

Engineering og teknologi- forståelse



Keld Nielsen, lektor emeritus ved Århus universitet

I dette kapitel er der fokus på T'et i STEM, altså på begrebet "teknologi". Hvordan kan man tale om teknologi på en sammenhængende og meningsfuld måde? Hvordan kan man inddrage emnet teknologi i sin undervisning? Hvilke generelle betragtninger kan man bruge? Ja, hvad skal man i det hele taget lægge i begrebet teknologi? Er der pointer, som det er særligt vigtigt, at eleverne hører om?

Kapitlet er anderledes end de øvrige kapitler i dette nummer af Liv i Skolen. Indholdet bygger ikke på erfaringer med at undervise i teknologi og tager ikke udgangspunkt i undervisningsmaterialer eller konkrete projekter. I stedet præsenteres en række synspunkter og begreber vedrørende fænomenet teknologi. Temaet er således "teknologiens natur". Håbet er, at de præsenterede begreber kan være en hjælp for undervisere, der gerne vil sætte teknologi ind i en større forståelsesramme,

og dermed bidrage til at styrke klasse-diskussioner om, hvad teknologi er for en størrelse. Hvad gør teknologi ved os? Og hvad kan vi gøre ved teknologien?

Der er dog på ingen måde intentionen, at kapitlet kan gøre det ud for egentligt undervisningsmateriale. Men måske kan det være til hjælp for undervisere, der – fx i forbindelse med engineeringundervisning – vil diskutere spørgsmål som: Hvorfor udvikler teknologi sig hele tiden, hvad er

ENGINEERING OG TEKNOLOGIFORSTÅELSE

Her præsenteres en række **synspunkter og begreber** vedrørende fænomenet teknologi.



det, der styrer processerne? Er det teknologien, der styrer samfundets udvikling, eller kan samfundet – borgerne og politikerne – styre teknologien? Er nogle teknologier onde og nogle gode, eller afhænger det af, hvordan vi bruger dem, og hvis ja – kan vi så træffe personlige og kollektive valg? Eller er vi alle på forhånd dømt til at bruge smartphones? I den type diskussioner kan det være vanskeligt at fastholde en konsistent holdning, med mindre man har et nogenlunde klart begreb om, hvad der karakteriserer teknologi.

For at antyde hvad det er for en slags emner, man eventuelt kan tage op til diskussion i en klasse, er der i teksten forslag til en række emner for teknologiundervisning. Forslagene er ikke tænkt som direkte oplæg til undervisning, men som inspiration til lærere – eller grupper af lærere – der vil inddrage spørgsmål om teknologi i deres undervisning. Derfor er der heller ikke angivet klasseniveau i forbindelse med forslagene.

Vi håber dermed, at dette kapitel kan være en hjælp til udvikling af undervisning, der styrker elevernes teknologiske dannelse. Mere herom senere.

Forvirring om hvad ordet teknologi betyder

Desværre hersker der forvirring om, hvad man i forbindelse med undervisning kan lægge i begrebet teknologi. En ny dansk rapport har kortlagt de sidste 10 års projekter, der er rettet mod skolen og kan rubriceres som engineering. Rapporten peger på, at den sproglige forvirring er en udfordring. Den opsummerer:

... i indsatser med fokus på teknologi [var det] ofte uklart for lærerne, hvad teknologi dækker over, og hvordan den skulle bidrage til elevernes læring. Dette kunne pege på, at der er behov for en definition af, hvordan teknologi forstås i relation til EIS [dvs. projektet Engineering i skolen], og hvilken rolle teknologi bør spille i "engineering"-forløb. (Waadegaard, 2018, s. 5)

Kigger man i Fælles mål eller vejledningen for natur/teknologi, er der ikke megen hjælp at hente. Man finder mange forslag om at inddrage konkrete genstande eller teknologier i undervisningen (produkter, mekanismer eller fx varmforsyning), eller at se på fremstillingsprocesser og produktudvikling eller betydningen af råstoffer, resurser og forurening. I overbygningen skal eleverne have viden om "teknologiske processer", "teknologi i landbruget", "tek-

nologiske gennembrud", eller "teknologiske systemer". Det er alt sammen fornuftigt, men manglen på overordnede beskrivelser af teknologi – eller måske en definition – er larmende.

Læg hertil, at det nye it-fag i folkeskolen har fået navnet "Teknologiforståelse". Det er et meget uheldigt valg, fordi ordet teknologi i den sammenhæng udelukkende bruges om nyere informationsteknologi. Så teknologi i faget teknologiforståelse betyder i virkeligheden "digital teknologi" og har meget lidt at gøre med betydningen af ordet teknologi i faget natur/teknologi!

Og der er mere: Ofte, når undervisningsforskere eller pædagoger taler om teknologi, mener de "undervisningsteknologi": tablets, interaktive tavler, powerpoint, apps til undervisningsbrug osv. Altså igen en helt anden betydning af ordet.

