



Kapitel 9. Engineering og naturfag

I dette kapitel udfoldes, hvordan engineering kan sikre flere praksisfaglige dimensioner i naturfagsundervisningen, samt hvordan engineering kan bidrage til øget læring i naturfagene med fokus på elevernes kundskaber, engagement og myndiggørelse. Kapitlet belyser desuden, hvordan der kan arbejdes med forskellige naturfaglige praksisser i en engineering designproces, og hvordan naturfaglig undersøgelse og modellering er naturligt integreret.

Engineering-didaktikken består af følgende kapitler:

- Kapitel 1. Engineering – en faglighed i skolen
- Kapitel 2. Tværfaglig engineeringundervisning
- Kapitel 3. Engineering designprocessen
- Kapitel 4. Den gode engineering-udfordringer
- Kapitel 5. Lærerroller, elevstilladsering og evaluering
- Kapitel 6. Engineerings didaktiske pejlemærker
- Kapitel 7. Engineering som praksisfaglig didaktik
- Kapitel 8. Engineering og matematik
- Kapitel 9. Engineering og naturfag
- Kapitel 10. Engineering og håndværk og design
- Kapitel 11. Engineering og teknologiforståelse
- Kapitel 12. Engineering-didaktik i makerspaces
- Kapitel 13. Skolevirksomhedssamarbejde gennem engineering
- Kapitel 14. Motivation og lige deltagelsesmuligheder
- Kapitel 15. Engineering og andre undervisningstilgange

Du kan finde alle kapitlerne på engineeringiskolen.dk

Engineering

– praksisfaglig design-didaktik til autentisk problemløsning på tværs af fag

Revideret udgave 2026. 1. udgave, 1. oplag.

Forfattere: Mads Joakim Sørensen, Keld Nielsen, Martin Krabbe Sillasen, Nina Ahnstrøm, Adrian Rau Bull, Anders Thrysoe Pagh, Anders Wind Kjølholt, Bo Kristensen, Helle Kruse Krossá, Lars Henrik Jørgensen, Lisa Svingholm, Rachel Zachariassen, Karin Dyrendom og David Russel

Redaktion: David Russel og Mads Joakim Sørensen

Grafik & layout: Janne Rose og Anne Dorte Spang-Thomsen

ISBN: 978-87-976820-0-5

Didaktikken udgives af Engineer the Future.

Denne udgave af didaktikken er udgivet med støtte fra Villum Fonden og Novo Nordisk Fonden under programmet Engineering i Skolen.

Tak til lærere i Sønderborg Kommune for afprøvning og feedback under arbejdet med at revidere engineering-didaktikken og for at bidrage med eksempler fra egen engineering-praksis. Tak til didaktikere på Københavns Professionshøjskole, VIA University College, Professionshøjskolen Absalon, University College Lillebælt og UC SYD samt udviklingskonsulenter fra Naturvidenskabernes Hus for bidrag og frugtbare diskussioner, der har kvalificeret engineering-didaktikken.

Engineering og naturfag

Når engineering inddrages i naturfagsundervisningen, kan det så påviseligt medvirke til at øge elevernes motivation og udbytte af undervisningen?

Det korte svar er ja.

Det viser en national undersøgelse lavet blandt 210 lærere og knap 2.500 elever i perioden 2020–2023, hvor primært naturfagslærere blev kompetenceudviklet som en del af Engineering i Skolen-projektet (Hindsholm m.fl., 2023). Konkret ses en stor positiv forskel mellem elever på 'Engineering-skoler' (skoler, hvor lærerne systematisk er kompetenceløftet i engineering via Engineering i skolen-projektet) og referenceskoler. Det viser sig i deres vurdering af fagene, både i forhold til skolen, sig selv og samfundet:

Skolens rolle inden for naturfagene

Engineering-elever har en markant mere positiv holdning til naturfagsundervisningen og deres læreres rolle i undervisningen, end referencegruppen. Samtidig har de en mere positiv forståelse af naturfagenes relevans i forhold til fx at forstå problemer i samfundet.

Interesse inden for naturfagene

Engineering-elever har større interesse for at lære om naturfag i både skole og fritid, ligesom de bedre kan forestille sig at arbejde indenfor naturfag og science.

Holdninger til naturfag

Engineering-elever vurderer naturfags vigtighed for samfundet markant højere.

