

Engineering i skolen



Engineering i undervisningen
Didaktik – kort fortalt

Indhold

Kapitel 1. Engineering i skolen – hvad er det?	3
Engineering i undervisningen	3
Hvorfor engineering?	3
Karakteristik af engineering	3
Engineering i klasseværelset	4
7 delprocesser	5
Start og slut på et engineeringforløb	6
Engineering, IBSE, innovation, teknologiforståelse... Hvad er forskellen?	6
Kapitel 2. Et engineeringprojekt	8
Kapitel 3. Lærerens stilladsering af engineeringaktiviteter	11
Elevers frihedsgrader	11
Lærernes stilladsering af engineeringaktiviteter	12
Engineeringudfordringer og metodekort	16
Kapitel 4. Læringsmål og målopfyldelse	17
Rubric - et værktøj til at vurdere målopfyldelse og forventningsafstemning	17
Kapitel 5. Åben Skole i engineering	17
Autenticitet og involvering af eksterne parter (Åben Skole)	17

Kolofon

2. udgave 2020

Dette hæfte er en forkortet udgave af didaktikken 'Engineering i skolen. Hvad, hvordan, hvorfor' udgivet i 2018 af Suzie Auener, Peer Schrøder Daugbjerg, Keld Nielsen og Martin Krabbe Sillasen.

Hæftet er redigeret af Anne Hansen, Engineer the Future

Grafik og Layout: Grethe Kofoed, Artcome

Didaktik og hæfte udgives af VIA University College i samarbejde med Engineer the Future, Astra og Naturvidenskabernes Hus og med støtte fra A.P. Møller Fonden, Industriens Fond, Villum Fonden og Lundbeckfonden.

Kapitel 1. Engineering- hvad er det?

Engineering i undervisningen

Udgangspunktet for engineering i grundskolens undervisning er den måde, "rigtige" ingeniører arbejder på. Ingeniører er samfundets centrale aktører, når der skal løses problemer med relation til teknologi, eller findes nye teknologiske processer eller produkter. Undervejs i deres arbejde trækker ingeniører på en lang række resurser, hvoraf de vigtigste i et undervisningsperspektiv er systematikken i deres arbejde frem mod en – under nogle givne begrænsninger – optimal løsning. Systematikken findes både i den måde, hvorpå de analyserer en udfordring og organiserer arbejdsprocessen samt anvender viden og erfaringer, ikke mindst naturvidenskabelig viden og eksisterende teknologi. Samt i den måde de vurderer, tester og forbedrer deres forslag til en løsning – deres prototype – undervejs. Ofte sker det i samarbejde med myndigheder eller grupper af brugere. Ingeniørers arbejde, når det lykkes, har altid konsekvenser for andre mennesker. Det påvirker, hvad vi mennesker kan – eller ikke kan – i vores hverdag. Og de teknologiske muligheder vi, som borgere og som samfund, har til rådighed. I denne didaktik er vi inspireret af ingeniørernes verden og arbejdsmetoder.

Eleverne i grundskolen er ikke uddannende ingeniører og i en skoleklasse er det ikke et mål at skabe en 1:1 kopi af den situation, som en gruppe ingeniører befinder sig i, når de får en opgave. Men det er et ideal at bruge ingeniørverdenen og dens metoder som inspiration for en nytænkende didaktik, hvor lærere tager didaktisk omformede dele af ingeniørverdenen og bringer dem ind i undervisningen.

Hvorfor engineering?

Et engineeringproblem eller -udfordring tager udgangspunkt i, at eleverne skal løse en teknologisk problemstilling i en konkret og autentisk kontekst. For at løse udfordringen vil der være behov for, at eleverne anvender naturfaglig viden både undervejs i processen og når de afslutningsvist skal forklare deres løsning. Engineering er altså et bud på en metode til at træne elevernes naturfaglige kompetencer (undersøgelse, modellering, perspektivering, kommunikation).