En definition af teknologi

For et par generationer siden betød teknologi "læren om råvarernes bearbejdning". Altså et vidensområde knyttet til et genstandsområde og en række praksisser, ligesom geologi eller psykologi. Det, vi i dag kalder teknologi, hed dengang teknik. Men sådan er det ikke mere. Nu er teknik noget man bruger som bokser, eller når man skal score en partner. Samtidig har ordet teknologi fået en omfattende, men dermed også – i mange sammenhænge – en mere uklar betydning.

Man kan overveje om det – i forbindelse med diskussioner om teknologi – alligevel kunne være frugtbart at fastholde en skelnen mellem "teknik" (maskinerne) og "teknologi" (den viden vi har om maskinerne). Men denne diskussion er, som antydet ovenfor, overhalet af den almindelige sproglige udvikling. Så anbefalingen herfra er, at man prøver at undgå ordet teknik i betydningen "maskiner og dimser", og i stedet bruger det i betydningen "en bestemt fremgangsmåde i forbindelse med løsning af en opgave". Fx løfteteknik, forhandlings-teknik eller fremstillingsteknik.

Nu om dage betyder teknologi viden, organisation og redskaber, som mennesker udtænker og gør brug af over for naturen for at leve bedre og mere sikkert. Så en stenøkse er (var) teknologi, ligesom en regnfrakke eller en bil er det. Den viden, der skal til for at lave en stenøkse eller bruge en bil, er også teknologi, ligesom de kurser og den køreprøve, der skal organiseres for at jeg kan få lov til at bruge bilen.

Kernen i ordet teknologi kommer fra "techne", det græske udtryk for det, der er fremstillet "ved kunst", altså det mennesker – og ikke naturen – har frembragt. Så skillelinjen går mellem techne/teknologi på den ene side, og det, der er frembragt af naturen på egen hånd, på den anden. Denne skelnen er fundamental.

Definitionen er ikke uden problemer i den

ENGINEERING OG TEKNOLOGIFORSTÅELSE

forstand, at den ikke klart deler verden op i noget, der er "teknologi", og noget der er "natur". Man kan bruge lang tid på en diskussion om, hvor grænsen går mellem det kunstige og det naturlige. Er et æg som "ved kunst" og under et mikroskop er befrugtet med en sædcelle "kunstigt" – altså et stykke teknologi – eller er ægget stadig en del af naturen? Med den valgte definition og lidt god vilje, er det kunstigt befrugtede æg et stykke teknologi. Men hvis man har en diskussionslysten klasse med hang til filosofiske spidsfindigheder, kan man overveje, om et æg fra en kvinde, hvis ægløsningscyklus er reguleret af kunstigt fremstillede hormoner, er "techne", altså et stykke teknologi. Den er svær. Så den moderne definition af, hvad teknologi er, løser ikke alle problemer. Men som arbejdsdefinition er den et særdeles godt bud.

Det kan det være frugtbart at tænke over, at når mennesker frembringer "techne", så er udgangspunktet ofte noget, der hører naturen til: En flintesten, et stykke træ, en klump malm, bomuld plukket fra en busk, saltvand der skal inddampes. Det er bearbejdningen, der forandrer natur til teknologi. Men teknologi er mere end forarbejdet natur.

Forslag til emne til teknologiundervisning:

Forholdet mellem natur og teknologi

Tag eksempler på helt simple stykker teknologi – en gryde af støbejern, en trøje af bomuld, en kop af plastic – og lad eleverne undersøge, hvad det er fra naturen – malm,

Teknologi omfatter **store mængder af viden og organisation.**



bomuldstotter, råolie – der er blevet bearbejdet, og hvad det er for processer, der har forvandlet netop dette stykke natur til teknologi. Mange lærere i natur/teknologi har sikkert undervist i noget lignende i forbindelse med råvarer og fremstillingsprocesser, men måske kan man lægge et filosofisk lag oven i det hele: Når malm bliver til støbejern, eller bomuld til garn, er det eksempler, som illustrerer træk ved al teknologi. Derfra kan man så tage en diskussion om, hvordan teknologi er afgørende for den måde, vi lever på – fra stenøkser til mobiltelefoner.

Karakteristiske træk ved teknologi

I det følgende vil vi se på tre karakteristiske træk ved teknologi: Teknologiske systemer, kompleksitet og teknologisk udvikling. Tanken er, at man øver sig i at genkende og diskutere disse træk en gang imellem, når man beskæftiger sig med en konkret teknologi. Resultatet skulle gerne være, at elevernes opfattelse af, hvad teknologi er for et fænomen, bliver dybere og mere nuanceret. Mere filosofisk, om man vil.