På lærersiden var konklusionen, at lærerne efter gennemført kompetenceudviklingen følte sig mere kompetente og bedre klædt på til at gennemføre både problembaseret og undersøgelsesbaseret undervisning, samt at de også brugte de praksisser, de havde udviklet i forbindelse med engineering, i deres undervisning i andre fag.

På denne positive baggrund beskriver vi i dette kapitel engineering som et praksisfagligt element i naturfagsundervisning. Vi viser, hvordan engineering kan bidrage til de didaktiske mål for den igangværende fagfornyelse, og hvordan engineering i øvrigt kan spille sammen med og styrke undervisningen i naturfagene, ikke mindst i forhold til de kendte områder undersøgelse, modellering, perspektivering og kommunikation.

Engineering som praksisfaglig didaktik i naturfag

Engineering er en udbredt didaktisk tilgang i grundskolens naturfag. Lærerne giver udtryk for, at den tilhørende designproces kan realisere læreplanernes krav om problembaseret tværfaglig undervisning. I et engineering-forløb udvikler eleverne naturfaglige kompetencer, mens de løser udfordringer inden for naturfaglige eller teknologiske problemfelter. Denne problembaserede og anvendelsesorienterede undervisning fremmer samtidig elevernes forståelse af faglig teori. Derfor giver det mening at tænke på engineering som en praksisfaglig didaktik – også i naturfagene.

Flere dele af engineering-undervisning kan, ved at øge praksisfagligheden, styrke naturfagene. Fx er praktiske undersøgelser af et materiales egenskaber (fxuld) meningsfulde – ofte ligefrem nødvendige – når der skal designes løsninger, hvor det undersøgte materiale kan bruges. Dermed overlapper engineering-delprocessen *undersøge* med naturfagenes undersøgelseskompetence, og er med til at er med til at tydeliggøre relevansen af naturfaglige undersøgelser og derved øge motivationen. Hands-on-aktiviteter, som de udspiller sig i delprocesserne *konstruere* og *forbedre*, er ligeledes eksempler på en praksisfaglig dimension med en kropslig og aktiv tilgang til undervisning, der styrker elevernes læring.

Engineering og faglig fornyelse: engagement, myndighed og kundskaber

I folkeskolens nye kvalitetsprogram, *Forberedt på fremtiden II. Frihed og fordybelse*, fremhæves behovet for en mere praktisk og kreativ undervisning. Eleverne skal bl.a. opnå faglige erfaringer gennem praktiske og skabende aktiviteter (Regeringen, 2023). Denne linje følges op i grundlaget for den kommende fagfornyelse, der skal træde i kraft fra skoleåret 2027/2028. Et centralt element i de nye fagplaner er den didaktiske treklang, hvor det skal udfoldes, hvordan fagene fremmer elevernes *engagement, myndighed og kundskaber* i undervisningen (STUK, 2024). Denne didaktiske treenighed vil fungere godt sammen med engineering.

Eleverne skal *engagere sig* i egne oplevelser og interesser bl.a. gennem skabende aktiviteter. Dette giver engineering-undervisning gode vilkår for, da det er en elevcentreret didaktik, der giver eleverne mulighed for at arbejde med deres egne ideer, som de fordi de selv fandt på dem typisk oplever som spændende. Som omtalt i indledningen gælder det, at elever, der arbejder med engineering, har en større interesse for naturfag sammenlignet med elever, som ikke har modtaget engineering-undervisning. Tilsvarende har flere elever en positiv oplevelse af undervisningen, ligesom de har en oplevelse af, at naturfag er relevante og vigtige.

Elevernes *myndighed* skal styrkes, så de kan og tør træffe selvstændige og ansvarlige beslutninger, herunder også etiske beslutninger. Den oprindelige argumentation for at implementere engineering i naturfag var at give eleverne oplevelsen af at kunne handle på autentiske udfordringer gennem skabende og kreative processer. Under et engineering-forløb skal der træffes mange beslutninger, både praktiske og etiske. Der skal tages stilling til miljø- og bæredygtighed, herunder materialevalg, fx om materialet er bionedbrydeligt, eller om det kan genbruges. Og hvis det produkt, eleverne har besluttet sig for at designe, er rettet mod brugere, som ikke er eleverne selv, skal de overveje, hvordan brugerne vil tage imod produktet, og hvordan det vil ændre deres adfærd. Eleverne oplever, at når virksomheder designer nye produkter, så er produkterne med til at ændre verden – på godt og ondt.