Hertil kommer, at eleverne i et engineeringforløb får trænet en række mere generiske kompetencer. Da engineeringforløb er procesorienteret gruppearbejde, må eleverne nødvendigvis samarbejde og bidrage til processen. Eleverne skal forstå og analysere udfordringen, indsamle og håndtere viden, videreformidle ideer både mundtligt og som model, udforme og følge en plan, udholde fejl og vedholdende arbejde med forbedring af gruppens prototype og endelig kommunikere og forholde sig kritisk til eget og andres arbejde.

Engineering udgør således en måde at undervise naturfag på, hvor eleverne ikke kun tilegner sig faglig viden, men samtidigt udvikler de nødvendige kompetencer til at kunne bruge den naturfaglige viden til at løse fagligt relevante problemstillinger. De mange forskellige kompetencer, der bringes i brug i et engineeringforløb, betyder desuden, at mange typer elever kan motiveres og engageres af metoden. De åbne og elevstyrede processer giver også eleverne ejerskab over undervisningen på en anden måde end eksempelvis kagebogsagtige naturfaglige eksperimenter.

Karakteristik af engineering

Når der tages udgangspunkt i den måde, ingeniører arbejder på, kommer vi frem til en række overordnede krav, der må ligge som en slags fundament for den måde, hvorpå vi foreslår undervisningen organiseret. For at være autentisk bør undervisningen tage højde for, hvad det er, der karakteriserer rigtige ingeniørers arbejdsprocesser.

Processerne:

- Tager udgangspunkt i problemer eller udfordringer.
- Er organiseret i tværfaglige projektgrupper.
- Inddrager relevante teknologier.
- Er løsnings- og/eller produktorienterede.
- Inddrager innovative designprocesser og fremstiller en eller flere prototyper, som gradvist forbedres.
- Er målrettede, processtyrede og ofte iterative i forsøget på at finde en tilfredsstillende løsning.
- Inddrager naturvidenskabelig viden, matematik og IT, når det er relevant.
- Er underlagt tidsmæssige, økonomiske, miljømæssige, etiske og andre begrænsninger, der kan formuleres som specifikationer, som løsningen skal overholde.

Men denne karakteristik, der stammer fra verden uden for skolen, fører ikke direkte til en didaktik. Man kan sammenligne situationen med forholdet mellem "rigtig" naturvidenskabelig forskning og naturfaglig undervisning, der er inspireret af IBSE (undersøgelsesbaseret naturfagsundervisning). Eleverne er ikke – og skal ikke være – forskere på den måde, at de tager til videnskabelige kongresser og skriver videnskabelige artikler, eller bygger store accelerators. Men ved at arbejde med åbne, problembaserede IBSE-projekter får eleverne på afgørende punkter kompetencer, der afspejler, hvordan "rigtige" forskere skaber ny viden om naturen, når de indsamler data og diskuterer, hvordan disse data bedst kan forklares og præsenteres for andre. På samme måde er engineering-didaktikken bygget op af en række ingeniørlignende arbejdsprocesser med tilhørende aktiviteter og kompetencemål. Processer, der kan udspille sig i klasseværelset og give eleverne indsigt i, hvordan man skaber løsninger ved hjælp af viden, materialer og teknologi.