Teknologi optræder i systemer

Mange af de teknologier, vi er omgivet af, udfolder sig på en måde, så det er hensigtsmæssigt at tænke på dem som en række af store teknologiske systemer.

Det afgørende, når man taler om systemer, er, at hver for sig er systemets enkeltkomponenter ikke interessante. Men når de interagerer, får man et system, der kan meget mere end enkeltdelene. Et simpelt eksempel er en cykel. Den består af enkeltdele – stel, styr, hjul, dæk, sadel, kæde – men delene er afpasset efter hinanden, og når de sættes sammen til en helhed, har man et vidunderligt transportmiddel. Men netop fordi delene interagerer systemisk, vil en ændring af én kom-

ponent – fx kæden der springer – påvirke hele systemet. Cyklen ser stadig ud til at eksistere, den virker bare ikke mere som cykel, fordi en fejl i en enkelt komponent fik systemet til at bryde sammen.

Eksemplet med cyklen er dog for simpelt til at illustrere en række afgørende pointer omkring teknologiske systemer. Lad os i stedet betragte systemet "biltransport", der gør det muligt for os at blive transporteret rundt på verdens landeveje. Bilen – der ligesom cyklen selv er et system – er en central komponent i det store transportsystem. Et teknologisk system kan altså godt være bygget op af en række delkomponenter, der selv er (under) systemer.



Figur 1: Komponenter i det teknologiske system vi kan kalde "biltransport"

ENGINEERING OG TEKNOLOGIFORSTÅELSE

Man kan ikke kan køre rundt i sin bil, med mindre der er bilfabrikker, benzinstationer, veje og trafiklys. Det er ret banalt. Men systemet indeholder masser af mere usynlige, men afgørende, komponenter. For eksempel skal alle biler repareres og holdes vedlige, og det ville ikke være muligt uden uddannede mekanikere og – for nu at tage en interessant enkeltkomponent – det lærlingesystem, der uddanner mekanikere, inklusive lærerne, lærebøgerne og svendebrevne. Og bilen skal have nummerplader og skal være forsikret. Det er altså også nødvendigt med færdselslove, synshaller, køreskoler, køreprøver, osv. Så uden jurister og politi, intet velfungerende biltransportsystem. Andre komponenter fremgår af figur 1.

Der er komponenter, man nemt kan overse i forbindelse med at forstå, hvordan det hele fungerer, fx banker til finansiering af både bilfremstilling og bilkøb, eller statens ret til at ekspropriere jord til nye veje. Eller skattesystemer, der betaler for anlæg og vedligehold af vejene osv.

Lige under billedet af bilen står der "disciplin". Det er en noget løst ord, men indikerer, at systemet forudsætter, at vi alle har forventninger til, hvordan bilister skal opføre sig. Fx vil systemet komme under pres, hvis et fænomen som "road rage" breder sig uhæmmet, eller hvis bilister med vilje kører ind i hinanden, eller kører cyklister ned, eller udstyrer deres

biler med store sirener for at skræmme andre bilister. "Disciplin" er selvfølgelig uløseligt forbundet med, at der er love for, hvordan man må opføre sig på vejene med tilhørende politi og dommere til at straffe overtrædelser. Men hvis mange bilister opgav at udvise en vis disciplin, ville systemet ændre sig. Det ville blive anderledes, og meget mere farligt at køre i bil.

De fleste teknologiske systemer indeholder mulighed for brug, der skader andre, og en fælles forståelse i form af disciplin er en vigtig del af systemerne. Fx kan den såkaldte Umbrella-sag, hvor staten har lagt sag an mod en række borgere for at bruge telefoner og internet til at dele krænkende videoer, ses som en indsats, der skal stramme brugernes disciplin i forbindelse med uacceptabel anvendelse af smartphones og videoteknologi.

Den afgørende pointe ved at se på teknologiske systemer er dog, at det bliver tydeligt, at teknologi også omfatter store mængder af viden og organisation – herunder lovgivning – som er nødvendig for at få et givet system til at fungere.

Kompleksitet

– systemerne griber ind i hinanden

Der tales ofte, og med rette, om, at den moderne teknologiske verden er kompleks. Det er der flere grunde til. Her skal vi blot se på den mest oplagte side af kompleksiteten. Nemlig at de store tek-

nologiske systemer, som vi har udviklet de sidste 150 år, griber ind i hinanden og påvirker hinanden.

Lad os igen tage et banalt eksempel, nemlig fremstilling af en gang biksemad til familiens aftensmad.