Eleverne bliver derfor nødt til at udøve dømmekraft, når der skal tages vigtige designvalg. Hvis for eksempel engineering-udfordringen er, at eleverne skal designe og konstruere et insekthotel til skolens område, er det vigtigt, at de overvejer materialevalget i forhold til miljø, da hotellet placeres ude i naturen. Desuden skal eleverne vælge, hvilke insekter de vil bygge insekthotellet til, hvordan det skal se ud, og hvor på skolens grund det skal placeres.



Endelig skal eleverne fortsat opnå *kundskaber*, så de gennem viden og praktiske færdigheder kan handle indsigtfuldt, både i og uden for skolen. Engineering giver mulighed for, at eleverne anvender og udvikler deres naturfaglige viden i for dem autentiske situationer. Undervejs er eleverne nødt til at inddrage relevant viden, som de selv opsøger, modtager fra læreren eller erhverver gennem egne undersøgelser. I designprocessen får eleverne konkrete kundskaber, som senere kan anvendes til at løse problemstillinger, og de kan udvikle kompetencer til at navigere og agere i en kompleks virkelighed. Myndig optræden betyder, at man i sine valg kombinerer sin viden med sine værdier. Den kombination kan eleverne træne i engineering designprocessen.

I det følgende gøres der først rede for de naturfaglige mål, og derefter, hvordan der gennem engineering designprocessens syv delprocesser arbejdes med praksisfaglighed og naturvidenskabelige praksisser.

Naturfaglige mål i engineering

Et centralt mål for naturfagsundervisningen er kundskaber, som eleverne skal lære gennem forskellige handlinger, og som bidrager til naturvidenskabelige erkendelser. De kundskaber, som eleverne skal lære i naturfagene, betegnes også som naturfaglige praksisser.

Naturfaglige praksisser kan opdeles i:

- 1) stille spørgsmål
- 2) udvikle og anvende modeller
- 3) planlægge og gennemføre undersøgelser
- 4) analysere og tolke data
- 5) bruge matematik og algoritmisk tænkning
- 6) lave forklaringer
- 7) argumentere ud fra evidens
- 8) skaffe, vurdere og kommunikere information
(National Research Council, 2012).

Disse 8 praksisser kan alle indgå i engineering designprocessen. Det egentlige mål med engineering designprocessen er derfor ikke prototypen. Målet er, at eleverne gennem designprocessen lærer at løse problemer systematisk med inddragelse af naturfaglig viden og praksisser. Det kan være viden og metoder, som eleverne allerede kender fra undervisning, eller som de opsøger i designprocessen.

De syv delprocesser og naturfaglige praksisser

Som naturfagslærer er det centralt at inddrage arbejde med naturfag i et engineering-forløb på en sådan måde, at det fremmer elevernes naturfaglige læring og derved gør engineering-forløbet mere udbytterigt. Engineering designprocessen giver en tydelig ramme og navngiver og definerer en række centrale delprocesser. Den gør det dermed muligt for elever og lærer at tale om, hvad engineering er, hvilke processer der er nødvendige, og hvor man er i den samlede proces.

Som det fremgår af eksemplet med bæredygtig fødevarerproduktion på næste side, kan elevernes arbejde i de syv delprocesser bidrage til læring og udvikling af naturfaglige praksisser. Det er lærerens ansvar at udvælge og planlægge aktiviteter, der undervejs understøtter elevernes designproces og bidrager til elevernes udvikling af naturfaglige kundskaber.

Med udgangspunkt i eksemplet udfolder vi, hvordan praksisfaglighed, naturfaglige praksisser og viden kommer til udtryk i de forskellige engineering-delprocesser. Desuden illustreres, hvordan de fire naturfaglige kompetencer – undersøge, modellere, perspektivere og kommunikere – kan udvikles i et engineering-forløb.

EKSEMPEL

BÆREDYGTIG FØDEVAREPRODUKTION I STORBYEN

Dette fællesfaglige forløb indeholder STEM-faglige problemstillinger, som er relevante for alle tre naturfag, og tager udgangspunkt i, at eleverne i en 8.-klasse skulle designe praktiske løsninger på forskellige STEM-faglige problemstillinger inden for problemfeltet bæredygtig fødevarerproduktion i storbyen.