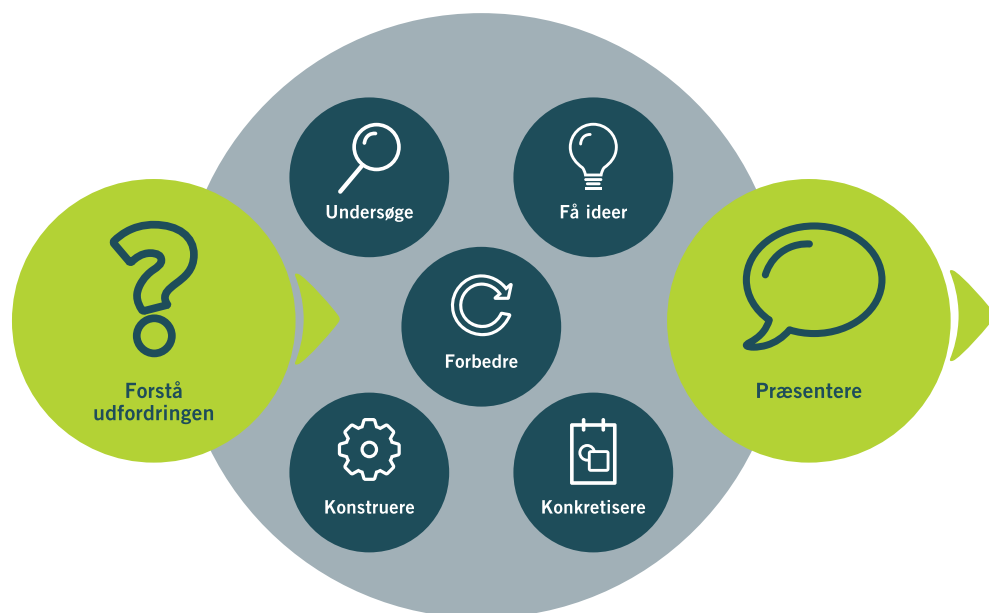
I didaktikken tager vi udgangspunkt i, at engineeringprojekter kan indlejres i den eksisterende naturfagsundervisning. Det skyldes blandt andet, at vi ser engineering i skolen som en del af det faglige kompleks, der omtales som STEM. Altså engineering sammen med Science (naturfagene), Teknologi og Matematik. Det skyldes også, at engineeringprojekter i høj grad understøtter de fire naturfaglige kompetencer. Endelig skyldes det, at meget i engineeringtilgangen vil kunne bruges, når fællesfaglige fokusområder skal omsættes til undervisning.

Engineering i klasseværelset

Baseret på ovenstående karakteristik af ingeniørers arbejdsmåde må engineering i skolen være projektorganiseret. Det er lige så oplagt, at eleverne arbejder i grupper, og at deres arbejde er problembaseret. Eleverne arbejder altså ikke ud fra en faglig logik, som normalt er styrende for undervisning i et fag. Det er elevernes egen evne til at kommunikere og samarbejde, og på det grundlag udvikle idéer, begreber, sammenhænge og processer, der er i fokus. I høj grad er det eleverne selv, der tager beslutningerne og gør arbejdet.

7 delprocesser

I engineeringundervisningen er arbejdsprocesserne organiseret i syv delprocesser, som vi samlet kalder for Engineering Design Processen (EDP):



Forstå udfordringen

Læreren præsenterer udfordringen, som er inspireret af et problem i den omgivende verden, eller på anden måde har en sådan karakter, at eleverne oplever udfordringen som autentisk og vedkommende. Gennem dialog bliver elever og lærer enige om mål og rammer for det kommende arbejde. Hver gruppe beskriver udfordringen med egne ord.

Undersøge

Eleverne i gruppen kortlægger deres relevante viden, herunder naturfaglig viden. De indkredser viden, de mener, de har brug for. De skaffer sig viden.

Få idéer

Eleverne i gruppen foreslår, forklarer, forhandler og udvikler idéer, de mener, kan løse udfordringen. De forhandler sig frem til at gå videre med én af idéerne.

Konkretisere

Eleverne i gruppen konkretiserer den valgte idé ved at lave skitser og vælge materialer. De planlægger det videre arbejde og fordeler opgaverne.

Konstruere

Eleverne i gruppen finder materialer og redskaber. De omsætter den valgte idé til et konkret bud på en løsning i form af en prototype. Prototype skal her forstås meget bredt – det kan både være et konkret fysisk produkt, bygget af eleverne. Men en prototype kan i princippet også være en digital kode, en algoritme, en forsøgsprotokol eller en "konsulentrapport", fx med forslag til energibesparelser på en skole. Det er dog værd at være opmærksom på motivationsgraden af de forskellige typer produkter – særligt vil de mindste elever nok især motiveres af at stå med et produkt, som synligt "kan noget" og "virker".