De vigtigste råvarer (kød, kartofler, mv) frembringes i et stort system, som bruger naturen på en organiseret og iscenesat måde. Vi kender det godt og kalder det landbrug. Men systemet "landbrug" er afhængigt af en lang række andre systemer. Der kommer nemlig ingen kød og kartofler ud til forbrugerne uden omfattende emballage- og transportsystemer, som forbinder bondegårde, slagterier, kølehuse og kølediske. Både de kartofler og det kød, der skal i biksemaden, er med stor sandsynlighed købt af brugeren i et fordelings-system, som omfatter supermarkeder og kasseapparater samt et betalingssystem med penge eller betalingskort. Panden varmes op af el eller gas, der igen kommer fra kæmpemæssige, velorganiserede systemer. (Elsystemet spillede også en afgørende rolle i forbindelse med slagterierne, kølehusene og supermarkederne). Og når pande og tallerkener skal vaskes op, træder endnu to store systemer til; drikke- og spildevand. Og så skal den indpakning, som råvarerne blev købt i, bortskaffes gennem endnu et system; renovations- og genbrugssystemet. Oven i det hele kommer at de deltagende systemer kommunikerer og

koordinerer gennem brug af omfattende telefon- og it-systemer.

Ingen biksemad uden uddannede landmænd, dyrlæger og fabrikker, der fremstiller kunstgødning, kølemontører, kølebiler, olieraffinaderier, lastbilchauffører, dyrlæger, mekanikere, kassedamer, penge/kreditkort, banker, lønsystemer, elselskaber, spildevandsrensning, harddiske og ... fortsæt selv listen. Husk fødevarekontrollen og alle de undervisere, der skal til for at uddanne mennesker, der kan holde systemerne i gang!

Så en stor del af det moderne samfunds kompleksitet stammer fra, at ikke bare er de enkelte teknologier indlejret i store systemer, hvor tusinder af faktorer spiller sammen. Systemerne er også afhængige af hinanden. Holder kølebilerne af en eller anden grund op med at køre, får både landmænd, slagterier og supermarkeder problemer, og aftensmaden er i fare.

Forslag til emne til teknologiundervisning:

Teknologi optræder i systemer

Fortæl eleverne om et teknologisk system – det kunne være biltransport, men der er masser af andre eksempler. Luk op for en vandhane og lad eleverne diskutere eller undersøge, hvad der skal til, for at der kommer drikkeligt vand ud af hanen. Kortlæg hvilke komponenter, der indgår i drikkevandssystemet. Besøg eventuelt et vandværk og (eller få besøg i klassen)

ENGINEERING OG TEKNOLOGIFORSTÅELSE

og læg vægt på det "usynlige" i systemet: Lovgivning, vandanalyser, afregningstærker, tilsyn fra kommunen, medlemskab i vandværksforeningen, kemikalienedsivning, beredskab ved uheld, mulighed for at vandværker skal sælges til kommercielle firmaer, kampagner der skal begrænse vandspild, vandværkernes organisering (interesseforening), ...

Hvis drikkevandforsyning er for simpelt et system, så prøv med noget mere kompliceret som mobiltelefoni eller tv. Så kan man evt komme ind på systembegreber som "standarder" (kan mit tv modtage HDTV? Hvorfor skal jeg have en ny DAB-radio?) og "kompatibilitet" (Hvorfor passer dit opladerstik ikke i min telefon?), som ikke er berørt her.

Teknologisk udvikling

Teknologi har en tendens til at udvikle og forandre sig, som vi ikke er ret gode til at beskrive og forstå: Hvad er det for kræfter, der muliggør denne tilsyneladende uendelige evne til forandring? Teknologifilosofferne har ikke noget præcist og sammenhængende begrebsapparat, når de vil beskrive, forklare eller forstå, hvad der driver teknologisk forandring.

Selvfølgelig kan man altid pege på, at de mest iøjnefaldende af de nye teknologier, vi bliver udsat for, er beregnet til salg på store "markeder", så den benzin, der driver udviklingsmekanismerne, er ønsket om at over-

leve i markedet ved at tjene penge. Men profitmotivet forklarer jo ikke, at ingeniører og forretningsfolk tilsyneladende i det uendelige kan finde ud af at frembringe nye produkter, nye fremstillingsmetoder, nye markeder, og nye måder at organisere teknologien på.

Derfor har vi heller ikke så meget præcist at sige om, hvordan systemerne bærer sig ad med at ændre sig ustandseligt. Og hvorfor nogle systemer – som fx telegrafsystemet – dør, og andre vokser frem. Andre systemer, som fx flytrafik og højhastighedstog, er i skarp konkurrence. Vil konkurrencen i nogle områder føre til det ene systems død? Hvem ved?

Men lidt analyse af udviklingen har vi da mest af beskrivende art. Teknologisk forandring kan ske "konservativt" – dvs som en udbygning eller forbedring knyttet til allerede eksisterende teknologier eller teknologiske systemer. I modsætning hertil kan teknologisk udvikling ske "radikalt". Det vender vi tilbage til. Først nogle eksempler på konservative forbedringer.

