

# Hvorfor undervise i engineering i grundskolen?





**Lis Buch Sørensen**, naturfagslærer og naturfagsvejleder på Kirkebakkeskolen, Vejle Kommune og **Keld Nielsen**, lektor emeritus ved Aarhus Universitet

De følgende tanker om at undervise med inspiration fra Engineering i skolen er lagt i munden på en fiktiv lærer. Argumenterne opsummerer det, vi selv har oplevet eller har tænkt, eller har hørt andre referere, eller har læst i beretninger, hvor lærere fortæller om erfaringer med engineeringundervisning. Vi har holdt os til de mere positive beretninger. I de øvrige kapitler i dette nummer af Liv i Skolen kan du læse om nogle af de mange udfordringer, der er forbundet med engineeringundervisning.

Jeg underviser i natur/teknologi på mellemtrinnet og i et af de 3 naturfag i udskolingen. Jeg inddrager tanker og ideer fra engineeringdidaktikken i min undervisning og artiklen beskriver en række gode grunde til at arbejde sådan.

#### **Mine elever skal lære at arbejde projektorienteret**

Den beskrevne EDP-model (Engineering Design Proces, se artikel 1) giver et godt

udgangspunkt for at planlægge et projekt og for at styre processerne undervejs, herunder mine muligheder for at give støtte til eleverne. Det er også en fordel, at der i didaktikken er beskrevet en progression i åbenheden i projekterne.

Progressionen gør det muligt at begynde med projekter, som er meget styrede af mig, så eleverne ikke bliver overvældet med problemer og beslutninger, fordi åben-

## HVORFOR UNDERVISE I ENGINEERING I GRUNDSKOLEN?

### Det er en udfordring at udforme projekter med elevstyring.



heden i projektet er for stor. I efterfølgende projekter er det muligt at skrue op for kravene til elevernes selvbestemmelse, så de udfordres af nye problemstillinger, samtidig med at jeg kan stilladsere dem – blandt andet ved hjælp af de mange metodekort – så de bliver i zonen for nærmeste læring. (Se tabel 3 s. 24 i didaktikken).

Det er en udfordring at udforme projekter med elevstyring, så også elever, der nemt bliver udfordret over evne eller nemt giver op, også får en god oplevelse. Nogle mister pusten over tid, og udfordringen er at holde dem til ilden. Modsat har jeg dog også oplevet fagligt udfordrede elever blomstre og være motiverede af de praktiske opgaver. Den projektorienterede tilgang giver også større ejerskab for nogle elever. De engagerer sig i arbejdet med projektet på en anden måde end med "normale" naturfaglige opgaver.

#### Eleverne lærer af hinanden i projektarbejde

Ikke alene skal eleverne lære at arbejde med projekter, fordi det kræves i de faglige beskrivelser. Jeg tror også, at eleverne

lærer mere og bliver mere motiverede, når man giver dem mulighed for at løse problemer sammen - med passende stilladsning fra læreren.

Det afgørende for mig er, at eleverne oplever situationer, hvor de er nødt til at snakke sammen om deres faglige forståelse. For eksempel at de bliver bragt i en situation, hvor de er nødt til at diskutere med hinanden, hvad de tror, der sker, når en varm væske – en kop kaffe – køler af: Hvor bliver varmen af? Forsvinder den bare og bliver til ingenting, eller trænger den ud i omgivelserne, og hvordan går det til? Kan varmen trænge gennem koppen, og kan den komme ud i den omgivende luft? Og hvad er det nu lige varme er? (Læreren holder sin mund eller nøjes med at stille åbne, ledende spørgsmål).

Elevernes peer-to-peer talk giver dem mulighed for at fabulere, være usikre og rette hinandens misforståelser. En situation, hvor eleverne diskuterer indbyrdes, er anderledes og mindre bundet end situationer, hvor de skal forklare mig et eller andet fagligt foran klassen. Når det går godt, kan man sige, at elevernes diskussioner minder om de mange diskussioner som "rigtige" videnskabsfolk har om ting, de ikke er sikre på, at de forstår, eller er nervøse for at de ikke beskriver korrekt.

