe å gjøre med at spraybokser forurenset. Det var bare det at spraybokser ikke var bra. Musikk spilt på elektriske instrumenter var ikke bra. Beatles var bare skrik og skrå. Piggtrådmusikk kalte man slikt. Det hvilte noe puritansk over det hele. Alt som gjorde livet litt lettere og lysere var skummelt.

Magne Myrmo ble selvsagt den siste verdensmester på treski. Utviklingen gikk ubønnhørlig sin gang, men hele tiden hørte jeg en saueflokk breke ...bad, bad, bad,

bæ-æh-æd, ... Mye ble bedre med årene, og sekstiåterne skal få litt av æren for det. Opprøret deres var på sin plass. Man kunne for eksempel kle seg friere, og folk innså at Beatles faktisk spilte melodios musikk. Skillet mellom kjønnene ble mindre. Jenter fikk gjøre en del ting de alltid hadde hatt lyst til, men aldri hadde fått lov til. Likevel, sekstiåtegenerasjonen klarte å gi mange av de gamle holdningene som lå rotfestet i folkesjela nye klær, og markedsføre dem som noe kult og progressivt. Spesielt gjelder dette holdningen til den teknologiske utviklingen. Subsidiert til ineffektive småbruk og bevaring av sjarkfiske var fine greier. Slikt var kuende hverdagshelter som Anna fra Kløfta og Edvard med hammeren tjent med. Naturvitenskap og teknologiske fremskritt derimot, ble assosiert med storkapitalen, imperialismen, sultne barn i Afrika og bomber i Vietnam. Besynderlige halvreligiøse og hel-metafysiske politiske teorier kom på moten. En ny generasjon, ledet an av selvgode brautende akademikere, ble trollbundet. Nå var du virkelig en av gutta hvis du protesterte mot utviklingen. Slik fikk teknologifjendtligheten på mange måter et løft på slutten av seksti- og begynnelsen av syttitallet. Den ble tuffet på og kunne hente næring fra, et nytt og friskt ideologisk fundament.

The times they are a-changin'¹

Det er lenge siden 1968, og mentaliteten her i landet har forandret seg radikalt siden dengang. Nu går alt så meget bedre². Noen år etter årtusenskiftet, rundt 60 år etter kampen mot kulepenner og 30 år etter at vi forbannet glassfiberskiene, ser det endelig ut til at vi klarer å forholde oss noenlunde avslappet og fornøytig til den teknologiske utviklingen. Jeg vet ikke helt når pendelen begynte å svinge, men mens pendelen har vært underveis mot sin nåværende posisjon, har datamaskiner blitt allemannseie. Der-til har vi blitt velsignet med internett. Hovedtemaet i denne artikkelen er nettopp data-maskiner og internett, eller nærmere bestemt hvordan den nye informasjons- og kommunikasjonsteknologien kan og bør brukes i undervisning. Siden forfatteren ikke kan utstå forkortelsen IKT, vil jeg bruke det folkelige uttrykket "data" som en fellesbetegnelse for hardware, software, nettverk osv.

Denne artikkelen dreier seg altså om data i skole og undervisning. Vi har faktisk blitt usannsynlig positive til slik bruk av data de senere årene. Det gleder meg selvsagt at nordmenn har blitt velvillig innstilt ovenfor ny teknologi, men det skulle vel aldri ha seg slik at vi er i ferd med å bli litt *for* positive? Har pendelen svingt for langt? Er vi i ferd med å miste hodet? Jeg synes å se noen stygge tendenser. Jeg øyner for eksempel en ukritisk bruk av forskningsmidler. Utle tverrfaglige og til dels amatørmessige prosjekter rettet inn mot data og pedagogikk overøses med penger, mens etablerte tunge forskningsmiljøer må redusere virksomheten. Universiteter og høyskoler strør om seg med til dels innholdsløse, til dels meningsløse, strategiplaner hvor det tjases og mases om data. Det utdypes verken hvorfor eller hvordan data skal brukes. Det utbasuneres bare, gjerne i pompøse vendinger, at data ... ja, det skal vi ha mye av. Underlige og inkompetente skrivelser verserer i landets mest fremtredende aviser. For eksempel skrev et kjent barneombud vi ikke skal nevne navnet på at nå behøvede ikke ungene gjøre så mye lekser lenger. Alt de trengte å vite kunne de jo finne på internett. Flere

¹ Bob Dylan, 1964

² Kåre Willoch, 1982

lærere på barne- og ungdomstrinnet som jeg har snakket med, føler et utidig mas og stress rundt dette med data. Skolen har nok av problemer å bale med. Alt for mange elever har problemer med å skrive forståelig norsk eller å legge sammen to tall. (I motsetning til bameombudet, synes ikke norske lærere det er hensiktsmessig å søke etter summen av to tall på internett.) Da bør dette med data komme i annen rekke. Samtidig er disse lærerne engstelige for ikke å henge med i tiden. De er, med rette eller urette, engstelige for å virke gammeldagse og konservative. Derfor kvier de seg for å protestere.