Konservative forbedringer bliver for det meste opfattet som uproblematisk. Faktisk elsker de fleste mennesker konservative forandringer: Min nye bil kan det samme som den gamle, men den er bedre, den har skivebremser, eller navigations-system eller en stærkere motor, eller den kører længere på literen. Fedt. Ligesom

større harddiske, hurtigere kaffemaskiner eller smarttelefoner med superkameraer. Eller cykler med carbonstel – er det ikke bare vidunderligt? De fleste konservative ændringer frembringes i udviklingsafdelinger i store firmaer. Målet er at forbedre firmaets konkurrenceevne i forhold til en række konkurrenter, så målet er i sidste ende ønsket om at tjene (endnu flere) penge. Og initiativet er rettet mod brugere, som allerede kender og bruger den forbedrede teknologi.

Med de "radikale" forandringer (de hedder også opfindelser) er det noget andet. Radikale ændringer har potentialet til at starte nye teknologiske systemer eller fremkalde omfattende systemændringer. For tiden kalder man radikale teknologier for disruptive. Det bliver de ikke mindre problematiske af.

Meget ofte ved opfinderne ikke selv, hvad det er, de har opfundet. Eller rettere, de ved ikke, hvad deres opfindelse vil blive brugt til. Samuel Morse, der opfandt telegrafenen, havde slet ikke gennemskuet, at den kunne bruges til styring af jernbaner og udveksling af børskurser. Graham Bell, der opfandt telefonen, tænkte, at den kunne bruges som en slags intercom, hvor to forretningsfolk, der sad i samme bygning eller tæt på hinanden, kunne kommunikere one-to-one. At telefonen endte med at stå i folks dagligstue og blive brugt til almindelig hyggesnak overraskede ham

meget. Guglielmo Marconi, der udviklede radiotransmission, var sikker på, at radio kun kan bruges til at sende telegrammer i morsekode, ikke noget med tale og musik. John Logie Baird, der opfandt fjernsynet, tænkte, at det – ligesom radio på hans tid - kunne bruges til at sende live fra fx sportsbegivenheder eller operascener til en slags tv-biografer. Osv osv. Listen er meget lang.

Det interessante er, at på opfindelsestidspunktet er det uklart, usikkert og uafgjort hvem, der vil bruge opfindelsen og til hvad. Hvis den skal blive til noget, skal den være levedygtig og gradvist udvikle sig til et nyt system, som tilpasses, så brugerne tager den nye teknologi til sig. Som det skete for dampmaskine-fabrikssystemet, telegrafenen, telefonen, jernbanen, bilen, flyvemaskinen, elektriciteten, radio, tv, internet....

Radikale opfindelser, der slår rod og begynder at udvikle sig, gør folk nervøse – måske endda bange. Ofte med god grund. De vævere, (luditterne) der omkring 1810 smadrede de nye engelske maskinvæve, havde gode grunde til at gøre det, for de nye maskiner trykkede deres løn i bund eller sendte dem ud i arbejdsløshed. Fuldstændig ubønhørligt. Det samme er sket for myriader af folk, der troede de havde et godt job, indtil et nyt tekno-system tog bunden ud af det. Nogle få eksempler: 1850ernes kystskippere fik kniven

ENGINEERING OG TEKNOLOGIFORSTÅELSE

af jernbanerne. 1920ernes hestehandlere og hestepassere så traktorer og biler løbe med det hele. 1950ernes omstillingsdamer blev udryddet af den automatiske telefon-central, 1960ernes typografer, 1980ernes bankassistenter, ...

En lidt anderledes historie, men lige så lærerig, er den om landsbysmedene, som omkring 1920 have passet landsbyernes plove og hestevogne i århundreder, siden middelalderen faktisk. Da de så, at der begyndte at køre biler omkring, tænkte de: Super, det kommer til at vrimle med nye kunder. Hvor bliver vi rige. Mindre end en generation efter var der opstået en helt ny gruppe – mekanikerne – som opererede ud fra nogle andre forståelser af, hvad biler er for noget. De traditionelle landsbysmede forsvandt.

Svaret på "hvad gør nye teknologier ved vores tilværelse?" må nok være, at for nogle er de en klar forbandelse og river deres tilværelse i stykker. For andre er de vejen til velstand og fede tider. Nogle af de første når at få et andet job, som opstår, fordi et nyt system vokser og skaber nye jobs. Andre når ikke at komme med og bliver bitre som min tidligere svigerfar, der endte som arbejdsløs typograf.

Så nogle grupper frygt for ny teknologi er helt reel. Nogle af de klassiske modtræk er omskoling og efteruddannelse. Dem kender vi. De er nødvendige og en del af, hvordan et samfund kan håndtere tekno-

logisk udvikling, uden at de menneskelige omkostninger bliver for store.

