

Ingeniørdannelse. Kva har danning i teknologifag å gjera?

Hans Georg Schaathun

[⟨georg@schaathun.net⟩](mailto:georg@schaathun.net)

NTNU — Noregs Teknisk-Naturvitskaplege Universitet

Samandrag

Etter rammeplanen for ingeniørfag, er *ingeniørdannelse* ein viktig del av dataingeniørstudiet. Dette har vore eit utfordrande krav, for kva er eigentleg ingeniørdanning?

Der er skrive mykje om danning innanfor didaktikk og utdanningsfilosofi, men knapt noko om ingeniørdanning, som me må venta skal vera noko anna enn den generelle danninga og meir konkret for fagdisiplinen vår. Det er synd dersom fagre visjonar om samfunnsansvar, samarbeid, etikk og respekt for andre fagdisiplinar vert reduserte til ullent formulerte «soft skills». Difor er det verd å søkja eit vitenskapleg fundament for det danningssinnhaldet som rammeplanen krev. Dette kan me finna ved å støtta oss til dels på den danningsteoretiske tradisjonen (spesielt Kemp og Humboldt) og til dels på tenkjarar og metodeteoretikarar innanfor vårt eige fag (særleg Simon og Weizenbaum).

1 Introduksjon

I *Nasjonale retningslinjer for ingeniørutdanning* finn me eit avsnitt om *ingeniørdannelse*. Liknande formuleringar finn me både i utgåva frå 2011 og i utkasta for komande retningsliner i 2020. *Dannelse*, eller danning, er eit litt merkeleg omgrep som er lite brukt i ingeniørmiljøa. Det leier gjerne tankana mot humaniora og mot besteborgarleg elitisme. Me har sett store utfordringar i implementasjonen av dei to nye fellesemna som skulle verkleggjera danninga etter rammeplanen av 2011. Kva er det då danning har å gjera i teknologifag og profesjonsutdanningar?

Hovudspørsmål for dette *essayet* er: Kva meiner me (eller bør me meina) med danning i dataingeniørstudiet? Me vil også koma inn på to underspørsmål: Kvifor treng me danning? Og korleis kan me formidla danning? Dette er eit utdanningsfilosofisk prosjekt, og metoden er filosofisk-hermeneutisk. Me vil byggja analysen hovudsakleg på to renomerte informatikarar: Herbert A. Simon (1916–2001) og Joseph Weizenbaum (1923–2008). Idéane deira skal me so setja i samanheng med danningsteorien frå utdanningsfilosofien og målformuleringane i rammeplanen og retningslinene.

Denne artikkelen vart presentert på konferansen NIK-2020; sjå <http://www.nik.no/>.

2 Sciences of the Artificial

Herbert Simon er kjent som ein særleg tverrfagleg forskar. Då han fekk Nobelprisen i økonomi i 1978 rekna både sosialøkonomar og informatikarar han som *sin* nobelprisvinnar. Turing-prisen hadde han frå 1975. I boka *Sciences of the Artificial*, som kom i tre utgåver i 1969, 1981 og 1996, tek han til orde for eit nytt utdanningsprogram i ingeniørfag, med større vekt på design. Definisjonen hans på design er vid, og han er ofte sitert i ettertida,

Everyone designs who devises courses of action aimed at changing existing situations into preferred ones.

Dette gjer dataingeniørar til designarar, i og med at dei utviklar programvare, eller planar for å ta i bruk programvare, for å gjera livet betre (meir føretrukke) for nokon. Som lærarar er me òg designarar, som finn læringsaktivitetar som skal setja studentane i ein meir føretrukken situasjon (med høgare kompetanse). Studentane er designarar i den graden dei har nokon kontroll over sin eigen studiekvardag, der dei søker røynslar og vel aktivitetar slik at dei vert meir kompetente, anten det skjer innanfor eller utanfor det organiserte studiet.

Grunnlaget for design er, som tittelen hans indikerer, vitskapane om det kunstige. Dette er ein motsats til naturvitskapane som forklarar oss korleis ting *er*. Som designar, og dermed som ingeniør, er spørsmålet korleis ting *bør vera*, og det er dette som er tema for vitskapane om det kunstige. Dette tyder ikkje at ingeniørar ikkje treng naturvitskap, berre at naturvitskap ikkje er nok.

Kritikken frå Simon er at naturvitskapane har drive vitskapane om det kunstige ut av ingeniørutdanningane, eit problem som toppa seg to-tre tiår etter krigen (Simon, 1996, s. 111). Naturvitskapane fekk lov til å dominera fordi ingen andre fag har hatt like stor suksess i å oppnå generelle og objektive, etterprøvbare resultat. Fag som ikkje kunne vise til same objektive og intellektuelle standard vart drivne ut, heilt uavhengig av om dei er relevante eller naudsynte for studiet. Som Simon (1996, s. 113) skriv:

The older kind of professional school did not know how to educate for professional design at an intellectual level appropriate to a university; the newer kind of school nearly abdicated responsibility for training in the core professional skill.

I dag er det allment akseptert at studentane treng meir enn naturvitskap. Difor høyrer me mykje snakk om å styrka sokalla *soft skills* i studiet, men denne gongen forblir dei *soft skills* som me innfører ved å fira på krava til vitskaplegheit. Simons mål var tvert imot å utvikla vitskapane om det kunstige på vitskapleg grunn og dermed løfta profesjonelle kjernekompetansar og få *soft skills* til å verta *hard skills*.