Som lærere skal vi selvfølgelig være opmærksomme på eventuelle misforståelser og opfattelser i en gruppe. Der

kan opstå konsensus i gruppen om noget fagligt ukorrekt. Et opmærksomhedspunkt for læreren er at samle op på dette - ikke nødvendigvis undervejs i processen, men måske på bagkant af en faglig diskussion i en gruppe, der bliver enige om noget forkert- eller i forbindelse med grupper, der når frem til uklare konklusioner på baggrund af rodede forsøg. Hvis der indgår naturfaglige læringsmål i et projektforsøg, er det under alle omstændigheder nødvendigt at afsætte tid til at gennemgå og diskutere gruppernes faglige konklusioner i forbindelse med den afsluttende evaluering.

Men det er langt fra al undervisning, der kan sættes på projektform og al læring, der kan lægges ud til elevernes interne diskussioner. Der skal også være plads til andre former for undervisning, herunder fælles, lærerstyrede diskussioner i klassen med tydelig opsamling og tydelige faglige pointer. Eller til mere bundne opgaver.

### **Engineeringprojekter giver mulighed for at sætte naturfaglig viden ind i en kontekst**

For eksempel ved direkte at demonstrere fordelene ved at kende begreber fra naturfagsundervisningen. I eksemplet med kaffekoppen, der afkøles, vil elever, som har en eller anden form for varme- eller temperaturbegreb, stå stærkt. De vil også nok indse, at materialers evne til at lede varme (eller ikke lede varme) er forskellig, og det må de have styr på. Hvis de virkelig går til den, vil de også skulle bruge viden om strålevarme, fordampning og konvek-

tion og - måske, måske - et begreb som varmfylde. De vil altså kunne bruge deres naturfaglige viden i forbindelse med løsning af problemer og med lidt held acceptere, hvor nyttig - ja helt afgørende - den slags viden kan være.

Jeg forventer også, at eleverne vil indse, at hvis de mangler viden i forbindelse med et engineeringprojekt, så har de lært noget om "undersøgelser" i naturfagene, som de kan bruge i engineering. Hvis de for eksempel har lavet en faldskærm og gerne vil forbedre dens performance, så den kan bære mere eller daler langsommere, så kan de tilrettelægge en undersøgelse, hvor de varierer én parameter ad gangene: Fx snorenes længde, snorenes antal, skærmens størrelse, eller forholdet mellem skærm diameter og snorelængde. Alt sammen noget de har lært i naturfag - og noget der (forhåbentlig) hjælper dem til at lave en bedre faldskærm.

Men det kan være en udfordring at holde eleverne i undersøgelsesfasen, da mange er ivrige efter at gå videre til konstruktionen af en prototype. Jeg oplever også, at eleverne ikke naturligt vender tilbage til den systematiske undersøgelse af en parameter. Det er noget, der skal øves.

### **Engineeringprojekter giver mulighed for ægte, funktionel tværfaglighed**

Når eleverne tager udgangspunkt i et problem, så er det - i hvert fald ideelt set - ikke på forhånd givet, at de skal bruge

## HVORFOR UNDERVISE I ENGINEERING I GRUNDSKOLEN?

---

viden fra et bestemt fag. Det afhænger af problemet, og hvordan eleverne griber det an. Hvis eleverne fx arbejder med en opgave om vandrensning, og de er i gang med delprocessen "undersøge", kan det være, at de både skal hente viden fra kemi/fysik og biologi, eller fra geografi. Eleverne vil altså opleve, at de ikke skal lære om fx tryk, eller pH-værdi, eller bakterier, eller vandkredsløbet, fordi det står i en lærebog, men fordi det er viden, der er nyttig at have, når man arbejder med vand.