Eleverne skulle designe løsninger, der muliggør produktion af afgrøder i bymæssig bebyggelse, fx i vertikale haver eller i vejrabatten.

Eleverne udførte *undersøgelser* omkring urbaniseringsgrad, fotosyntese og nærings-ioner. For at sikre, at eleverne udviklede naturfaglige kompetencer, og at undersøgelsesresultaterne blev brugt i det videre arbejde med udvikling af prototypen, blev grupperne stilladsret tæt i indsamlingen af data, herunder med fokus på systematik og variabelkontrol. Desuden sikrede læreren, at data-tabellerne efter undersøgelserne blev brugt aktivt i en fælles opsamling, hvor eleverne begrundede deres gruppes valg og udformning af tabellen.

Undervejs i delprocessen *få ideer* samlede læreren grupperne to og to og bad dem argumentere for deres ideer til prototypen ud fra data fra deres undersøgelser. Her fik eleverne en oplevelse af vigtigheden af deres undersøgelser og brugbarheden af data ved at tænke det ind i en større kontekst.

For at understøtte elevernes *anvendelse af modeller* fik de undervejs i forløbet udleveret matematiske modeller over udvalgte afgrøders CO₂-aftryk – både lagkagediagrammer, grafer og et søjlediagram. Disse modeller skulle de bruge som grundlag for valg af afgrøder, og mindst en af modellerne skulle indgå i *præsentationen* af deres prototype. Dermed satte læreren fokus på modellering og uddybende, at prototypen også er en model. Ved drøftelserne af prototyperne skulle hver gruppe derfor også betragte deres egen prototype som en model og sammenligne den med andre modeller. Gruppen bragte altså naturfaglig viden med ind i delprocessen *konstruere*.

Forstå udfordringen: I denne delproces skal eleverne engageres i problemfeltet. For at *forstå udfordringen* kræver det, at eleverne undersøger problemfeltet og "oversætter" udfordringen til "eget sprog". De arbejder med at forstå den kontekst, udfordringen indgår i, som en forudsætning for at kunne arbejde videre med at løse problemet med en prototype. For at kunne oversætte udfordringen kan der indledningsvis være behov for at lave nogle undersøgelser, som giver en dybere indsigt i udfordringen.

I eksemplet "Bæredygtig fødevarerproduktion i storbyen" kan en del af perspektiveringen være at forstå behovet for fødevarerproduktion i storbyen. Undersøgelsesdelen kan fx omfatte, at eleverne indsamler og bearbejder data eller taler med mennesker, der dyrker grøntsager i fx kolonihaver. Delprocessen *undersøge* kan også omfatte, at eleverne udbygger deres praktiske forståelse af, hvordan bæredygtig fødevarerproduktion i bymiljøer kan foregå, ved at søge informationer om dette.

Undersøge: Delprocessen *undersøge* lægger op til, at naturfaglige undersøgelser kan indgå. Det er op til læreren at planlægge, hvordan naturfaglige undersøgelser kan bidrage til gruppernes arbejde i engineering designprocessen, og herunder overveje frihedsgrader for elevgrupperne.

I eksemplet "Bæredygtig fødevarerproduktion i storbyen" gennemførte elevgrupperne forskellige naturfaglige undersøgelser og naturfaglige praksisser. Fx blev undersøgelser, indsamling af informationer og analyse og tolkning af data inddraget i delprocessen. De blev også præsenteret for modeller, som kunne udbygge deres teoretiske forståelse af, hvordan de naturfaglige undersøgelser kan bruges i det videre arbejde med at konstruere prototypen.

Få ideer: At få ideer ligger i forlængelse af behovet for at forstå udfordringen. Her er der virkelig en mulighed for, at eleverne deltager i kreative processer som en del af praksisfagligheden, idet eleverne skal udvikle deres egne bud på at løse den udfordring, som de er blevet præsenteret for. De arbejder først i en divergent fase, hvor de skal finde på flere forskellige ideer, og senere i en konvergent fase, hvor de skal udvælge argumentere for den ide de vil arbejde videre med.