Design er instrumentell problemløysing for Simon. Profesjonelt skjønn (*judgment*) reduserer han til ikkje-numerisk heuristisk søk (Simon, 1996, s. 28). Slik kjem matematisk og logisk fornuft til bruk i fag som til tider har vore rekna som kunst. Han har difor vore kritisert for å vidareføre den same instrumentelle rasjonaliteten som hadde brakt profesjonane i vanry. Særleg Schön (1983) har vore kritisk. Skilnaden mellom Schön og Simon er likevel ikkje so stor som Schön ville ha det til, særleg ikkje når me ser på 1981- og 1996-utgåvene av *Sciences of the Artificial* (jf. Go, 2012; Meng, 2009).

Nobelprisen fekk Simon for arbeidet om avgjerdstaking i økonomiske organisasjonar, der han viste at avgjerdstakarane nettopp ikkje oppfører seg rasjonelt, i alle fall ikkje i teoretisk forstand. Han innførte idéen om *bounded rationality*. Dvs. det er

den rasjonelle fornuften vår ligg til grunn for all problemløysing, men der er grenser for kva denne rasjonaliteten kan utretta, særleg når problema vert komplekse. Mellom anna er det ikkje alltid råd å optimalisera, og ein må klara seg med ei forbetring som er god nok; *satisficing* som Simon kaller det.

Både menneske og organisasjonar vert skildra som evolusjonære system, som er forma vel so mykje av historia som av ferske rasjonelle vurderingar. Simon illustrerer dette med *gradient ascent*-optimering, der det er lett å finna eit lokalt optimum, utan at ein dermed finn eit globalt eitt. Når ein står på éin topp, er det ikkje lett å kryssa dalen av dårlegare løysingar, sjølv om ein kan sjå at toppen på den andre sida er høgare og betre. Hugs definisjonen vår på design. Det er ikkje nok å identifisera toppen (*the preferred situation*), ein må finna stigen (*sequence of actions*) som bring oss dit. Både organisatorisk og personleg omstilling er utfordrande. Me kan t.d. sjå på programvare floppar dersom læringsterskelen er for høg. Simon (1996, s. 47) konkluderer med at,

If we are considering this kind of system, whose environment has a multitude of local maxima, we cannot understand the system unless we know something of the method and history of its evolution.

Ingeniørar lyt altso læra noko om fag- og teknologihistorie. Både faget og den teknologien som faget har skapt, er slike evolusjonære system.

Lat oss ta smidige utviklingsmetodar som døme. Historielaust går det an å forklara studentane korleis dei går gjennom eit *scrum*-prosjekt, med sprinten, daglege *standups*, *burn-down chart*, osv. Det går an å pugga desse stega og gjennomføra prosjektet etter boka, men situasjonen vert då labil. Det skal ikkje mykje til før nokon føreslår å sitja ned på *standup*, og vert sitjande ein time. Eller la sjefen leggja ein utførleg femmånadersplan.

Dei som har lese historien veit derimot at kvar einaste element i del i det smidige paradigmet er tufta på særskilde negative røynsler. Møta tek for lang tid når ein sit, difor *standups*. Historia fortel oss ikkje at det som me har no er den evige sanninga, men det fortel oss noko om kva som er bra og kva som har vore verre. Dei som kjenner historia, kan gjera nye feil når dei føreslår endringar, i staden for å gjera dei same feila opp att.

Simon (1996) framstår ikkje alltid å vera samd med seg sjølv. Tidleg i boka er han sterkt kritisk til alt skjønn og røynslebasert kompetanse. Alt skal vera instrumentelle søk. Seinare (s. 195) legg han derimot vekt på korleis ein designar vil avgrensa søket basert på røynsler. Det seier seg sjølv at ein ikkje kan testa alle mogelege løysingar; ein må prioritera dei som har best sjanse til suksess, og me går gjerne ut frå at det er løysingar som liknar noko som har verka før. Dette korresponderer, seier Simon, i organisk evolusjon, til at individ arvar karakteristikkar frå førre generasjon. Ein kan ikkje endra alt; ein endrar litt, og vonar at arven og dei gamle vanane for øvrig er tilfredsstillande.

Eit moment til er interessant frå Simon (1996). Designprosessen har ofte ikkje eit klart førehandsbestemte mål. Som han skriv (s. 163), er idéen om endelege mål inkonsistent med den manglande evna til å spå i framtida. Ofte er det fyrst når ein har starta på prosjektet, og lagt fram det fyrste utkastet, at ein skjønner nok til å formulera mål. Kwart steg skaper ein ny situasjon, og legg grunnen for ein ny forståing av problemet og av målet. Evolusjonen av løysingar vert hjå Maher og Tang (2003) til samevolusjon (*co-evolution*) av problem og løysing.

Dette kjenner me òg att i programutvikling. Kunden veit sjelden kva han ynskjer

seg. Han veit, som regel, ikkje nok om kva som er mogleg, heller korleis nye løysingar vil endra heile organisasjonen og gje brukarane nye måtar å tenkja på.

Når me taler om mål, ser me òg kvar Simon kjem til kort. Han har gode rasjonelle metodar for å finna løysingar for å oppnå gjevne mål, men han skriv lite eller inkje om korleis ein fastset målet, korkje før, under eller etter prosjektet. Designaren skal, per definisjon, finna vegen til ein *føretrukken* situasjon, men kven er det som skal føretrekkja?

3 Grensene for maskinell tenkning

På 1900-talet såg me ein sterk trend mot vitskapleggjering av so og seia alle fag. Objektiv og proposisjonell kunnskap skulle erstatta subjektivt skjøn og røynsler. Utviklinga av kunstig intellegens går parallelt. Maskinene kan etter kvart tenkja meir, og mennesket tenkjer meir som maskiner. Med datamaskiner får mennesket gjort meir, men dei har òg tvunge, t.d. mange designarar til å uttrykka faget meir eksplisitt for å ta datamaskina i bruk (Simon, 1996, s. 137).