Problembaseret læring med hvad vi kan kalde "åben faglighed" er også et godt udgangspunkt for samarbejde med kolleger fra andre fag. Det giver mulighed for at re-designe kendte forløb med vægt på, at fagene skal mere end bare læses i parallel, men virkelig integreres, så de for alvor støtter hinanden, og eleverne kan se, at der er megen fysik/kemi i biologi, eller omvendt. Man kan godt arbejde med fotosyntese i en fysik/kemi-time. Og H<sub>2</sub>O betyder det samme i alle fag.

### Eleverne får praktisk viden om materialer og forarbejdningsprocesser

Det er vigtigt for mig, at eleverne lærer, at der er stor forskel på forskellige materialer, og hvori de forskelle består. Altså, at der er stor forskel på, hvad fx træ eller metal (eller pap, eller plast, eller ...) kan bruges til. Både når det skal bearbejdes,

og når materialet skal opfylde en eller anden funktion i en prototype. Mange elever har her god brug af deres viden om materialer fra håndværk og design-faget.

Meget af den viden, voksne har om træ eller sten eller pap som materialer, er "tavs" viden. Det gælder også for håndværkere. Derfor tager det langt tid at lære om materialers egenskaber, og elevernes oplevelser af forskellene bliver kun reelle i konkrete situationer, hvor de står med det pågældende materiale mellem hænderne og skal have noget til at fungere. Det er en vigtig viden at opnå, og nogle af eleverne viser sig at være særdeles fingernemme – de er håndværksmusikalske. Derfor vil jeg gerne udvide mine engineeringprojekter, så samarbejde med håndværk og design bliver en naturlig del af projekterne. I det mindste i forbindelse med de delprocesser i EDP-modellen, der hedder "konkretisere" og "konstruere".

### Engineeringprojekter giver mulighed for at eleverne lærer, hvor vigtig det er at kunne kommunikere præcist

I forbindelse med et engineeringprojekt er der flere situationer, hvor eleverne kan opleve, at de selv eller deres gruppe får en fordel, hvis de er i stand til at være præcise i deres forklaringer og deres beskrivelser. Det gælder, når grupperne i forbindelse med "forstå udfordringen" diskuterer, hvad det er for et problem, de



## HVORFOR UNDERVISE I ENGINEERING I GRUNDSKOLEN?

skal arbejde med: Hvordan de forstår problemet, og hvilke krav de vil stille til den løsning, de leder efter. Det gælder igen, når de arbejder i delprocessen "få idéer": Hvis jeg ikke med ord og tegnninger kan forklare de andre deltagere i min gruppe, hvad det er for en idé, jeg har fået (eller er ved at få), kan jeg ikke få dem til at lytte. Endelig er det oplagt, at hvis delprocessen "præsentere" spiller en stor rolle for et projekt, så er det afgørende for en gruppe, at de har en god strategi for, hvad det er de vil have frem i forbindelse med en fremlæggelse, og at de bruger de rigtige ord. At være gode til at pitche et projekt er en del af engineering.

Det er også en styrke i engineeringprocesser at kunne læse og afkode instruerende tekster. Så alt i alt vil jeg gerne lave engineeringprojekter, hvor dansklæreren er ind over – eller direkte er partner – i forbindelse med øvelser i at være præcis og velovervejet i sin kommunikation.

### Engineeringprojekter giver mulighed for at inddrage matematik i naturfagsundervisningen

Som naturfagslærer føler jeg ofte, at jeg har for lidt samarbejde med matematiklærerne på min skole. Ganske vist har formler og matematisk formalisme ikke nogen fremtrædende plads i naturfagsundervisningen, men matematik er en del af grundlaget for at arbejde naturvidenska-

Det skal diskuteres, om løsningen på langt sigt vil skabe nye problemer.



beligt. Hvis eleverne skal forstå naturvidenskabelige processer, skal de også opleve situationer, hvor de kommer frem til en bedre forståelse ved at bruge matematik. Det må gerne være helt enkelt, som fx at de præsenterer data i et koordinatsystem eller som søjlediagrammer, eller at de skal bruge simpel proportionalitet. Eleverne skal indse, at meget af det, de lærer i matematik, kan bruges, når de vil undersøge noget i naturfag, eller løse et problem i engineering.