Mye tyder på at vi er i ferd med å miste hodet. Et sted hører vi en saueflokk breke ... data, data, data. Det er for så vidt ikke så oppsiktsvekkende. Sauer vil alltid breke. Det er den eneste måten de kan utrykke seg på. Men i ulvetider kan også pre-sumptivt fornuftig mennesker miste hodet. Vi må ikke la det skje. Datateknologien er utvilsomt en velsignelse. Den gjennomsyrrer hele den moderne verden. Den har en selvfølgelig plass i skole- og undervisningssammenheng. La oss bruke den på en fornuftig måte, og la oss overbevise verden om at vi gjør det. La oss få ro rundt saken, slik at vi kan konsentrere oss om noen av de virkelige utfordringene skole- og undervisningssystemet står ovenfor.

Temaet vårt er "data i undervisning" og ikke "undervisning i data". Når studenter ved en sekretærutdanning lærer å bruke tekstbehandling, eller når økonomistudentene lærer å bruke regneark og statistikkpakker, så dreier det seg om undervisning i data. Undervisning i informatikk og rene datafag faller selvsagt også inn under undervisning i data. Her er det et poeng i seg selv at elevene lærer noe om data. Det er en glidende overgang mellom å undervise i data og å bruke data i undervisningen. Dersom data blir brukt i undervisningen, så kan det ha en positiv bieffekt ved at folk også vil lære en del om data. Og når det undervises i data, så bruker man som regel også data i undervisningen. Likevel gir det god mening å innføre et skille her. I det følgende begrenser vi oss til å diskutere undervisning hvor data brukes som et rent hjelpemiddel. Videre skal vi skille mellom to typer av slik bruk: *formidlende* bruk og *pedagogisk* bruk.

Data kan gjøre livet litt enklere

La oss først snakke om bruk av data som ikke innvirker på selve undervisningsformen og på fagenes innhold. Data kan brukes til å formidle, tilrettelegge, administrere, organisere og informere om undervisning. Her har du som er lærer et stort potensiale for å gjøre både din egen og studentenes hverdag enklere. Et kurs eller undervisningsopplegg kan ha sine egne nettsider. Der kan man legge ut pensumlister, forelesningsplaner, oppgaver, løsningsforslag, navnelister og all annen tenkelig informasjon. Man må jo uansett bruke tid på å lage slike ting, og det er en god ide å lage det slik at det kan legges direkte ut på nettet. Det koster lite eller intet ekstra arbeid, og studenter vet hvordan de skal få tak i informasjonen: alt ligger på nettet. De slipper å gå til oppslagstavlen i *n*'te etasje for å finne ut hvilke oppgaver som er gitt til neste uke. (Og de slipper å gå til kontoret ditt etterpå for å fortelle at noen har revet ned oppslaget med oppgaver.) De slipper å forstyrre konsulenten i administrasjonen for å sjekke om de står på listen over studenter som har rett til å ta eksamen. (Og de slipper å forstyrre deg på kontoret ditt for å fortelle deg at konsulenten venter på at du skal sende ham

en liste over studenter som har rett til å ta eksamen.) Alt ligger på nettet. En egen side kan man holde løpende oppdatert med nyheter. På nyhetsiden kan den som leder regneøvelsene fortelle at han har oppdagert en feil i fasiten på en av oppgavene som skal gjennomgås i neste uke. Det var fint for Tore at han fikk vite det, og spesielt fint var det at han fikk vite det før han begynte å løse oppgaven. På nyhetssiden kan det stå at læreren har blitt syk i helgen og at forelesningen på mandag er avlyst. Det var fint for Anne at hun fikk vite det, så slapp hun å ta den lange veien inn til byen til ingen nytte. Det var enda bedre at Britt fikk vite det. Hun kunne bli en ekstra dag på hytta hvor det er stille og rolig. Det er veldig fint å sitte der og regne oppgaver. (Både Tore, Anne og Britt har internettforbindelse hjemme, Britt har det endog på hytta, og klok av skade såsjekker alle tre nyhetssiden søndag ettermiddag.)

Vi snakker nå om det vi har valgt å kalle formidlende bruk av data, dvs. bruk av data som ikke har nevneverdig innvirkning på det essensielle innholdet i fagene eller på det pedagogiske opplegget. Pensum er det samme, selv om pensumlisten ligger på nettet. Regneoppgavene er de samme, og løses på samme måte som før, selv om løsningsforslagene legges ut på nettet. Forelesningene er de samme som før selv om de presenteres ved hjelp av bærbar PC og PowerPoint i stedet for prosjektør og transparenter. Data brukes som hjelpemidler på linje med kopimaskiner, prosjektører og høytaleranlegg. Ja, kritt og tavle for den saks skyld.