Teknologi, kontrol og lovgivning

Men ikke bare mennesker, der står til at miste deres jobs, bliver utrygge, når teknologier rører på sig. Alle, der fornemmer forandringernes radikalitet, ubarmhertighed og ustoppelighed føler et eksistentielt ubehag, som ikke er så nemt at analysere og få hold på.

Men teknologiske udvikling kan – i hvert fald til en vis grad – styres og kontrolleres. Dels gennem støtte til teknologier, man tror vil gøre verden bedre, dels gennem love og reguleringer, der begrænser eller forbyder teknologier, der har virkninger, man gerne vil undgå.

For eksempel kan man politisk vælge at sætte midler af til forskning og udvikling af teknologier, som man mener er potentielt gavnlige – det være sig i form af vindmøller eller andre vedvarende energiformer eller systemer til genanvendelse af affald, eller forskning i materialer, der kan erstatte skadelig plastic. Eller teknologier, der kan fjerne noget af den plastic, som vi har forurennet havene med. Eller myndighederne kan indføre godkendelsesordninger, som det skete med danske vindmøller i en tidlig fase af deres udvikling. Ordningerne fik stor betydning for møllernes udvikling og kvalitet. Eller myndighederne kan pålægge borgerne til at sortere deres affald, så det forurenner mindre og færre

ressurser går tabt. Alt sammen former for teknologistyring.

Et mere effektivt instrument over for rablende teknologisk udvikling er lovgivning, der kontrollerer eller regulerer anvendelse af en given teknologi. Det bliver ofte overset, i hvor høj grad vores brug af teknologi er reguleret gennem lovgivning. Vi har allerede været omkring biler. Der er masser af love, der regulerer og begrænser brugen af biler: Biler skal opfylde tekniske krav om lygter, bremses, sikkerhedsseler, blinklys. Man må ikke betjene dem uden tilladelse (kørekort udstedt af staten), i byer må de højst køre 50 km/t, der er grænser for, hvor meget de må forurene, man må kun køre på vejene og ikke gennem folks haver eller på fortovet, de skal godkendes (synes) med passende mellemrum. Osv. Direkte teknologiregulering, der gør bilteknologi mindre skadelig, end den ville være, hvis der ingen regulering var.

Andre former for teknologi er også spundet ind i store komplekser af lovgivning, godkendelser, licenser og kontrol. Hvis man vil bygge et hus, er der mængder af regler, man skal overholde om brug af materialer, husets størrelse og udseende, dets isolering og hvordan det kan forsynes el og varme og få spildevand ledet bort. Eller hvis man vil fremstille fødevarer eller forhandle dem. Eller hvis man får lyst til at sende radio, eller starte et luftfartsselskab.

Det er ikke sikkert, at man normalt tænker

på den type lovgivning som teknologiregulerende, men det er den. Lovgivningen beskytter befolkningen mod uønskede aspekter af teknologier, som biler uden bremses, eller bygninger uden flugtveje, eller fødevarer der gør dig syg eller fly, der ikke er sikre.

Også regler om hvordan data (herunder persondata) skal behandles og opbevares hører til gruppen af love, der beskytter borgerne mod skadelig brug af teknologi. Ligesom den allerede omtalte regel, der gør det stafbart at dele krænkende videoer ved hjælp af mobiltelefoneteknologi.

Så i diskussioner med elever om hvorvidt vi er magtesløse over for den teknologiske udvikling, er det vigtigt at pege på, at vi har en stærk og helt nødvendig tradition for at regulere vores brug af teknologi for det meste i form af love, tilsyn, godkendelser eller direkte forbud. Denne tradition er mere end 100 år gammel, og helt afgørende for den måde, vi omgås teknologi på. Og jo mere teknologi vi får, jo større er behovet for skrappe love.

Forslag til emne til teknologiundervisning:

Teknologi og regulering

Man kan fint bruge biltransport. Lad for eksempel eleverne diskutere konkret, hvad det er for love, der regulerer brugen af biler. Bilteknologi er nyttig, men er også stærkt skadelig. Biler forurener meget, og på verdensplan dræber biler 3-4.000 mennesker om dagen! Lad eleverne diskutere,

ENGINEERING OG TEKNOLOGIFORSTÅELSE

hvad der vil ske, hvis man fjerner nogle af reglerne som fx kravet om kørekort, årligt bilsyn, hastighedsgrænser eller en anden regel.

Eller inviter en ingeniør fra kommunen på besøg. Forinden har eleverne måske undersøgt, hvordan man får lov til at bygge et nyt hus. Diskuter med ingeniøren, hvad der ville ske, hvis man fjernede nogle af reglerne. Eller om der er behov for flere regler.