Denne medaljen har ei baksida. Det maskinelle tankesettet formar i aukande grad korleis me tenkjer som menneske. Ein som har studert dette i djupna er Joseph Weizenbaum, truleg mest kjent for Eliza frå 1960-talet. Det fyrste dømet åt Weizenbaum (1976, s. 266) er *klokka*, den aller fyrste autonome maskina som mennesket lagde. Klokka *simulerer* tid. Etter kvart gjekk mennesket over til å forhalda seg til den abstrakte klokketida, i staden for den planetariske tida som er konkret og livsrelevant gjennom dagsljøs og årstider. Klokka, i staden for kroppsrytmen, avgjer når ein skal eta og sova.

Den instrumentelle fornuften (*instrumental reason*), som for Simon var ei positiv utvikling mot meir objektiv og etterprøvbar kunnskap, er for Weizenbaum (1976) eit åk som gjer at mennesket ikkje lenger gjer eigne val. Stadig fleire yrke er førehandsprogrammerte, med reglar og retningslinjer, der avgjerdsleane er forutbestemte utan menneskelege val. Arbeidet er robotisert allereie før digitale robotar tek over. For Max Weber, i teorien om det rasjonelle byråkratiet frå 1920-talet, var dette eit ideal som skulle sikra likebehandling og motverka korrupsjon. For Weizenbaum tyder det at arbeidstakaren er umenneskeleggjort.

Me skal ikkje her ta stilling til om det er eit problem at menneske og arbeidstakarar *kjenner* seg umenneskeleggjorde. Weizenbaum peikar på eit anna problem som er meir kritisk for hovudspørsmålet vårt. Den instrumentelle fornuften er uovertruffen for å finna løysingar for å nå kjende mål, men å kjenna målet krev eit verdival. Ved å overgje oss heilt og fullt til den instrumentelle fornuften, sluttar me, i fylgje Weizenbaum (1976), å stilla spørsmål ved måla. Utviklinga held fram i same spor, og ny teknologi vert utvikla fordi me *kan* og ikkje fordi han gjev oss ei betre verd.

Det er på dette punktet Weizenbaum meiner å finna skilnaden på menneske og maskin. Som Simon sa det, naturvitskapane fortel oss korleis ting *er*, og det kan kunstig intelligens gjerne gjera. *Sciences of the Artificial* handlar derimot om korleis ting *bør* eller *skal* vera, og dette krev ein verdivurdering som må me aldri må la maskiner få lov å ta over.

Dette er sjølv sagt tale om etikk, i Aristoteles sin forstand, dvs. læra om kva som er «godt for oss» i praksis. Etikken handlar om små og allminnelege vurderingar som me må gjera kvar dag. Me skal ikkje hengja oss opp i skremselsdøma, sjølv om me veit at dei store tekniske ingeniørprestasjonane som gav oss atombomba og

klimakrisen, òg handlar om etikk.

Teknologien eksisterer ikkje for si eiga skuld, men for mennesket si skuld, og hensikta er å bidra til «det gode livet». Dataingeniøren kan ikkje føresetja at kunden veit kva som er godt for han, for kunden kan ikkje spå i framtida. Dataingeniøren, med sin kompetanse bør vita ein del ting som kunden ikkje veit. Etikken i designprosessen handlar om å velja mål. Når me designar utan mål, som Simon tek til orde for, vert dei etiske vurderingane ein integrert del av utviklingsarbeidet. Kvar løysingsskisse skipar ein ny situasjon, som krev nye etiske vurderingar.

Den etiske vurderinga er umogleg for kunstig intelligens. Maskina har ingen kunnskap om kva det vil seia å vera menneske og veit dermed inkje om kva som er godt for oss. I fylgje Weizenbaum (1976, s. 209) lærer me noko unikt ved å veksa opp og verta behandla som menneske av andre menneske. Dette tyder ikkje at Weizenbaum er motstandar av den teknologiske utviklinga eller av instrumentell fornuft. Der er berre nokre spørsmål som krev menneskeleg kompetanse.

Ein annan profilert kritiskar av den instrumentelle fornuften er Schön (1983). Saman med Simon er han ein av dei mest siterte forfattarane innan designmetode. Han startar med å forkasta den instrumentelle fornuften, som han kallar den tekniske rasjonaliteten. Innanfor ulike disiplinar, frå kliniske helsefag til design og arkitektur, viser han konkrete døme på at profesjonsutøvarer *ikkje* reduserer gjevne problem til generelle fall som kan løysast med universelle vitskaplege teoriar. Dei problema som ein møter som arkitekt, psykiater eller ingeniør er tvert imot unike fall, ofte samansett av fleire problem med motstridande løysingar. Vitskaplege modellar har alltid ei rekkje føresetnader, som ikkje alltid held i praksis. Simon trekk forsovidt fram noko av det same, men skildrar det som ein enorm kompleksitet, som i prinsippet likevel kan løysast med dei same rasjonelle metodane som enkle fall.

På grunnlag av empiriske observasjonar formulerer Schön (1983) ein metodikk som han kallar for *refleksjon-i-handling* (reflection-in-action). Dette ein søkjeteknikk som har mange fellesdrag med Simons teori. Den største skilnaden ligg i korleis hypotetiske løysingar vert vurderte.