Forbedre

Gruppen tester prototypen ved naturfaglige undersøgelser eller målinger. De forbedrer den – måske i flere omgange – så den kommer tættere på at løse udfordringen.

Præsentere

Gruppen præsenterer sin løsning og forklarer, hvordan den virker, og hvordan de er kommet frem til den. Grupperne ser tilbage på processen og samarbejdet, og hvad de har lært.

Start og slut på et engineeringforløb

I skolen vil engineeringforløb typisk udspille sig som projekter, hvor eleverne arbejder med en given problemstilling i et tidsmæssigt afgrænset forløb. Det er ikke sikkert, at eleverne arbejder sig systematisk frem gennem delprocesserne fra den ene til den anden, snarere er det mere sandsynligt, at der vil være mange tilbageløb og spring mellem delprocesserne.

Men forløbet begynder altid med delprocessen *Forstå udfordringen*, hvor udfordringen formuleres og analyseres. Og forløbet slutter med delprocessen *Præsentere*, hvor resultatet fremlægges og den gennemløbne proces og den resulterende læring diskuteres. Derfor har disse to delprocesser didaktisk set en særlig karakter. Det er især her, at læreren har muligheden for at give et engineeringforløb autenticitet, vel vidende at det foregår i en klasse på helt andre præmisser end i verden uden for skolen.

I *Forstå udfordringen* inddrager læreren omverdenen gennem det narrativ, der forklarer, hvordan udfordringen har sit udspring i den omgivende verden. Der er *nogen*, der har det problem, som udfordringen indeholder. Samtidig sikrer læreren sig, sammen med klassen, at alle kommer ind i projektet på en god måde og at alle har den samme opfattelse af, hvad det hele går ud på, og hvad spillereglerne er.

Ligeledes vil det være vigtigt, at projektet i delprocessen *Præsentere* afrundes på en tydelig måde, så resultatet af elevernes arbejde bliver belyst gennem en eller anden form for fremlæggelse. I deres præsentation skal eleverne argumentere for, hvordan deres løsning lever op til (eller ikke lever op til!) de krav, der blev formuleret i den indledende delproces. Gerne med en autentisk bedømmelse fra nogen, der ikke har deltaget, og som kommenterer løsningen på dens egne præmisser.

I forbindelse med *Præsentere* er det også vigtigt, at eleverne ikke bare har fokus på deres produkt. Der skal også indgå en aktivitet, hvor der er fokus på elevernes egen rolle. Dels på hvad de har inddraget af viden, hvordan de skaffede den viden, og hvordan de har brugt den. I mange forløb vil naturfaglig viden have en særlig rolle. Elevernes brug af naturfaglig viden i forbindelse med arbejdet med at forstå deres produkt, forbedre det og til sidst forklare det, skal belyses.

Endvidere skal der fokus på den proces, grupperne har været igennem. Hvordan de kom frem til deres løsninger? Hvordan gik samarbejdet? Udnyttede de, at de var en gruppe? Hvad lærte de? Hvad har de lært af færdigheder? Er der noget, de har lært her, som kan bruges i andre fag – eller næste gang de skal i gang med et projekt? I det lange perspektiv kan vigtigheden af disse sidste overvejelser ikke overvurderes.

Engineering, IBSE, innovation, teknologiforståelse... Hvad er forskellen?

Som beskrevet tidligere træner eleverne gennem engineering flere generiske kompetencer som fx kreativitet, samarbejde, handling og vedholdenhed. Disse minder om de dimensioner – handling, kreativitet, omverdensforståelse og personlig indstilling – som er målene med at undervise i innovation og entreprenørskab i grundskolen. Elevernes arbejde med at løse udfordringer og designe undersøgelser i åbne processer kan på samme vis minde om IBSE-undervisning. Endelig er forsøgsfaget Teknologiforståelse nu også blevet introduceret i folkeskolen. I læseplanen¹ for forsøgsfaget står der, at eleverne "iterativt og i samarbejde (skal red.) kunne analysere, designe, konstruere, modificere og evaluere digitale artefakter til erkendelse og løsning af komplekse problemer." Det lyder jo også som noget, der overlapper med engineering. Så hvad er egentlig forskellen på de fire tilgange?