Eller tag en diskussion/lav en undersøgelse af moderne fiskeriteknologi, der er så "effektiv" at man sagtens kunne fiske havene omkring Danmark tomme for fisk. I biologi kan man komme ind på, hvordan man holder øje med fiskebestandene? Hvad er det for lover og regler, der begrænser teknologien. Hvilke interesser er i konflikt med hinanden? Hele tiden med det fokus, at både biologiske undersøgelser, fiskeripolitik, forhandlinger i EU og indførelse af kvoter i virkeligheden er regulering af teknologien.

Teknologisk dannelse

Ingen er i tvivl om, at grundskolen skal bibringe eleverne mere end viden og færdigheder. Det er essentielt, at skolen også giver eleverne "dannelse", der forbereder dem til deres fremtidige liv i fremtidens samfund. Vi skal ikke her ind i en generel diskussion af, hvad dannelse er, og hvordan det fremmes gennem opdragelse og uddannelse. Vi konstaterer bare, at dannelse og uddannelse hører sammen.

Men vi slår lige fast, at "dannelse i forbindelse med uddannelse" ikke er en konstant størrelse, der uændret har haft de samme idealer i hundredevis af år. Den konkrete dannelse, som eleverne skal opnå gennem deres skolegang, må følge med og forandre sig, når samfundet forandrer sig. Derfor er det ofte, og med rette, fremført, at fordi det moderne samfund og vores moderne måde at forstå tilværelsen på – fra Big Bang til syntetiske hormoner – er afhængig af naturvidenskabelig indsigt og kompliceret teknologi, så kan dannelsens komponenter ikke kun komme fra de humanistiske og kunstneriske fag. Naturfagene og de tekniske fag skal også på banen.

Argumentet for at udvikle naturfaglig og teknologisk dannelse er ret håndfast: Naturvidenskab og teknologi (og her hører engineering med) gennemtrænger næsten alle aspekter af det moderne liv, samtidig med at de to fænomener udgør nøglerne til løsning af menneskehedens mest påtrængende problemer, nu og i fremtiden. Samt, at den teknologiske udvikling selv er en del af årsagen til, at vi har problemer som forurening og klimaændringer. Derfor er det bydende nødvendigt, at kommende borgere har tilstrækkeligt kendskab til naturvidenskab og teknologi til at kunne deltage i offentlige diskussioner om temaer, der er relateret til de to områder. Og til at være kritiske brugere af information – herunder politiske påstande – med naturvidenskabeligt og teknologisk indhold, som har betydning for deres liv; individuelt og i fællesskaber.

Det dannende udbytte af undervisning med relation til teknologi, som er så vigtigt, når vi snakker fremtid, demokrati og borgerskab, er ikke velbeskrevet i dansk sammenhæng. Dels fordi der i de sidste 10-15 år har været stærkt fokus på at diskutere og fremme naturfaglig dannelse, dels fordi vi – som allerede omtalt – har forkludret diskussionen om, hvad vi mener, når vi siger "teknologi". Så lad os bare indrømme, at vi i dansk sammenhæng er på bar bund, når det kommer til at beskrive teknologisk dannelse. Hvad det er, og hvordan man fremmer det gennem sin undervisning?

Men med den forståelse af hvad vi mener, når vi siger teknologi, som er beskrevet i dette kapitel, er det muligt at bruge en definition af teknologisk dannelse, som kommer fra USA (hvor det kaldes *technological literacy*). Det er en afgørende pointe, at de to forståelser er forbundne: Ens forståelse af, hvad begrebet teknologi dækker over, skal harmonere med, hvad man lægger i begrebet teknologisk dannelse.

Teknologisk dannelse er evnen til at anvende, forvalte, vurdere og forstå teknologi. Et teknologisk dannet menneske forstår – på måder som udvikles og forfines med tiden – hvad teknologi er, hvordan teknologi skabes, hvordan teknologi påvirker samfundet og hvordan teknologi omvendt selv påvirkes af samfundet. (ITEA 2007, 9)

Som det påpeges i den rapport, hvor defini-

tionen er formuleret, så bor vi i en verden, som i voksende grad er afhængig af teknologi. Til trods for denne kendsgerning er størstedelen af offentligheden uvidende om fundamentale træk ved den teknologi, som holder samfundet i live, Det medfører en helt konkret fare for, at vi udvikler en offentlighed, som er afkoblet fra de beslutningsprocesser, som er med til at forme samfundets teknologiske fremtid. I et land funderet på demokratiske principper er det en stærkt bekymrende situation.

Accepterer man ovenstående definition, er det klart, at elever ikke udvikler teknologisk dannelse med mindre de i mange forskellige undervisningssammenhænge beskæftiger sig med forskellige sider af fænomenet teknologi: At de kender nogle historier om hvordan – under hvilke betingelser – en teknologisk nyskabelse kom til verden, og hvordan den dannede grundlag for et nyt system, hvordan systemet forandrede og udviklede sig og hvilke konsekvenser det fik. Dels for borgerne/brugerne, dels for det eller de eksisterende systemer, som blev udkonkurreret og fortrængt. Eleverne skal også kende eksempler på, hvor omfattende et system kan være og hvilke komponenter systemet (som fx biltrafik) består af, og – ikke mindst – hvordan man kan se, at systemet er begrænset og reguleret gennem regler og love.