Måske kan engineeringundervisning være med til at bane vej for en bedre integration mellem naturfag og matematik. Med bedre mener jeg, at brugen af matematik opleves af eleverne som en naturlig del af projektet, og noget der hjælper dem med at løse det problem, de arbejder med. Det er i hvert fald en kendsgerning, at "rigtige" ingeniører bruger masser af matematik. Det ville være godt med nogle engineeringopgaver og eller -idéer, som kan bane nye veje til at inddrage matematik.

**Engineering giver muligheder for at inddrage parter uden for skolen: Firmaer, offentlige institutioner, forældre**

Jeg synes, åben skole er en god idé. Altså at mine elever enten kommer på besøg uden for skolen, eller at nogen kommer på besøg i mine klasser. Men selvfølgelig kun hvis besøgene og de planlagte aktiviteter indgår i undervisningsforløb, som jeg har planlagt, og hvor besøget tydeligt støtter formålene med forløbet. Og støtter den progression, jeg gerne vil lægge ind i klassens projekter.

Det er en styrke ved engineering, at eleverne kan arbejde med problemer, som eleverne ikke selv har, så de er nødt til at sætte sig ind i andre menneskers situation og tænke ud over egen næsetip. Men det kan være en udfordring at motivere eleverne til at arbejde med den slags problemer. Måske kan man besøge en virksomhed, som arbejder med problemer, der ligner dem, eleverne skal arbejde med. Hvis fx eleverne arbejder med udfordringer med drikkevand/vandforsyning, kan et vel tilrettelagt besøg på det lokale vandværk – eller rensningsanlægget – bringe problemet ind i en større sammenhæng. En ideel situation vil være, hvis den person, eleverne lærer at kende ved besøget på vandværket, senere kommer i klassen og snakker med eleverne om deres idéer til løsninger. Måske kommer denne person igen endnu en gang, når grupperne fremlægger deres løsninger. På den måde

styrkes autenticiteten i elevernes arbejde, og med lidt held får jeg – og eleverne – faglige input, som ellers ville være uden for rækkevidde.

Desværre kan man nemt løbe ind i mange praktiske udfordringer, når man vil samarbejde med eksterne partnere. Det ville være dejligt, hvis min kommune havde resurser til aktivt at yde praktisk/logistisk støtte til virksomheder og skoler, der gerne vil samarbejde, så den praktiske koordinering ikke altid ender hos læreren.

**Mulighed for at snakke om miljø- og resurseproblemer i konkrete kontekster**

Et elevforslag til, hvordan man kan løse problemer "ude i verden", skal diskuteres grundigt igennem for at se, om den foreslåede løsning rent faktisk løser det opstillede problem. Og måske endnu vigtigere: Det skal diskuteres, om løsningen på langt sigt vil skabe nye problemer, der måske er endnu større end dem, man synes, man lige har løst. Et banalt (og måske ikke særlig realistisk) eksempel kunne være, at eleverne arbejder med at finde ud af, hvordan man kan gøre det nemmere for ældre mennesker at få deres varer med hjem fra supermarkedet uden at bruge plasticposer. Et løsningsforslag kunne være, at alle ældre får udleveret sammenklappelige vogne. Men hvis disse vogne ikke selv er lavet af genanvendelige materialer, og man kan sikre, at de rent faktisk bliver genanvendt, kan de på langt



## HVORFOR UNDERVISE I ENGINEERING I GRUNDSKOLEN?

---

sigt blive en lige så stor miljøbelastning som de nuværende plasticposer. Fordelen ved at tage den slags diskussioner op i forbindelse med engineering-projekter er, at overvejelser og problemer – forhåbentlig – bliver temmelig konkrete. De forskellige grupper i klassen kan opfordres til at kritisere hinandens løsningsforslag. Måske kan det presse eleverne til for alvor at tænke innovativt og i kontekst.