Det finnes ikke en eneste god grunn til ikke å bruke informasjonsteknologi på en slik måte. Det gjør livet enklere. å motsette seg det vil være like tåpelig som å be-
kjempe kulepennen. Noen tenker kanskje: "For et ork. Nå har jeg endelig lært meg tekstbehandling. Om ikke lenge skal jeg pensjoneres. Ikke søren om jeg skal bruke mine siste år som yrkesaktiv til å bale med enda mere dataherk." Fortvil ikke. Sannheten er at man ikke trenger rare kunnskapen for å tråkle sammen noen enkle nettsider. Det kan være greit å få litt hjelp til å komme i gang. De fleste læresteder har en drifts-avdeling som ordner det. Videre kommer man ganske lagt ved å lese en tynn liten bok med stor skrift og en overflod av usmakelige illustrasjoner. Et kurs på et par timer vil gjøre deg til konge. Den lille tiden som investeres vil raskt tjenes inn igjen. Den som er ansvarlig for store kurs med mange studenter har særdeles mye å vinne i det lange løp.

Formidlende bruk av data er uproblematisk. Det er ikke så mye mer å si om det. Vel, man kan sikkert si en del om det, men det er ikke så mye å diskutere. Resten av denne artikkelen er viet til det vi har valgt å kalle pedagogisk bruk av data. Det er et tema hvor det er atskillig større rom for diskusjon.

Noen tanker om pedagogikk, utdanning og data

Læring er et lite ensartet fenomen. Vi snakker om å lære fremmede språk, om å lære idehistorie og filosofi, om å lære salmevers og om å lære å konstruere digitale kretser. Noe læres ved å lese tykke bøker, høre på støvete professorer og diskutere med selv-
høytidlige medstudenter. Noe læres ved å pugge. Noe læres ved å kontemplere under stjernehim-
melen. Andre ting lærer man best ved å løse praktiske oppgaver etter å ha blitt foret med en viss porsjon teori, f.eks. å designe en database eller skrive kode i programmeringsspråket Java. Andre ting igjen lærer man best ved praktiske øvelser uten nevneverdig teoretisk bakgrunnskunnskap, f.eks. å sykle eller å gå på line. Dess-

uten er det forskjell på mennesker. Folks naturgitte forutsetninger og bakgrunn varierer så sterkt at det til tider er meningsløst å snakke om hvordan *man* lærer best. Hvem er *man*? Er det Per eller På? Pedagogikkens verden er komplisert. I den er det verken plass til populistiske politikere med sosiologi grunnfag eller drømmende barnehagetanter med en libidinøs tiltrekning mot tyske tåkefyrster. Pedagogikk krever inngående kjennskap til fagene det skal undervises i. Og sunn fornuft.

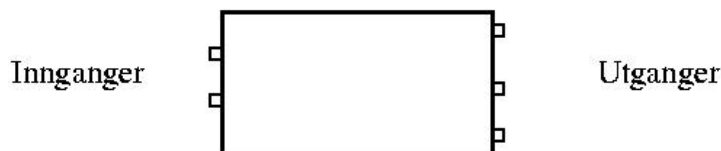
Pedagogiske diskusjoner skjemmes av ubegrunnede påstander og unyanserte overgeneraliseringer. Selvautoriserte synsere plukker gjerne ut honnørord og motefraser for å beskrive det de oppfatter som riktig og god undervisning. Og det er det. Holdbare begrunnelser for hvorfor nettopp denne undervisningen skulle være så foretrefelig må vi se langt etter. Videre sies det mye unyansert og overgeneralisert i den forstand at det ikke presiseres hvem som skal lære eller hva som skal læres. En undervisningsform, som prosjektarbeid eller problembasert læring, fremstilles som noe ønskelig og positivt enten det snakkes om samfunnsfagsundervisning i barneskolen eller matematikkundervisning på universitetsnivå. Nivået på den høyt profilerte diskusjonen rundt informasjonsteknologi og undervisning er dessverre omtrent som nivået på pedagogiske diskusjoner generelt. Den føres i de samme åndedrag og vendinger. Vi får høre at det er bra å bruke data i undervisningen. Det er alltid bra. Det er bra for alle. Ingen forteller oss hvorfor.

Her kommer en selvfølgelighet: Det kan ikke være et mål i seg selv å bruke data i undervisning. En utdanning skal ha et visst innhold, og den skal øve opp visse ferdigheter hos studentene. Ingeniørstudenter skal utvikle helt andre ferdigheter enn sykepleierstudenter. Doktorgradskandidater i abstrakt matematikk skal lære noe helt annet enn de som går på kunst og håndverkskolen. Først må man spørre seg hva som er målet med en gitt utdanning. Deretter kan man spørre om det er hensiktsmessige å bruke informasjonsteknologi for å nå dette målet. Hva svaret blir vil avhenge av hva som skal læres, hvem som skal lære og av kvaliteten på tilgjengelig software og læreprogrammer. Den enkelte lærer bør ferdighetsfritt vurdere situasjonen og stole på sine egne vurderinger. (Det er større grunn til å stole på seg selv enn saueflokken som bærer "data, data".)