Kvar prototyp eller skisse til løysing vert utsett for eit tankeeksperiment, der designaren (eller andre involverte) *førestiller* seg å leva i eller med løysinga. I arkitekturdømet som er framtrudande i boka (Schön, 1983), representerer dei løysinga som planteikningar og perspektivskisser til ein skule. Dei kan då førestilla seg korleis ein kjem ut av klasserommet og vert leidd inn i ulike rom naturleg inspirerer til ulike aktivitetar, alt frå faglege til sosiale. Tilsvarande kan ein tenkja seg at ein dataingeniør førestillar seg kva det vil seia å vera brukar i eit system som enno berre er representert ved *wireframe*-skisser. Kva fell naturleg i brukargrensesnittet når ein tenkjer som menneske? Di fleire ulike roller og situasjonar ein kan førestilla seg, de meir fullstendig kan ein testa skissa.

Det kritiske for tankeeksperimentet er førestillingsevna, som er ein genuint menneskeleg eigenskap (jf. t.d. Hannah Arendt). Det som ein opplever i tankeeksperimentet er at situasjonen «taler tilbake». Ein kan oppleva manglar; lønsjplassen manglar kanskje sol. Ein kan òg møta positive overraskingar, som eit roleg og skjerma areal som dannar seg mellom to bygningar. Alle desse oppdagingane inspirerer til endringar, trekk (*moves*) som Schön kallar det, som leier til eit nytt utkast og ein ny situasjon, og dermed til eit utgangspunkt for ei ny designøving. Me ser likskapen med Simons design utan mål.

Refleksjon i handling er, for Schön, ikkje ein ny idé. Han tek den tause

kunnskapen (jf. Polanyi, 1983) som yrkesutøvarane allereie har, og gjer han proposisjonell for dermed å gjera yrkesutøvinga meir objektiv. Proposisjonell kunnskap er òg enklare å undervisa og formidla. Schön legg vekt på to punkt som gjer metodikken objektiv og proposisjonell. Det fyrste er den eksperimentelle metoden, der dokumenterte og etterprøvbare tankeeksperiment demonstrerer kva som er godt. Gjentekne tankeeksperiment kan òg sannsynleggjera at der ikkje er vesentlege manglar, på same måte som statistiske hypotesetestar.

Det andre punktet er eit repertoire av døme som yrkesutøvaren har bygd opp gjennom røynsler. Desse døma gjev inspirasjon til moglege trekk i søket etter betre løysingar. Døma tener som førebilete eller analogiar, dei liknar men er ikkje like det unike fallet som skal løysast. Difor kan dei gje innsikt utan å tena som universelle modellar. Konkrete, og dokumenterbare, døme er proposisjonell kunnskap og gjer prosessen meir objektiv enn om ein byggjer den tause kunnskapen frå personlege røynsler aleine.

Schön problematiserte derimot ikkje sjølve tankeeksperimentet. Korleis veit me at innsikta frå tankeeksperimentet er allmenngyldig? Kunne ein tenkja seg kunstig intelligens som lager tankeeksperiment og gjennomfører refleksjon-i-handling?

4 Det utdanningsfilosofiske dannelsingsomgrepet

Dannelsingsomgrepet står sentralt i store delar av den tyske og skandinaviske pedagogikk- og didaktikktradisjonen. Det veks fram frå i perioden 1770-1830, skjønt røtene går tilbake til den greske antikken. Grekerne brukte ordet *pandēia*, som viste til ei heilskapleg danning av einskildmennesket gjennom kunst, idrett og kunst (Gustavsson, 1996). Då Cicero (106–43 f.Kr.), sjølv utdanna i Athen, la den klassiske greske filosofien til rette for romerne, vart *pandēia* omsett med *humanitas*, altså menneskelegheit. Gustavsson (1996) held fram danning som ein grunnleggjande humanistisk idé. Spørsmålet om kva det vil seia å vera menneske har alltid stått sentralt, og likeeins spørsmålet om kva som er eit godt liv.

Danning er i all hovudsak eit tysk og skandinavisk omgrep (ty. *Bildung*, sv. *bildning*, da. *dannelse*). Gode omsetjingar til engelsk og fransk finst ikkje; *education*, som Kemp omset med *oppdragelse*, omfattar både danning og utdanning. Der er ein vesensskilnad mellom danning og utdanning (*Ausbildung*). Gjennom utdanninga lærer ein seg konkrete ferdigheiter for å kunna utføre konkrete yrke. Danninga er famnar vidare; ein vert danna til menneske og ikkje til spesifikke yrke eller oppgåver.

Mange tenkjarar var med å forma dannelsidéen. Wilhelm von Humboldt var kanskje ikkje den største, men som utdanningsdirektør i det prøyssiske innanriksministeriet frå 1809, har han sett spor som har prega universiteta fram til vår tid (Fossmark, 2007). Han søkte m.a. å motarbeida det mekanistiske menneskesynet som vaks fram under opplysingstida. Mennesket er ikkje forutbestemt av naturlovene, men fødd uforma og fri til å forma seg sjølv.

Ved inngangen til 1800-talet var universiteta i Prøyssen modne for reform, der dei klamra seg til dei same faga som i middelalderen, og i liten grad formidla dei nye vitskapane som hadde vakse fram, særleg i opplysingstida. Middelalderuniversitetet var yrkesretta. Dei gjevaste fakulteta dreiv profesjonsstudium i juss, medisin og teologi. Humboldt snudde det heile på hovudet. Filosofi og vitskap, tidlegare undervist som støttfag, vart dei gjevaste faga, og skulle vera vegen til danning.