I eksemplet "Bæredygtig fødevarerproduktion i storbyen" kan eleverne komme med ideer til produktion af afgrøder i bymæssig bebyggelse, vertikale haver og vejkanter. Undervejs arbejder de gennem forskellige naturfaglige praksisser, når de skal argumentere for deres designvalg ud fra viden fra egne naturfaglige undersøgelser og informationssøgning. Efterfølgende fik og gav elevgrupperne feedback i peer-to-peer-sparring med en anden gruppe, som bidrager til at kvalificere konkretiseringen af de forskellige bud på løsninger. Dette er en delproces, hvor elevernes myndighed fremmes, da skal argumentere for og træffe selvstændige valg.

Konkretisere: Konkretisering er en konvergent proces, hvor eleverne går fra den abstrakte ide til den konkrete forestilling om, hvordan deres prototype skal konstrueres. Her trækker de på viden fra flere delprocesser, både forstå udfordringen, undersøge og få ideer. De vil benytte sig af og træne naturfaglige praksisser, som at anvende og udvikle modeller, men også at kommunikere, fordi konkretiseringen bidrager til at udvikle den fælles forståelse af prototypens udformning, funktioner og kvaliteter. Modelleringen som proces er en anden måde at visualisere konkretiseringsprocessen på.

I eksemplet "Bæredygtig fødevarerproduktion i storbyen" bruger læreren modellering som en betegnelse for konkretiseringsprocessen. Elevgrupperne præsenterer og drøfter deres prototype med andre grupper og får derved værdifuldt input til at videreudvikle den.

Konstruere: I denne delproces træder den del af praksisfagligheden, som handler om kropsligt og praktisk arbejde, tydeligt frem, og elevernes håndværksmæssige evner trænes. Når eleverne konstruerer, så anvender og træner de fortrinsvis det at udvikle modeller. Modelleringsprocessen benytter sig af både elevernes mentale forestilling om prototypens udformning, som opbygges gennem de forudgående arbejdsprocesser, og det konkrete arbejde med at bygge prototypen. Modelleringen kan opfattes som et samspil mellem elevernes indre forestillingsevne omkring prototypen og den konkrete realisering med de valgte materialer. En sammenlignende metafor kan være tømrerens brug af en arbejdstegning – som er en model – og erfaringer om, hvordan huse bygges, til at bygge et nyt hus.

Forbedre: I delprocessen forbedre har eleverne mulighed for at anvende og træne flere naturfaglige praksisser i en konkret kontekst. Gennem test af prototypen skal eleverne planlægge og gennemføre undersøgelser af, om prototypen virker som forventet og lever op til de krav, der er stillet. Sandsynligvis er de nødt til at indsamle og analysere data for at undersøge, om prototypen løser udfordringen. Eleverne diskuterer deres undersøgelsesdata og vurderer, om der skal foretages forbedringer af prototypen. De kan blive nødt til at perspektivere til udfordringens kontekst for at kunne forbedre prototypen på en hensigtsmæssig måde. Det er igen en delproces, hvor elevernes myndighed kommer i spil gennem naturfaglig argumentation og fælles beslutninger.

Undervisningseksemplet "Bæredygtig fødevarerproduktion i storbyen" indeholder mange muligheder for forbedringer af prototyper, afhængigt af hvilken slags løsningsforslag elevgrupperne arbejder med. Hvis det fx er afprøvning af vandingssystemer med genbrugsvand til urbane køkkenhaver, vil det kræve én slags forbedringsproces, som vil adskille sig fra forbedring af andre løsningstyper. Fælles for dem er, at de vil have størst potentiale for at virke, når eleverne formår at udnytte viden og resultater opnået gennem naturfaglige praksisser.

Præsentere: Når eleverne præsenterer deres løsningsforslag, skal de argumentere for og formidle deres valg gennem engineering designprocessen. De tager udgangspunkt i den oprindelige udfordring og forklarer deres vej gennem designprocessen, og de inddrager den viden, som de har anvendt eller erfaret under udviklingen af deres prototyper. Det er også her, den naturfaglige praksis at formulere forklaringer kan komme i spil, hvis man som lærer stiller som krav, at eleverne i præsentationen skal gøre rede for den naturfaglige viden, som forklarer og begrundet produktets funktionalitet.



Modeller og modellering i naturfag

Modeller og modellering er centrale emner i alle naturfag. At udvikle og anvende modeller er også en gennemgående praksis for engineering designprocessen. I det følgende uddybes denne praksis.