Det er for lett å mase om at vi må bruke mer data i skole og undervisning. Skal vi være seriøse, bør vi forsøke å identifisere læring og læreprosesser hvor data har noe å tilføre, dvs. bidrar med noe tradisjonelle undervisningsformer mangler. Deretter bør vi legge arbeid i å finne frem til gode programmer som understøtter slike læreprosesser. I resten av denne artikkelen skal vi gjøre nettopp dette. Vi skal identifisere en bestemt type av ferdigheter, og deretter godtgjøre hvorfor data forsyner oss med velguede redskap til å øve opp denne type ferdigheter. La oss se på et par eksempler.

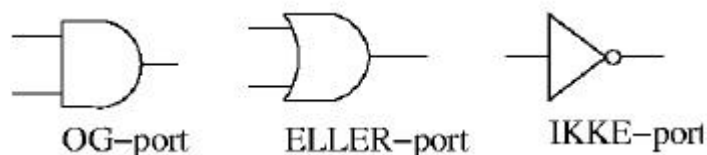
Digital Work

På enkelte ingeniørutdanninger må studentene lære seg å konstruere digitale kretser. Slike kretser brukes til å styre mekaniske innretninger som luftkjøtanlegg, heiser og brusautomater. Kjernen i en datamaskin er også bygget opp av digitale kretser. En krets' oppgave er å transformere en input til en output. Den mottar input i form av strøm på sine innganger og avleverer output i form av strøm på sine utganger.



En krets kan for eksempel styre et varme- og kjøleanlegg. Inngangene vil da være koblet til sensorer og måleremedier som gir kretsen informasjon om klokkeslett, luftfuktighet, temperatur, og så videre. Utgangene vil være koblet til vifter, varmeovner og slikt. Kretsen skal regulere vifter og ovner, slik at bygningen holder en behagelig temperatur i arbeidstiden. Et annet eksempel er en krets som styrer en sjokoladeautomat. Strømpulser til inngangene gir kretsen beskjed om hvilke mynter som blir puttet i automaten og hvilke knapper som blir trykket på. Strømpulser fra kretsens utganger styrer automaten slik at kundene får de ønskede varene og riktige vekslinger.

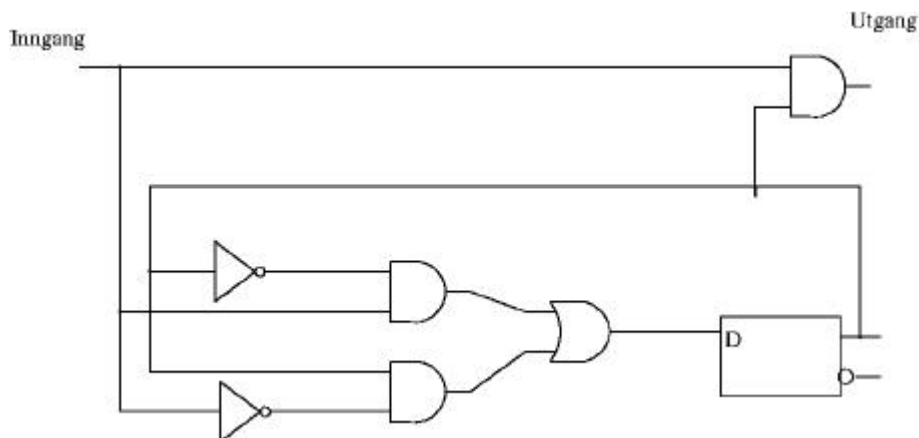
Enhver digital krets er bygget opp av porter og vipper. Det finnes seks, syv typer porter og det finnes rundt tre, fire typer vipper. De tre vanligste porttypene er OG-porten, ELLER-porten og IKKE-porten. Det er vanlig å tegne disse portene slik:



OG-porten og ELLER-porten har to innganger og én utgang. IKKE-porten har én inngang og én utgang. To vanlige vippetyper er D-vipper og JK-vipper:



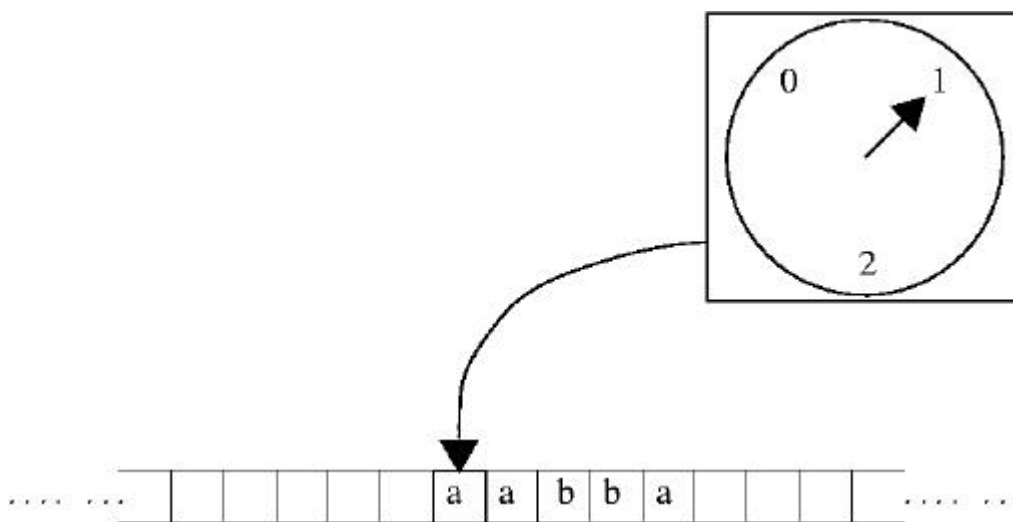
Vi ser at D-vippen har én inngang og én utgang, og at JK-vippen har to innganger og én utgang. Ingeniørstudenter må lære seg å sette sammen porter og vipper til kretser som løser diverse oppgaver. Ved å tegne et diagram av den typen du ser i figur 1, kan de vise hvordan en krets skal bygges opp.



Figur 1: Diagram over en digital krets.

Kretsdiagrammer kan selvsagt tegnes med papir og blyant, men de kan også tegnes ved hjelp av dataprogrammer. Et slikt program heter Digital Work. I dette programmet kan man generere kretsdiagrammer ved å peke og klikke. Det er rimelig enkelt å bruke. Etter et par dagers trening tegner man kretser omtrent like raskt i Digital Work som man før gjorde det for hånd. Den store fordelene ved å bruke Digital Work er at man kan teste kretsene som tegnes. Digital Work kan simulere kretser. Man kan sette diverse strømpulser på inngangene og sjekke om dette gir de ønskede strømpulser på utgangene. Digital Work er også istand til å visualisere hvordan strømpulser flyter gjennom kretsdiagrammet.

Dersom Digital Work integreres på rett måte i et større pedagogisk opplegg, kan programmet tilføre et innføringskurs i digitalteknikk mye verdifullt. Vi skal utdype dette, men først skal vi se på et annet dataprogram.



Figur 2: Turingmaskin

Turing's World

En turingmaskin (se figur 2) kan sees som en mekanisk innretning, som en Reodor-Felgen-aktig oppfinnelse som leser, skriver og sletter bokstaver og tegn på en uendelig lang teip. Teipen er delt opp i felt. Det er plass til et tegn i hvert felt. Vi ser to piler i figuren. Den ene peker ut et felt på teipen. Denne pilen skal vi kalle teippilen. Pilen i den klokkelignede saken skal vi kalle tilstandsviseren. Tilstandsviseren står til enhver tid i én av et endelig antall mulige posisjoner. Figuren viser en maskin hvor det finnes det tre slike posisjoner (0, 1 og 2). (En annen maskin vil kanskje ha fem, to eller 17 posisjoner.) En turingmaskin styres av en samling meget enkle instruksjoner. En instruksjon kan f.eks. se slik ut

a 1 b **venstre** 2

Denne instruksjonen sier at dersom teippilen peker på tegnet a , og dersom tilstandsviseren peker på 1, så skal maskinen

- (i) skrive tegnet b
- (ii) flytte teippilen ett hakk mot venstre
- (iii) sette tilstandsviseren til å peke på 2

Enhver instruksjon i settet har den samme enkle formen. Den består av fem elementer

α_1 . α_2 α_3 α_4 α_5 .

De to første elementene α_1 og α_2 bestemmer når instruksjonen skal utføres. Instruksjonen vil bli utført når teippilen peker på tegnet α_1 samtidig som tilstandsviseren peker på tallet α_2 . De tre siste elementene α_3 , α_4 , α_5 angir hva som skal gjøres. α_3 er et tegn. Dette tegnet vil bli skrevet i feltet hvor teippilen peker. Tegnet som står der fra før vil da forsvinne. (Skal tegnet slettes, så skrives tegnet "blank". Skal tegnet bli stående, så skrives det samme tegn som står der fra før.) α_4 er enten **høyre**, **venstre** eller **stå** og angir hvordan teippilen skal forflytte seg etter at tegnet α_3 er skrevet. α_5 angir en posisjon for tilstandsviseren. Tilstandsviseren settes i den posisjonen.