¹ <https://emu.dk/grundskole/teknologiforstaelse/laeseplan-og-vejledning>

Med det forbehold at der findes ganske mange fortolkninger og former for implementering af metoderne – og at Teknologiforståelse er et fag fremfor en metode, kan man skitsere forskellene mellem de fire tilgange som beskrevet i tabellen herunder:

Table 1: Karakteristika ved IBSE, Innovation, Teknologiforståelse og Engineering

	Karakteristika (proces)	Karakteristika (produkt)
IBSE	Eleverne skaber ny viden – forstår, beskriver eller forklarer noget.	Ny viden og færdigheder
Innovation og entreprenørskab	Eleverne udvikler en ny og original ide. Ideen behøver ikke løse et konkret problem. (Innovation) <i>eller</i> Eleverne implementerer en (ny eller eksisterende) ide i deres egen sammenhæng. (Entreprenørskab)	<u>Original</u> ide, handling eller produkt
Teknologiforståelse	Eleverne skal lære "at vurdere eksisterende digitale artefakter samt tilrettelægge, gennemføre og evaluere tilvejebringelsen af egne digitale artefakter"	Et produkt, der inddrager digitale teknologier
Engineering	Eleverne løser et problem gennem brug af viden og teknologi. Praktisk-konstruktivt-optimerende element.	Et produkt – konkret, fysisk (analogt) eller fx en digital kode, app eller algoritme eller en forsøgsmanual m.m.

I praksis vil mange undervisere nok opleve et overlap eller en sammenblanding af især de tre første tilgange og man kan med rimelighed argumentere for, at når man arbejder med engineeringaktiviteter i naturfagsundervisningen, dækker man også de tværgående temaer innovation og entreprenørskab. I forhold til Teknologiforståelse kan man betragte den del af faget, der handler om at løse problemer med inddragelse af digitale teknologier (særligt digitalt design og designprocesser), som en delmængde af engineeringudfordringer. Forstået på den måde, at engineeringprodukter både kan være analoge og digitale.

Det, man samtidig får med engineering, er en meget konkret undervisningsform, hvor eleverne arbejder praktisk, konstruerer og optimerer et konkret produkt og undervejs i dette inddrager både viden og teknologi. Samtidig er engineeringprocessen didaktisk modelleret, så den kan gøres struktureret for eleverne. Endelig indeholder didaktikken metoder for, hvordan læreren gradvist kan gøre processen mere åben og elevstyret, samtidig med at det materialenære og konkrete i forløbet fastholdes.

Kapitel 2. Et engineeringprojekt

En lærer fortæller her om et forløb med engineeringundervisning. Læreren er erfaren, men dette forløb er første gang hun har planlagt med udgangspunkt i en konkret engineeringopgave. Opgaven hedder "Det rene vand – efter oversvømmelsen". Den findes på Astras hjemmeside. (<https://astra.dk/tildinundervisning/det-rene-vand-efter-oversvoemmelsen-0>). Hun bruger de metodeark, der hører til opgaven, og i sin planlægning tager hun direkte udgangspunkt i EDP-modellens delprocesser. Metodekortene findes her: <https://astra.dk/engineering/aktiviteter>.

Læreren har især ambitioner om selv at blive bedre på tre områder:

- Hvordan hun kan stilladsere grupperne, så hun holder deres fokus på opgaven og på indgåede aftale, samtidig med at grupperne selv beholder initiativet og ejerskab i processerne.
- Hvordan hun bedst holder fokus på processen ved at tale med eleverne om, hvor de er henne i forhold til delprocesserne. Igen uden at det bliver for styrende.
- Hvordan hun bedst kan samle op på elevernes læring og fastholde en balance mellem elevernes faglige læring (om vand, drikkevand, filtrering mv.) og deres proceslæring i den kreative, delvist selvstyrede engineeringproces.