Ei nyvinning i det humboldske universitetet var seminaret, som supplement til dei tradisjonelle førelesingane i middelalderuniversitetet. I seminaret møtest

lærarar og studentar meir eller mindre på like fot for å utforska faget gjennom dialog. Seminaret er innovativt på fleire ulike måtar. Aktiv læring er kanskje det mest openberre. Like viktig er derimot korleis forholdet vert forskyve mellom lærar, student og fag. I førelesinga er læraren der for studenten si skuld, og faget vert formidla som ei statisk kunnskapsmasse. I seminaret er læraren og studenten til stades for faget si skuld. Dialogen innber at faget vert tolka på nytt. Faget er i utvikling, og vert danna på nytt saman med både læraren og studenten.

Som me veit utvikla danning seg til eit privilegium for ein besteborgarleg elite, dei som hadde fritid nok til å fordriva dagane med teater, kunst og passiarar i salongane. Gjennom dannelsesidealet kunne dei distansera seg frå folk flest. Hadde dette vore det heile, hadde danning neppe hatt nokon plass i ingeniørstudiet. Mange har likevel børsta støv av dannelsesomgrepet i dei seinare tiåra, og me må sjå litt djupare på danning kan vera.

Kemp (2013, s. 180f) knyt danning til skiljet mellom forklaring og forståing. Gjennom utdanninga kan me *forklara* korleis studentane utfører bestemte yrkesoppgåver, og me kan forklara vitenskaplege modeller som fortel korleis teknologien fungerer. Dette er proposisjonell kunnskap, som me kan skriva ned og ta fram når me treng han. Danninga handlar derimot om *forståing*, og det kan ein berre oppnå gjennom ein aktiv prosess der ein sjølv tolkar verda og si eiga rolle der. Dannelsesinnhaldet gjev berre meining, for å bruka Kemp's ord, når det «bæres og overtages av mennesker, der gøres og gør sig dannede».

Dannelsesidéen opnar for at kvart menneske har ei unik fagforståing. Gadamer (1960, s. 10ff) slår fast at danninga ikkje har noko mål utanom seg sjølv. Samstundes er der ingen danning utan ein tradisjon, eit menneskeleg samfunn, som ein vert danna innanfor. Tradisjonen gjev mål og retning til dannelsesprosessen. Både Kemp og Gustavsson legg vekt på at danninga er *både* ein fri prosess og målstyrt. Tradisjonen er sjølv sagt ikkje statisk, og både indre og ytre faktorar skapar endring. Dei som vert danna i tradisjonen vil òg danna tradisjonen vidare.

I den utdanningsfilosofiske litteraturen legg ein mest vekt på lokale, nasjonale og internasjonale kulturtradisjonar som ramme for dannelsesprosessen, men ein kan like gjerne sjå på fagdisiplinar som slike kulturområde. Det har òg Snow (1961) gjort, der han peiker på korleis naturvitenskap og humaniora har danna seg som åtskilde kulturar som kommuniserer dårleg med kvarandre. Medlemmene innanfor kvar kultur vert derimot danna i det samme tanke settet og den same forståinga. Dette dannelsesfellesskapet gjev ein form for intersubjektivitet som gjev fagsemje òg når der ikkje finst objektive svar.

5 Danning i rammeplanen

Som sagt innleiingsvis er ingeniørdanning eit omgrep i retningslinene til rammeplanen. Me vil her ta utgangspunkt i retningslinene frå 2011. Nye retningsliner til den nye forskrifta av 2018 er stadig under utarbeiding. Utkastet som førelå i mai viser berre mindre endringar i dei avsnitta som me bruker her, og me må difor tru at det som me skriv stadig vil vera relevant.

Dei tydelegaste formuleringane om ingeniørdanningane er to føreslåtte indikatorar.

25. Studieprogrammet bidrar til samfunnsansvarlighet, miljøbevissthet, etisk ansvarlighet og forståelse for konsekvenser av teknologi.

26. *Studieprogrammet utvikler høye faglige kvalifikasjoner, forståelse for systemmessig helhet og respekt for andre fagområder.*

Nasjonale retningslinjer for ingeniørutdanning, *NRT 2011*

Punkt 25 gjeld etikk, og det er naturleg å sjå punktet i ljøs av dei tankane som me har drøfta frå Weizenbaum og Schön. Det er interessant at det *forståelse*. Det rekk ikkje å vita kva konsekvensane er; ingeniøren lyt forstå dei. Dette innber at ein må *førestilla seg* konsekvensane slik dei ter seg for dei som skal leva med dei, anten det er oss i nær framtid eller etterkomarane i fjernare framtid. Dette er ein naturleg del av dei tankeeksperimenta som Schön føreskriv.

Den andre indikatoren gjeld tverrfagleg samarbeid, særleg der ulike disiplinær utviklar komponentar til større og samansette system. Dette har ein praktisk side, i at ein må respektera og samarbeida med andre fagområde. Det har òg ei etisk side, ved at konsekvensane av teknologien kan verta større, meir vidtrekkjande og vanskelegare å forstå når systema vert store og komplekse. Difor er det nyttig å sjå punkta 25 og 26 i samanheng.

Ingeniørdanning i retningslinene omfattar òg eit lengre avsnitt om ingeniørdanning:

Utdanningen inkluderer etiske og miljømessige perspektiver, så vel som økonomisk og internasjonal kompetanse. Et viktig aspekt i utdanningen er ingeniørdisiplinens rolle for teknologi- og samfunnsutviklingen både i et fremtidig og historisk perspektiv. Vitenskapelig tenkning og metode inngår som en integrert del av utdanningen. Studentene utvikler analytiske, metodiske og praktiske ferdigheter. Tverrfaglig samarbeid og problemløsning utgjør viktige læringsformer for studentene. Det samme gjelder muntlig og skriftlig kommunikasjon og formidling. Kreativitet, innovasjon og entreprenørskap er integrerte elementer i utdanningen. Ingeniørdannelse utvikles gjennom god fagkunnskap og bevisst anvendelse.