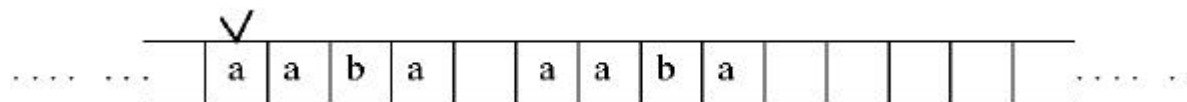
Teoretisk rettede utdannelser har ofte turingmaskiner på pensumplanen. Studenter i filosofi, matematikk og informatikk må i varierende grad lære seg å konstruere turingmaskiner. En typisk og enkel øvelsesoppgave er å konstruere en turingmaskin som kopierer en streng av a 'er og b 'er. En tilfeldig rekke av a 'er og b 'er står skrevet på teipen, og teippilen peker på tegnet lengst til venstre. Vi har for eksempel



Studentens oppgave er å skrive ned et sett av instruksjoner slik at maskinen kopierer det som står skrevet på teipen. Instruksjonene

a	1	x	høyre	2	b	1	y	høyre	3
a	2	a	høyre	2	a	3	a	høyre	3
b	2	b	høyre	2	b	3	b	høyre	3
blank	2	blank	høyre	4	blank	3	blank	høyre	5
a	4	a	høyre	4	a	5	a	høyre	5
b	4	b	høyre	4	b	5	b	høyre	5
blank	4	a	venstre	6	blank	5	b	venstre	6
a	6	a	venstre	6	b	6	b	venstre	6
blank	6	blank	venstre	6					
x	6	a	høyre	7	y	6	b	høyre	7
blank	7	blank	venstre	8	blank	8	blank	høyre	0
a	8	a	venstre	8	b	8	b	venstre	8
a	7	a	stå	1	b	7	b	stå	1

gjør jobben. Det transformerer teipen over til teipen

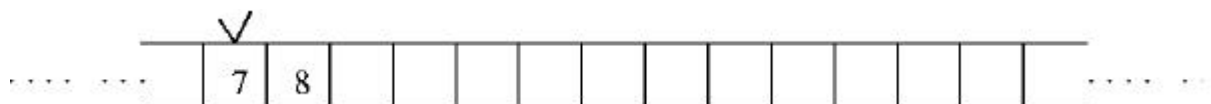


Instruksjonssettet er stor og stygt. Det er slett ikke lett å sjekke at det får turingmaskinen til å gjøre jobben sin.

En annen typisk oppgave går ut på å konstruere en turingmaskin som legger sammen to tall. Hvis f.eks. maskinen starter opp med teipen



såskal den stanse med teipen



Instruksjonssettet til en turingmaskin som løser denne oppgaven er virkelig stort og stygt. Vesentlig større enn instruksjonssettet til maskinen som kopierer en streng av a 'er og b 'er.

For rundt 15 år siden dukket Turing's World opp. Dette dataprogrammet simulerer turingmaskiner. Det vises en turingmaskin på skjermen. Ved hjelp av mus og tastatur kan man gi et instruksjonssett til Turing's World. Deretter kan man plassere noen tegn på teipen, og gi beskjed om at turingmaskinen skal startes. Det vises visuelt at tegn skrives på teipen, at teippilen flyttes fram og tilbake og at tilstandviseren hopper fra tilstand til tilstand.

Simuleringsprogrammer er fine greier

Programmer som simulerer kompliserte konstruksjoner kan tilføre tradisjonell undervisning mye verdifullt. Digital Work og Turing's World er eksempler på slike programmer. Det finnes mange andre. Mathematica er et av de mer kjente. Ved å simulere konstruksjonene sine kan studentene få

- (i) inspirasjon
- (ii) sjekket og debugget konstruksjonen
- (iii) rask tilbakemelding

Disse tre punktene henger nært sammen, men la oss utdype hvert punkt for seg.

(i) Det er artig å få visualisert resultatet av arbeidet sitt som en konkret og fysisk innretning, f.eks. som et automatlignende vesen hvor pærer blinker og lyser når det trykkes på diverse knapper, eller som en Reodor-Felgen-aktig oppfinnelse som homper og går og skyfler tegn rundt på en teip. Det er mye morsommere enn at arbeidet ender som tegn på et papir. Det gjør oppgaveløsning, som er så uendelig viktig i enkelte fag, mer lystbetont, og studentene vil sannsynligvis jobbe mer med å løse oppgaver. (Studenter har som alle andre mennesker en tendens til å bruke mye tid på ting de liker. Derfor er kollokvier og gruppearbeide populært blant studenter. I mange fag er dette en fryktlig ineffektiv måte å lære på selv om det er sosialt og trivelig.) Dersom det man har gjort ikke virker, kan den hackeren som bor i ethvert menneske, våkne til liv. Datamaskinen, eller mer presist, simuleringsprogrammet, blir en slags konkurrent som skal beseires. Dette skal bare virke. Jeg gir meg ikke. Mange har opplevd å gå altfor sent til sengs på grunn av slike kamper. Det finnes ingen bedre grunn til å sovne på forelesning enn at man har sittet oppe halve natta og løst oppgaver.