Hvis en gruppe har fået en udfordring, der går ud på at fremstille elektricitet på et sted, hvor det blæser meget, kommer ideen om en vindmølle hurtigt på bordet. Det mest sandsynlige vil være, at hver elev derefter fremkalder en indre forestilling om, hvilken slags vindmølle de eventuelt kan bygge.

De indre forestillinger, som en elev danner om de møller, der nu bliver talt om i gruppen, er elevens ufærdige tankemodel af en mulig vindmølle. Før eleverne begynder at tegne eller demonstrere med små tredimensionelle modeller, tager de udgangspunkt i denne tankemodel, når de forklarer, hvad deres ide går ud på. Under diskussionen i gruppen udbygger og justerer hver elev sin tankemodel ved at lytte til de andre og stille spørgsmål. Da tankemodeller er individuelle og skjulte, skal modellerne gøres synlige og fælles, for at gruppen kan komme videre.

På et tidspunkt vil en elevs tankemodel være så afklaret og robust, at den kan udtrykkes mere konkret gennem en skitse, et billede eller en lille fysisk model. Eleven laver sin egen personlige modelleringsproces. Hvordan eleven end vælger at illustrere sin ide over for resten af gruppen, så er der tale om en *konkretisering* af tankemodellen. Eleven har lavet en udtrykt model (se figur 9.1).



Figur 9.1: En elevs udtrykte model af en vindmølle. Inden modellen (skitsen) evt. kan blive en arbejdstegning, fungerer den som et redskab til at skabe fælles forestillinger om denne vindmølleide i gruppen.

Både i *få ideer*, *undersøge*, *konkretisere* og *konstruere* bruger eleverne udtrykte modeller, når de skal tale sammen og forklare hinanden, hvad de mener. Ved at udtrykke sig sprogligt deler de deres model med de andre elever. Og ved at lytte til gruppens medlemmer og studere de udtrykte modeller arbejder eleverne hver især med at justere deres egen tankemodel i retning af det, de andre mener.

I løbet af samtalen i gruppen udvikler elevernes forskellige tankemodeller sig forventeligt i samme retning – hen imod det, der kan blive ideen til prototypen. Derfor har modelleringsprocessen og modeller en central rolle i engineering, ligesom modellering og modeller generelt har i designprocesser. Men modellering spiller en anden rolle her, end modellering gør i naturfag. I designprocessen modellerer man noget, der ikke eksisterer endnu, men som (måske) skal skabes. I naturfag, derimod, bruges modeller til at forklare og illustrere eksisterende fænomener i naturen, som havstrømme, eller en celledes opbygning.

Når gruppen er i gang med delprocesserne *konstruere* eller *forbedre* og har en færdig eller næsten færdig prototype, kan modeller få en ny rolle. I denne del af arbejdet vil tegninger, diagrammer og fysiske modeller mere være et redskab, der bruges til fælles analyse i forbindelse med delprocessen *forbedre*. En model kan sætte fokus på særlige design- eller optimeringsproblemer, som udspringer af den prototype, gruppen arbejder med. Modellens rolle nærmer sig dermed den forklarende funktion, som modeller har i naturfag. En sådan model kan man kalde en afledt model, fordi den er afledt af den konkrete prototype og altså modellerer noget eksisterende (se figur 9.2).



Figur 9.2: En afledt model af en vindmøllevinge. Måske har gruppen besluttet at forsøge at optimere deres vindmølle ved at give vingerne en særlig profil, men de er løbet ind i konstruktionsproblemer. Derfor har de lavet denne model.

I de indledende delprocesser er modeller altså redskaber til, at eleverne gennem samtale og skitsering justerer deres tankemodeller og opnår afklaring i gruppen. Eleverne er på det rene med, at modellerne afbilder noget, der ikke eksisterer endnu – andet end som modeller. Efterhånden som arbejdet og diskussionen skrider frem, bliver modellen en repræsentation af prototypen. Elevernes tegninger, deres modeller og deres kommunikation om dem er centrale for at give samarbejdet fokus. Men hvis eleverne går videre fra delprocessen *få ideer* uden at have "delt" den samme model og har skabt tankemodeller, som afviger væsentligt fra hinanden, får de en ufokuseret proces. De vil nemlig ikke have et fælles billede af, hvad de vil arbejde hen imod. Dette punkt i engineering designprocessen er derfor helt afgørende.