Her er der fleire stikkord som er interessante. Det fyrste er «ingeniørdisiplinens rolle», og «ingeniørens rolle» som er nemnd i forskrifta. Eit kjernesporsmål i den generelle danninga er kva det vil seia å vera menneske. Då er det vel naturleg at ingeniørdanninga tek for seg spørsmålet om kva det vil seia å vera ingeniør. Ein del av svaret kan ein kanskje finna i stillingsutlysingar og arbeidsinstruksar, men når ein ser det saman med etikk og samfunnsansvar vert rolla straks vanskelegare å avgrensa, og kvar einaste ingeniørstudent må ta stilling til kva deira rolle er.

Historia kjem berre so vidt inn i form av eit historisk perspektiv på ingeniørrolla. Teknologihistorie er eit læringsutbyte i forskrifta, men er nemnd under samfunnsfag, heller enn under ingeniørdanning, i retningslinene. Når me atter dreg fram historia som vesentleg i neste avsnitt, er der altså dekning for å bruka tid på ho i rammeplanen.

Vitskapleg tenking og metode vert ikkje problematisert i rammeplanen. Det går ikkje fram om det er tale om den same metoden som ein lærer i naturvitskaplege studium, eller om det er tenking og metode for *vitskapane om det kunstige*. Schön ville kanskje ha sagt at ingeniøren treng ein profesjonsmetode som er noko anna enn vitskapleg metode, i tillegg til naturvitskapleg metode. Der er ingen tvil om at naturvitskaplege metodar inngår; dei er òg nemnd som ein del av fysikken. Utover det gjev rammeplanen rom for tolking.

Mange av dei andre kompetansane, som praktiske ferdigheiter, samarbeid

og kommunikasjon, har det til felles at dei ikkje kan forklarast til fulle. Dei omfattar ein stor porsjon taus kunnskap som ein må forstå. Dermed fell dei under danningsinnhaldet i Kemp sin forståing av danning samanlikna med utdanning.

6 Drøfting

Ingeniørfaga er skapande fag, og handlar like mykje om kva som er verd å skapa som om korleis ein skaper det. Naturvitskapen har vore uvurderleg for å utvikla den teknologien som me har i dag, men han kan berre svare på korleis denne teknologien verkar. Det einsidige fokuset på naturvitskap tok til å slå sprekkar på slutten av sekstitalet, og me har sett korleis Simon, Weizenbaum og Schön har, på ulike sett, søkt å løysa denne utfordringa. Når me ser dei tre samla, kan me ana ein firedeling av ingeniørgjeringa.

For det fyrste, naturvitskapen, som fortel oss korleis føreslegen teknologi, isolert sett, kjem til å verka. For det andre, som Simon legg vekt på, har me instrumentell problemløysing, som fortel oss korleis me går fram for å konstruera teknologien slik at me når eit visst mål. For det tredje, som Weizenbaum legg vekt på, kjem *etikken*, dvs. verdivalet som trengst for å velja mål. Som det fjerde punktet vil eg setja spørsmålet om korleis teknologien kjem til å verka på *oss som menneske*. Dette siste punktet er ikkje like tydeleg poengtert i den literaturen som me har referert, og er kanskje ikkje fullstendig åtskilt frå etikken. Likevel ser me, i nokre av døma åt Schön, at førestillinga om korleis løysinga vil verta brukt av menneske ofte kjem forut for vurderinga om løysinga er ynskjeleg.

Naturvitskapen er det neppe nokon trong til å utdjupa her; me har mykje god og relevant undervising i naturvitskap. Den instrumentelle problemløysinga er òg dekt, i stor grad, av «våre fag», i matematikk, logikk og informatikk. Mange problem vert trivielle dersom me finn ein god representasjon, og med ein eigna heuristikk vert optimering mogleg. Veldefinerte kriterium opnar for logiske resonnement. So langt kjenner me oss heime med dei faga me kan.

Når Simon skildrar problemløysinga som evolusjon, peiker han likevel på noko nytt og viktig. Det er ikkje nok å identifisera ein optimal løysing; me må òg finna ein serie med handlingar som realiserer løysinga. Difor er mengda av interessante løysingar avgrensa til dei som me rimeligvis kan nå frå den situasjonen som me til ei kvar tid finn oss i. For å sjå kvar ein er og kva ein kan byggja på, lyt ein kjenna historia.

Historia er ein viktig danningsfaktor fordi ho representerer *felles røynsler*. Erfaringskunnskap er sentralt for å velja trekk eller hypotetiske løysingar i utviklingsprosessen både for Schön og for Simon. Ein kan ikkje testa alle moglege løysingar; ein er avhengig av å kunna prioritera dei som er mest lovande. Røynslene kan vera både personlege og felles-historiske, men di meir me stør oss på personlege røynsler, di meir tilfeldig og subjektivt vert resultatet, særleg dersom dei er udokumenterte, basert på eiga erindring. Historia er ei kjelde til dokumenterte, felles røynsler, og design bygd på slike vert i større grad objektiv og etterprøvbar.