Eller, for at tage et aktuelt eksempel, hvordan manglende lovgivning gør det muligt for firmaer som Google og Facebook at

ENGINEERING OG TEKNOLOGIFORSTÅELSE

udvikle ny it-teknologi, som bruges til at indsamle data om millioner af borgere. Kolossale mængder af tilsyneladende gratis data samles i store databaser hvor de – igen ved brug af avanceret og ureguleret teknologi – analyseres, så man kan tjene penge på at sælge dem som individuelle adfærds- og holdningsanalyser til brug i forbindelse med reklamer og fordækt politisk påvirkning.

Ovenstående definition af teknologisk dannelse bør ikke overraske nogen. Den har rumsteret i baggrunden, da teknologi blev beskrevet og behandlet i fx Fælles mål og de øvrige dokumenter, der beskriver undervisningen i natur/teknologi og naturfagene. Men man kan sige, at definitionen er i fare, for hvis betydningen af ordet teknologi skrider, så skrider også betydningen af, hvad vi mener med teknologisk dannelse. Og det vil være stærkt uheldigt.

Forholdet mellem teknologi og engineering i skolen

Et væsentligt mål med at fremme elevernes forståelse af hvad teknologi er, hvad teknologi kan (og ikke kan), hvordan det udvikles og hvordan det reguleres, er at sikre, at der ikke opstår et modsætningsforhold mellem demokrati og teknologisk udvikling. Alle borgere bør have et minimum af forståelse af, hvordan teknologier, mennesker og samfund vekselvirker.

En særlig del af dette mål er, at kommende borgere forstår, hvordan teknologi kommer til verden gennem design, herunder hvordan man gennem analyse, systematik, brug af viden, nytænkning og samarbejde kan medvirke til at løse (nogle af) de mange udfordringer, der på alle niveauer venter menneskeheden forude. Og hvordan man vurderer konsekvenser og bæredygtighed af de løsninger, man foreslår. Altså hvordan man arbejder med engineering.

Faktisk kan vi nu, hvor de væsentlige karakteristika ved fænomenet teknologi er beskrevet, slå fast, at i engineering er det elevernes opgave at finde en teknologisk løsning på et givet problem. Så længe der ikke er enighed om, hvad vi mener med "en teknologisk løsning", giver det ikke megen mening at definere engineering på denne måde. Men det kan vi altså nu.

Dermed har engineering en central rolle i det teknologiske aspekt af moderne dannelse. Elever på alle niveauer bør stifte bekendtskab med processer, hvor teknologi skabes i forbindelse med problem-løsning. Det er selvfølgelig et mål i sig selv, at eleverne lærer at mestre designprocessen, og at de dermed er med til at udvikle et konkret stykke teknologi. Men deres erfaringer bør indgå i et større dannelseskompleks. Derfor bør engineering i undervisningen ikke optræde som noget, der kan isoleres fra de udfordringer,

eleverne møder uden for skolen. Eleverne skal arbejde med problemer, der er hentet fra en "real world context", så eleverne indser, at teknologiske løsninger altid er rettet mod grupper af brugere. Eleverne skal også forstå, at teknologiske løsninger altid har konsekvenser, fordi de er med til at forandre menneskers liv, og dermed den verden vi lever i.

Således er spørgsmålet om, hvilke teknologier vi gerne vil fremme eller udvikle, tæt forbundet til forestillinger om, hvilken verden vi gerne vil leve i. Engineering er dermed et redskab til at gøre verden bedre (eller værre). Også i forbindelse med udvikling af teknologi tvinges man derfor ind i overvejelser af social, miljømæssig eller etisk art. Alene af den grund bør engineeringundervisning være indlejret i aktiviteter i skolen, der omfatter alle aspekter af teknologi, men også temaer fra andre fag, der beskæftiger sig med emner som etik, værdianalyse, historieforståelse og samfundsanalyse.

Gennem undersøgelser, refleksioner og diskussioner skal eleverne indse, at hvis man arbejder isoleret med engineering – så at sige med hovedet under armen – vil det på langt sigt ikke løse ret mange problemer, hvis man ureflekteret skaber den ene nye teknologiske løsning efter den anden, lige meget hvor påtrængende problemer man arbejder på. Eleverne skal acceptere og have en baggrund for at vurdere og tale om, at teknologiske løsninger skal kunne fungere i komplekse sammenhænge med andre teknologier, med lovgivning og med menneskers hverdag – og med menneskers drømme om et bedre samfund.