Det kan dog være en faldgrube, at problemstillingerne (og dermed løsningsforslagene) bliver for urealistiske eller verdensfjerne. Projekterne må ikke blive for søgte. Men det kan være vanskeligt helt at undgå de første gange, man lukker eleverne ind i diskussioner om, hvilket problem klassen skal arbejde med. Det vil nok kræve en del erfaring med engineeringforløb – og en del erfaringsudveksling med kolleger – at opbygge en fornemmelse for, hvilke typer af problemstillinger man bør undgå.

### **Engineeringprojektet giver mulighed for at diskutere, hvad teknologi er for noget**

Vi kan diskutere både hvor det kommer fra og hvordan vi som samfund og som borgere håndterer teknologiens uønskede effekter. I forbindelse med engineeringarbejde kan man måske komme ind på nogle mere generelle overvejelser om, at når vi bruger en bestemt teknologi, fordi vi synes den er med til at gøre vores hverdag nemmere eller mere spændende, så har det næsten altid en række konsekvenser, som

er problematiske eller direkte skadelige. Når jeg køber fint, nyt tøj, er jeg med til at forstærke vandspild og bomuldsdyrkning, som ikke er bæredygtigt. Når jeg bruger internet og services i skyen, er jeg med til at forøge elforbruget kraftigt. Når jeg køber en ny mobiltelefon, skal jeg overveje seriøst, hvordan jeg vil skaffe mig af med den gamle. Når jeg drikker vand af plastflasker...

Listen er lang, og det er en udfordring at undgå, at hver eneste diskussion af denne slags ender i sortsyn og jammer. Det er heller ikke hensigtsmæssigt at komme ind på den slags emner hver gang en klasse gennemfører et engineeringprojekt. Men diskussioner om engineeringløsninger – både elevernes egne og dem vi kender fra vores teknologiske hverdag – skal tages en gang imellem, fordi de kan være med til at understrege, at brug af teknologi ikke er et gratis tag-selv-bord. Hvis eleverne har drømme om et bedre samfund i fremtiden, er det nok vigtigt, at de indser, at de løsninger, man kommer frem til i forbindelse med engineering, og den måde man bruger dem på, skal passe med ens fremtidsdrømme. Ellers hænger tingene ikke sammen.

**Engineering, fællesfaglige fokusområder, design, innovation, entreprenørskab, ...**

Somme tider har jeg en fornemmelse af, at min undervisning lider under, at der er for mange dagsordener i min naturfagsundervisning. De forskellige temaer er hver for sig vigtige, men de forvirrer, og af og til spænder de ben for hinanden.

Jeg tænker ikke, at engineering kan få forvirringen til at gå væk med at snuptag. Men jeg overvejer, om jeg i min planlægning og gennemførelse af engineeringprojekter – eller projekter som er inspireret af engineering – kan inddrage nogle af de omkringfærende dagsordener, der ellers præger min undervisning. Om engineeringprojekter kan være en slags paraply, som jeg kan slå op over projekter, der også indeholder elementer af innovation, eller design eller entreprenørskab. Når eleverne arbejder med engineering eller IBSE eller design/innovation, er der nemlig mange af de mål, der skal opfyldes i undervisningen,

som er de samme. Hvis man kan koble forløbene gennem de fælles, overordnede læringsmål, så vil sandsynligheden for at elever og lærere oplever sammenhæng og synergi i undervisningen vokse.

Eller måske kan de forløb, jeg har arbejdet med i forbindelse med de fællesfaglige fokusområder, re-designes – gerne i samarbejde med en eller to andre naturfagslærere – så både processen og læringen i undervisningen, der opfylder kravene fra de fællesfaglige fokusområder, bliver mere markant. Og hvor jeg kan trække på, at jeg allerede igennem flere år har trænet mine elever i projektarbejde ved brug af EDP-modellen.