Kvar fagdisiplin har si eiga historie og tradisjon, i form av tidlegare bragdar og ulukker. I større eller mindre grad vert me danna inn i denne fagtradisjonen. Anekdotar og døme formar oss slik at me får ei felles forståing av *best practice*. Det som er lett å gløyma er at me står på eit tilfeldig punkt på tidslina i eit dynamisk, evolusjonært system. Difor er det ikkje universelle sanningar når me studerer *best practice*, men snarare noko som er eller var sant i éin historisk situasjon.

Naturvitskapen har spesialisert seg på å forklara universelle og evige samanhangar, det som Aristoteles (i *Etikken*) kalte *episteme*. Dette er utanninga sitt innhald, som me høyrer frå Kemp, den proposisjonelle kunnskapen som me skriv ned og tek fram når me treng han. Det går an å forklara studentane nøyaktig korleis dei løysar eksamensoppgåvene og nøyaktig korleis løysinga vert vurdert. Slik vert utanninga objektiv og rettferdig, men me risikerer å utdanna kopiar av oss sjølve.

Danningsidéen anerkjenner kunnskap som ikkje er evig og universell. I Aristoteles sin terminologi omfattar dette både den skapande kompetansen, *techne*, og den praktiske klokskapen, *fronesis*. Felles for bae er at dei føreset forståing for einskildtinga. Dette er det same som Schön seier, dei problema som me står overfor som ingeniør er unike fall, og me må forstå dei som unike fall. Kvar tid og kvart menneske har sine unike utfordringar. Me er alle danna i den tida me lever i. Dersom me utdannar kopiar av oss sjølv, med utgangspunkt i løysingar som fungerer for oss, er ikkje studentane budd på den tida som kjem. I teorien kunne ein tenkja seg at der finst universelle reglar, *episteme*, som skulle fortelja oss korleis me bør handla i ein kvar situasjon, men det krev ein fullstending beskriving på situasjonen og er ikkje kompatibel med *bounded rationality*. I praksis er me tvungne til å forstå kvar situasjon som ein einskildting.

Seminarformen frå det humboldtske universitetet tek konsekvensane av dette synet på kunnskap. Seminaret formidlar ikkje førehandsdefinert fagkompetansar for å førebu studenten på framtida. I staden vert studenten invitert med for å danna faget på nytt her og no. Både faget og studenten vert danna for å møte framtida.

Det fylgjer av dette kunnskapssynet at danninga må vera ein fri prosess. Kvart menneske er unikt, og må forma seg sjølv ut frå sine eigne føresetnader. På same måte som utviklinga av eit dataprogram er eit designproblem, so er òg eiga danning og utdanning eit designproblem. Kvar og ein må definera si eiga rolle i verda og søkja dei røynslar og lærings situasjonar ein treng for å danna seg sjølv til den rolla. Eit hjartesukk frå *Houston Chronicle* 1993 er på sin plass:

As a parent who works, I have a hard time believing that my children's success in school will translate into success in life. While they write book reports following their teacher's instructions, I have to write business reports using my own ingenuity. In the «real world» I must have the self-confidence to stand out by being me, but my children bring home good grades for being the same and doing the same as every other student in class.

Dette utdraget vart sitert av Rogers og Freiberg (1994) i klassikaren *Freedom to Learn*. Studenten treng fridom til å møte ei framtid som me underviser, ikkje kjenner.

Det vanskelegaste spørsmålet er korleis me skal undervisa når forklaring ikkje strekk til. Både Schön (1987) og Kemp (2013) peiker då på etterlikning. Studenten etterliknar læraren som i den tradisjonelle meister/læresvein-modellen. Dette kan verka kontroversielt, seier Schön, for kven liker vel kopiar? Det er derimot ikkje kopiering det er tale om, men ein kreativ imitasjon, *mimesis* som det heiter i *Poetikken* av Aristoteles. Læresveinen skal ikkje kopiera løysinga etter meisteren. Det er prosessen fram til løysinga han kan etterlikna, men denne prosessen kan heller ikkje kopierast, fordi han er tilpassa eit konkret, unikt fall som meisteren stod overfor. Når læresveinen skal etterlikna må han tolka meisteren på nytt i sin eigen situasjon. Han lyt tenkja som meisteren ville ha tenkt i denne situasjonen, og slett ikkje slik som meisteren faktisk tenkte i ein annan situasjon.

Igjen er fridom sentralt for å lukkast. Studenten må ha fridom til å tolka oppgåva og professoren sitt førebilete, og til å koma opp med kreative løysingar. Ein av dei mest renommerte kodeteoretikarane som avslutta karrieren sin omtrent då eg starta min, fortalde at det verste han visste var studentar som kom tilbake og hadde gjort akkurat det han hadde bede dei om. Førelesarar og sensorar må vita å setja pris på kreative og konstruktive løysingar, ogso når dei kjem saman med tekniske løysingar som ikkje verkar i det heile. Dersom me ikkje klarer det, vil me kvela både kreativitet og fridom, og gjerne òg motivasjon. Nokre av døma åt Schön (1983) verkar lovande, der undervisaren trer inn i studenten sin designprosess, og bruker studenten sitt forslag som utgangspunkt for vidare design. I staden for å forkasta løysinga, tek han studenten på alvor, og prosessen viser kva som er verd å ta vare på.

Dersom studentane skal læra problemløysing, so må undervisinga bruka tid på å løysa problem der løysinga ikkje er openberr frå læreboka. Dvs. ein må bruka tid på å oppleve alle stadia av håp, tvil, fortvilning og oppdaging, som inngår i ein autentisk løysingsprosess. Me må visa at røynde problemløysarar òg går gjennom dei same stadia gjennom modellæring, og me må gje studentane positiv tilbakemelding når dei feilar, for å fornya håpet. Dersom tida vert brukt på problem med fasitsvar, lærer studentane å kopiera. Og kven liker vel kopiar?