(ii) Et simuleringsprogram virker som en fasit, og i mange henseende som en meget god fasit. Vi vet alle at datamaskiner krever presisjon, til tider irriterende høy presisjon. Dette i visse henseender usympatiske trekket ved datamaskiner, vil luke bort en del elementære feil hos studenter. Vi snakker om rene syntaksfeil. Syntaks er grammatiske regler for hvordan tegn og symboler skal føyes sammen til større uttrykk og enheter. For eksempel kan en ligning av den typen vi husker fra skolen se slik ut $x^2 + 6 = 5x$ eller slik ut $2(x + y) - 12 = 3y + 1$. Dersom vi ikke følger syntakslovene, men setter opp symbolene på en vilkårlig måte og skriver f. eks. $= 4 +^2)12==+$, så ender vi ikke opp med en ligning, men med en ren meningsløshet. De svakeste studentene har ofte problemer med syntaks. De kan gjøre meningsløsheter som å koble utgangen fra en digital port til utgangen fra en annen, eller gi instruksjonene til en Turingmaskin i gal form. En datamaskin er en mester til si fra når noe slikt skjer. Den begynner som regel å pipe, blinke og bære seg, såsnart det minste komma står feil.

Syntaks til side. Når studenten har klart å fore et simuleringsprogram med en meningsfull input, vil selve simuleringen virke som en meget god fasit. Man kan sjekke om det virker slik det er ment å virke. Skulle noe skjære seg, skulle for eksempel en Turingmaskin løpe løpsk og begynne å skrive tegn i hytt og vær eller stanse helt opp på et uventet tidspunkt, så kan man spørre seg: Hvorfor skjer nettopp dette nettopp nå?

Deretter kan man tenke igjennom konstruksjonen sin fra grunnen av, flikke på den, starte simuleringen på nytt, kanskje teste deler av konstruksjonen separat og så videre. Vi rører nå ved den store styrken til simuleringsprogrammer. De gir studentene mulighet til å etterspore logiske feil i konstruksjonene sine på en aktiv måte. Studentene tvinges til å tenke selvstendig, og de vil få føle den miste feil de har gjort på kroppen. Slikt lærer man av. Intet rødt merke fra en lærerpenn, eller fikst ferdig løsningsforslag i en lærebok, vil gi et tilnærmedesvis så stort utbytte for en student. (Det for enkelt å si at man lærer av sine feil. Man lærer bare av de feilene man blir straffet for.)

(iii) En annen stor styrke ved simuleringsprogram er at de gir rask og utvetydig feedback. Studentene får ganske umiddelbart beskjed om hvorvidt deres bestrebelser holder mål eller ikke. Noen ganger, for eksempel når det gjøres syntaksfeil, gis det øyeblikkelig beskjed, og simuleringsprogrammet nekter én rett og slett å arbeide videre før feilen er rettet opp. Andre ganger vil det ta litt lenger tid, men i det øyeblikket man avslutter en konstruksjon kan man sjekke om den virker eller ikke. Videre kan man teste ut deler av konstruksjonen under arbeidets gang, og på den måten kontrollere at man er på rett spor. Under et tradisjonelt undervisningsregime vil kanskje studentene få oppgavene de løser regnet på tavla en uke senere, eller de vil kanskje levere dem til en lærer og få dem tilbake med kommentarer 14 dager senere. Det er neppe nødvendig å utdype hvorfor dette med rask responstid er viktig i en læringsprosess. Det er også et kjent fenomen fra læringspsykologien at vi mennesker ofte lærer lettere når vi får rask feedback.

...men ikke altfor fine greier

På tross av det som er sagt, må ikke simuleringsprogrammer oppfattes som et tryllemiddel. Generelt bør man være forsiktig med å overvurdere eller feilvurdere betydningen av slike programmer. Vi runder av med noen forbehold og advarsler.

Det er kun meningsfullt å bruke simuleringsprogrammer som en komponent i et større pedagogisk opplegg. Hvor god undervisningen til syvende og sist blir, vil i første rekke avhenge av tradisjonelle faktorer som valg av pensumlitteratur, kvaliteten på forelesninger, progresjon i vanskelighetsgrad, og så videre. Et simuleringsprogram kan ikke redde et dårlig pedagogisk opplegg. (Men det kan tilføre et godt pedagogisk opplegg noe.) Ved ingeniørutdanningen her ved Høgskolen i Oslo bruker vi Digital Work i et innføringskurs i digitalteknikk og datamaskinarkitektur.

Vi er nødt til å fore studentene med en god porsjon teori før de overhodet kan begynne å bruke Digital Work på en fornuftig måte. De må lære om binære tallsystemer, boolsk algebra, Karnaugh-diagrammer, og så videre. Alt dette undervises på tradisjonelt vis. Først etter seks, syv ukers undervisning begynner studentene å løse oppgaver i Digital Work. Da bruker vi en time eller to av forelesningstiden på å snakke om simuleringsprogrammet. Etter dette nevnes stort sett ikke Digital Work under forelesningene. Det dreier seg om digitalteknikk, ikke om et simuleringsprogram. (En del av oppgavene som studentene er forventet å løse, er derimot tilrettelagt for Digital Work. Vi bruker også litt, men ikke mye lærerkrefter til å hjelpe studentene med tekniske problemer de støter på i Digital Work.) Så selv om Digital Work er et viktig

hjelpemiddel i digitalteknikkundervisningen her ved ingeniørutdanningen, så er det kun en brikke i et større pedagogisk opplegg, -- et opplegg som hverken står eller faller med Digital Work.