I forbindelse med konstruktionen af deres prototype kan eleverne få brug for at forstå den bedre: Hvorfor opfører prototypen sig, som den gør, og hvad skal der til for at gøre den bedre? Her får eleverne typisk brug for naturfaglige modeller og måske at lave matematisk modellering, der repræsenterer træk ved prototypen, som eleverne mener er væsentlige at fremhæve eller undersøge. De kan også bruge naturfaglige eller matematiske modeller, når de skal forklare for andre, hvordan prototypen eller løsningen virker.

Det kan være vanskeligt for elever selv at lave naturfaglige og matematiske modeller. Selv om sådanne modeller kan se simple ud, rummer de ofte summen af mange videnskabsfolks arbejde gennem mange år. Tag fx illustrationen i figur 9.3 af, hvordan vinden strømmer omkring en vindmøllevinge med den velkendte vingeprofil.



Figur 9.3: Naturfaglig model af en vindmølle. Modellen er ikke lavet for at udvikle prototypen, men for at kunne illustrere, hvordan den virker: Hvorfor får luften vingerne til at dreje rundt?

Det tog flere generationer af ingeniører og videnskabsfolk at nå frem til denne forståelse af løft og sug omkring en vinge med buet overflade, og der var mange misforståelser og forkerte forklaringer undervejs. Det tog fx Wright-brødrene 3-4 år at udvikle en fungerende vingeprofil til deres første flyver, som fløj i 1903. Men fra Wright-brødrenes buede vinge var der stadig lang vej til den moderne karakteristiske vingeprofil, der anvendes på flyvemaskiner og helikopter-rotorer.

Den forståelse er ikke noget, eleverne lige selv finder på. Derfor kan de være nødt til at gå tilbage til delprocessen *undersøge* og i bøger eller på nettet finde forklaringer og modeller, der kan belyse og forklare visse træk ved deres prototype ved hjælp af naturfaglig viden. Eleverne kan også hjælpes på vej gennem lærerens stilladsering af deres arbejde. En særlig form for modellering er animationer og simulationer, der kan bruges til at vise dynamiske aspekter af en prototypes virkemåde eller bruges til at forklare, hvordan prototypen virker.

Engineering tager afsæt i problemer, ikke i viden

For at engineering i naturfagsundervisningen skal være autentisk og føre til en dybere forståelse af, hvad teknologisk design er, skal den tage udgangspunkt i en problemstilling, hvor løsningen er et konkret produkt. Det er altså ønsket om at løse et problem, der er drivende i engineering designprocessen. I processen kommer viden ind som et redskab, som eleverne kan trække på, når de arbejder og træffer designvalg.

I forløbet "Svampe-emballage" skal eleverne designe en prototype på en ny type klimavenlig emballage, der kan beskytte en mindre vare efter eget valg. Et af kravene til løsningen er, at emballagen skal bestå af 'genbrugs'-materialer og svampemycelium. En undersøgelse af svampemyceliums vækst i forskellige materialer bliver derfor relevant, for at eleverne kan løse udfordringen.

Behovet for naturvidenskabelig viden udspringer altså direkte af problemet, som eleverne skal løse. For at kunne designe en sådan undersøgelse kræver det naturfaglig viden om svampes vækstbetingelser, og i forløbet er der derfor lagt op til en kort svampetur på og omkring skolen.

Viden om svampes vækstbetingelser stilladseres i dette tilfælde, ved at eleverne undersøger, hvor svampene findes og beskriver levestederne. Efterfølgende sammenholdes de forskellige observationer, og de bruges som grundlag for en mere generaliseret viden om svampes vækstbetingelser og levesteder. Senere i forløbet bruger eleverne denne viden, når de skal vælge materialer og undersøge, hvilke af dem svampemyceliet bedst gror på.

For at udvikle løsninger på en engineering-udfordring er det dog ikke et mål i sig selv, at den viden, eleverne inddrager, skal være naturvidenskabelig. Derfor leder de også efter andre former for viden, fx ved at nærstudere et eksisterende stykke teknologi, som løser et problem, der minder om det, de arbejder på (kendt som "reverse engineering").