Mange av dei same innsiktene er relevante når me går vidare til etikken, men der er ein stor skilnad. Når me har løyst eit problem kan me samanlikna løysinga med målet. Der er ein objektiv standard for suksess. Når me vel eit mål, finst der ingen autoritativ standard. Etikken krev difor enno djupare innsikt i einskildtinga enn problemløysinga som me hittil har diskutert.

Den store risikoen, når me reviderer studieprogrammet, er kanskje at me freistar å forklara studentane kva etikk er eller korleis dei skal handla etisk. Sjølv om fagfilosofane har eit rikt teorigrunnlag å by på, so står dette fjernt frå dei konkrete situasjonane som ein ingeniørstudent kan ventast å førestilla seg. Utan å studera einskildtinga, vert den abstrakte teorien for krevjande å anvenda. I tillegg bommar ein på studentane sin motivasjon, som er ein av dei aller viktigaste føresetnadene for læring. Som Sotto (2007) seier kan me ikkje skapa motivasjon. Det beste me kan håpa på er å møte den motivasjonen dei har. Då nyttar det ikkje å undervisa etikk som filosofisk disiplin, men me kan setja ljøs på etiske spørsmål i dei ingeniørfaglege tema og problem, og derigjennom læra å gjera gode etiske val.

Studentane skal læra å sjå konsekvensane av teknologi, både som eit eksplisitt læringsutbyte i rammeplanen og som ein føresetnad for etiske vurderingar. Igjen er me på veg inn i humaniora, for konsekvensane kjem ikkje til syne i teknologien, men i samspelet mellom menneske og maskin, og det er konsekvensane for mennesket som er relevante.

Det er verd å merka seg at ei samfunnsvitskapleg og empirisk forståing av forholdet mellom menneske og maskin ikkje er tilrekkeleg, for empirien er bygd på eit avgrensa historisk datasett. Dersom me skal ekstrapolera dette til den uendeleg store populasjonen som framtida utgjer, vert det mest usikkert og tilfeldig. Om enn mange trur på å forklara mennesket gjennom enkle mekaniske modellar, har me førebels ikkje utvikla slike modellar som påliteleg forutseier konsekvensar av teknologien for oss. Her kan me lite, som Weizenbaum seier, på at me veit ein heil del om kva det er å vera menneske, berre ved å vera danna som menneske. Den kompetansen lyt studiet løfta fram og røkta, slik ein gjer det på historisk-filosofiske studium.

7 Oppsummering

Ingeniørdanning er eit erklært tema i den rammeplanen som me er bundne av. Det er eit komplisert tema som grip langt utanfor dei matematisk-naturvitskaplege disiplinane som dei fleste av oss er oppdregne i. Det er like fullt viktige tema, når me hugsar at studentane våre skal vita, ikkje korleis teknologien *er*, men korleis han skal *bli*, og ikkje minst at det vesentlege er kva teknologien *vert for oss*.

Der er ikkje mykje som er skrive om ingeniørdanning (og kanskje mindre som er lese), korskje om kva det er eller om korleis det vert lært. Ser ein meir generelt på det, er der ein omfattande litteratur om danning, etikk, designmetode m.m. som kan overførast til ingeniørfag. Det krev derimot ein kollektiv dannelsingsprosess, der denne kompetansen må få innpass i vårt felles faglege tankesett. Eit påheng som vert førelest etter boka fordi det står i rammeplanen vil ikkje hjelpa studentane.

Referansar

- Fossmark, J. (2007). Wilhelm von Humboldt. In Steinsholt, K. og Løvlie, L., editors, *Pedagogikkens mange ansikter*, pages 200–214. Universitetsforlaget.
- Gadamer, H.-G. (1960). *Wahrheit und Methode*. Tübingen.
- Go, J. C. (2012). Teaching as goal-less and reflective design: a conversation with Herbert A. Simon and Donald Schön. *Teachers and Teaching*, 18(5):513–524.
- Gustavsson, B. (1996). *Bildning i vår tid: om bildningens möjligheter och villkor i det moderna samhället*. Wahlström & Widstrand Stockholm.
- Kemp, P. (2013). *Verdensborgeren: pædagogisk og politisk ideal for det 21. århundrede*. Hans Reitzels Forlag, 2. reviderede udgave edition.
- Maher, M. og Tang, H.-H. (2003). Co-evolution as a computational and cognitive model of design. *Research in Engineering Design*, 14(1):47–64.
- Meng, J. C. S. (2009). Donald Schön, Herbert Simon and the sciences of the artificial. *Design Studies*, 30:60–68.
- Polanyi, M. (1983). *The Tacit Dimension*. Peter Smith, Gloucester, Massachusetts. First published Doubleday & Co, 1966.
- Rogers, C. R. og Freiberg, H. J. (1994). *Freedom to learn*. Macmillan College Publishing Company, third edition.
- Schön, D. A. (1983). *The Reflective Practitioner*. Ashgate Arena.
- Schön, D. A. (1987). *Educating the reflective practitioner*. Jossey-Bass San Francisco.
- Simon, H. A. (1996). *The sciences of the artificial*. MIT press.
- Snow, C. P. (1961). *The two cultures and the scientific revolution*. Cambridge University Press, New York. The Rede Lecture 1959.
- Sotto, E. (2007). *When Teaching Becomes Learning: A Theory and Practice of Teaching*. Continuum, 2nd edition.
- Weizenbaum, J. (1976). *Computer power and human reason: From judgment to calculation*. WH Freeman & Co.