Mange simuleringsprogrammer er enkle å bruke, men det finnes også de som har en høy inngangsterskel. Studentenes tid er kostbar, og mange har en langt tettere timeplan enn enkelte lærere forestiller seg. De har nok av litteratur de skulle ha lest. De har nok av oppgaver de skulle ha løst.

Som regel er et simuleringsprogram er rent hjelpemiddel, og det er ikke noe poeng i seg selv å mestre selve programmet. Derfor bør man tenke gjennom hvor mye tid og krefter en gjennomsnitts student må ofre før han klarer å dra nytte av et program. Går vinningen opp i spinningen? Eller kanskje enkelte studenter vil ende opp med bare spinning?

Data generelt, og simuleringsprogrammer spesielt, kan tiltrekke seg ufortjent stor oppmerksomhet. En lærer bør gjøre det klart både for seg selv og for studentene hva meningen og målet med undervisningen skal være. Vær på vakt slik at nærværet av fancy informasjonsteknologi ikke bidrar til at studentene legger for stor vekt på visse sider av et pensum eller at innholdet av undervisningen dreies i en uheldig retning. Slikt kan lett skje uten at man er klar over det. En student kan lett overse viktige oppgaver han skulle ha løst med papir og blyant fordi han blir oppslukt av noen ubetydelige bugs i et simuleringsprogram. En lærer kan kanskje bruke en uforholdsmessig stor andel av undervisningstiden på simuleringsprogrammet.

Ofte er det stor forskjell på studentene, og ikke alle vil ha like stort utbytte av å bruke et simuleringsprogram. På en eller annen måte må man mate konstruksjonene sine inn i datamaskinen. Dette kan være tidkrevende. Dersom man er rimelig sikker på at konstruksjoner virker som de skal, så snakker vi om bortkastet tid. Undertegnede lærte seg digitalteknikk i godt voksen alder. Jeg hadde aldri behov for et program som Digital Work. Mange års erfaring med matematikk og informatikk gjorde det overflødig. Undervisning bør legges opp slik at de som har utbytte av et simuleringsprogram kan bruke det, mens de som ikke har utbytte av det kan slippe.

Poetisk epilog

”En skrift er rundt oss” fra 1966 er en av André Bjerkes beste diktsamlinger. Det tredje diktet i samlingen lyder som følger.

*Som de selv har ropt i skogen,
får de svar i tidens natt:
Det er slutt med pedagogen!
En maskin har overtatt.*

*Endelig har skolen fått den!
Endelig kom mennesket bort!
Still påskruen! Trykk påknotten!
og du lærer dobbelt fort.*

Som et rusk i apparatet

*var de gamle skolemenn.
Teknologisk vil vi mate
deg med kunnskap, lille venn.*

*Spør maskinen: Hva er målet?
Svaret er: Vår egen tid.
Spør: Hva må vi aldri tåle?
Svaret er: Et individ.*

*Spør maskinen om hva sånne
folk begår. Den svarer: **crimes**.
Lille Chaplin, stå ved båndet.
Hold din plass i "Modern Times"!*

*Deg skal ingen lærer kve,
for et tannhjul kan sitt fag.
Lærer Knott og frøken Skrue
underviser fra idag.*

*Trykk på knotten. Knotten gir en
viktig lærdom. Ta imot!
Still på Skruen og du blir en
samfunnsnyttig idiot.*

Hva søren er dette? Er det en kommentar til bruk av data i skolen? Men diktet er skrevet i en tid hvor det fantes en fire, fem datamaskiner i her i landet. Man snakket til dem ved hjelp av hullkort og fikk svar, gjerne dagen derpå i form av uhåndterlige meterbrede listinger. Det var utenkelig å bruke data i skolen i 1966. Nei, diktet må være en kommentar til den mentaliteten som gjennomsyret skoleverket og utdanningspolitikken i etterkrigstiden. Bjerkes ideal er pedagogen med stor P, steinerpedagogen, pedagogen som dyrker individet, pedagogen som tar hensyn til elevenes særegenheter og behov. Maskinen er for ham bildet på den diamentrale motsetningen. Maskiner og læring hører ikke sammen. Alle forstod det i 1966. Det er en pussighet at vi noen få tiår etter Bjerke skrev sitt protestdikt, til de grader ønsker maskinene velkommen i skolestuene. Vi kan liksom ikke få nok av dem. Og nå snakker vi i bokstavlig talt om maskiner.

LABORATORIUM OG PROSJEKTARBEID