Men i langt de fleste tilfælde vil eleverne for at kvalificere deres løsninger og udvikling af prototyper have brug for systematisk at indsamle og analysere data, planlægge undersøgelser, evaluere på resultaterne og bruge eksisterende naturvidenskabelige erkendelser.

Elevark 3 (1/2)

Observer svampe i naturen

Svampe kan bedst findes i nærheden af gamle træer, hvor der er skygge og fugt og hvor jorden er dækket af blade. I kan prøve at vende store stykker dødt træ eller blade om. Når I finder mycelium og/eller frugtlegetet fra svampe, skal I:

Observer og beskriv svampens udseende, lugt og hvordan den føles

- Hvordan ser svampen ud? Er det mycelium og/eller frugtlegete?
- Hvis det er et frugtlegete, har den så stok/stilk, hat (paddehat) eller er den hindeagtig, mugagtig eller andet?
- Hvordan lugter svampen? Kraftigt, surt, af jord/mug, af svamp
- Hvordan føles svampen? Kraftig, stærk, blød, fugtig, luftig, let, tung, sart

Observer og beskriv svampens levested og hvad svampen vokser på

- Hvor lever svampen? På et levende træ, i jorden, dødt træ der stadig står, stykker af træ i skovbunden, visne blade, dødt dyr, andet?
- Mærk på stedet hvor I fandt svampen – hvordan føles overfladen? Fugtig, kold, våd, varm, tør?
- Lever svampen i direkte sol eller skygge?

Observationsskema

Svamp 1:


Beskriv svampens udseende, lugt og hvordan den føles

Det er et stort lysebrunt frugtlegete. Den er helt fast på oversiden. Den har en stok. Den lugter af jord. På undersiden har den lameller som let kan trykkes sammen.

Beskriv svampens levested og hvad den vokser på

Svampen fandt vi i skovbunden under en masse høje træer. Der var fugtigt og masser af blade. Der var skygge.

Tegn svampen (eller tag et billede)



Teknologi som integreret genstandsfelt i naturfag

Undervisning i teknologi repræsenterer en særlig udfordring i grundskolen, fordi mange lærere ikke er opmærksomme på, at teknologi allerede udgør ét af to overordnede genstandsfelter i skolens naturfag: naturens fænomener og teknologi. Det betyder, at naturfagene omfatter en lang række af mål, som ikke er knyttet til naturvidenskabelig viden eller naturvidenskabelige processer (naturfag), men til teknologiske processer eller produkter.

I mange undervisningssituationer kan det være svært at skelne mellem naturvidenskab og teknologi, fordi de to områder i mange situationer er filtret tæt ind i hinanden. Fx er astronomi tydeligvis en naturvidenskabelig disciplin, der arbejder på at udbygge vores kendskab til universet. Men i deres arbejde er astronomer stærkt afhængige af teknologiske produkter som kikkerter, infrarøde kameraer, raketter eller computere. Derfor arbejder mange astronomer intenst med teknologi.

Omvendt er mange teknologer (blandt dem ingeniører), der arbejder på at forbedre eller vedligeholde avancerede produkter som internettet eller udvikle processer til fx genanvendelse af plast, afhængige af at have adgang til naturvidenskabelig viden, og de bruger denne viden intenst.

Så hvorfor skelne mellem naturvidenskab og teknologi i naturfagsundervisningen? Det kan ligne en overflødig pointe. Men grundlæggende er der stor forskel på at arbejde med naturvidenskab og med teknologi:

- I naturvidenskab er alle bestræbelser ideelt set rettet imod at skabe naturvidenskabelig viden ved at undersøge grundlæggende naturvidenskabelige spørgsmål.
- Arbejder man med teknologi, er målet, at fremstille produkter eller udvikle processer, der bearbejder naturen, som når man raffinerer olie, bygger biler eller fremstiller elektricitet.

For at lave gode teknologiske løsninger vil eleverne i langt de fleste tilfælde have behov for at inddrage viden og erfaringer fra naturfagene, ud over den der eksplicit refererer til teknologi og teknologiudvikling.

Edwin Hubble havde aldrig opdaget Universets udvidelse, hvis ikke det var lykkedes at bygge datidens største kikkert (Hookerteleskopet med en spejldiameter på 2,5 meter) på toppen af Mount Wilson i 1.800 meters højde over Los Angeles i 1920'erne. I sig selv en ingeniørmæssig bedrift.