7.a skal for første gang gennemføre et engineeringforløb. De er dygtige og arbejder godt sammen. Jeg har planlagt et forløb, som skal give eleverne metoder til at arbejde selvstændigt i det fællesfaglige fokusområde "Fremtidens drikkevandsforsyning." De skal arbejde over 2 fagdage med i alt 12 lektioner. For at sikre at fokus er på engineeringprocessen, har jeg valgt at styre forløbet ret stramt. I min planlægning og når jeg snakker med eleverne om deres arbejde, refererer jeg konsekvent til de syv delprocesser i EDP-modellen.

Dag 1

Forstå udfordringen: Udfordringen er om en pige i et katastrofeområde, der mangler rent drikkevand. Eleverne ser en film og vi har en klassesamtale om problemerne i udfordringen, og hvordan man kan arbejde med at løse dem.

Derefter arbejder eleverne i grupper med at reformulere udfordringen, så de får sat deres egne ord på det problem, de vil løse, og hvem de løser det for. Reformuleringen kommer op at hænge på en projektvæg. Vi får også styr på de indledende aftaler: Vi har to hele arbejdsdage til rådighed. I løbet af den første dag skal hver gruppe bygge en prototype til vandrensning. Den skal testes i biologilokalet.

Undersøge: Med udgangspunkt i metodekortet "videnskortlægning" arbejder eleverne med at få et overblik over den viden, der kan blive nødvendig for at løse udfordringen. På post-it sedler skriver de fx "hvad er drikkevand?", "hvornår kan man drikke vand?", "hvor meget vand skal man have for at overleve?" De skriver også, hvor de regner med, at de kan få svar på spørgsmålene. Efterhånden som deres viden udvikler sig, flytter de rundt på post-it sedlerne.

Vi laver fælles videnskortlægning på et whiteboard, så vi kan dele de gode ideer. Så kommer videnskortlægningen op på projektvæggen.

Flere grupper har skrevet noget med bakterier. Det havde jeg ikke tænkt på i planlægningen. Det er naturligt, at der i denne type opgaver opstår uventede spørgsmål ud af elevernes samtaler. Jeg har på forhånd besluttet at lade dem arbejde videre med "nye" vidensområder og vil evt. følge op efter forløbet, hvis jeg skønner det relevant.

De næste to lektioner er vi i fysik/kemi-lokalet, hvor eleverne fortsætter deres undersøgelse ved at lave forsøg med destillation og filtrering, som kan svare på nogle af spørgsmålene fra elevernes videnskortlægning. Og kan inspirere til idéudvikling.

Få idéer: Eleverne undersøger, hvad de har til rådighed til at konstruere et vandrensningsanlæg. Det er let tilgængelige materialer: Plastikflasker, gazebind, sølvpapir og plastikposer. Eleverne kan bede om ekstra materialer, hvis det stimulerer deres kreativitet.

Dernæst laver vi brainstorm "bordet rundt". Eleverne sender de tre bedste ideer rundt, læser dem og skriver evt. videre på dem. Mens de sidder og skriver på hinandens ideer, vælger hver gruppe en idé, som de vil gå videre med.

Det irriterer eleverne, at de ikke kan blive bekræftet i, at de har valgt "den rigtige ide". Det er tydeligt, at de i megen anden undervisning er vant til, at der er én løsning, der er den rigtige. Det bliver vigtigt for mig at vise begejstring, når eleverne får ideer, jeg IKKE havde tænkt på forhånd.

Konkretisere: Det er svært at få elever, der ikke elsker at tegne, til at tegne skitser. Men skitsen er vigtig for, at gruppen konkret kan diskutere den valgte idé og senere holde styr på de ændringer, som de foretager fra første til sidste prototype. Derfor laver jeg et fælles break og gør kriterierne for skitserne tydelige.

Jeg ville gerne have ladet eleverne arbejde mere kreativt og med flere frihedsgrader, men det må vente, til de får bedre overblik over de delprocesser, engineering består af. Så efter en kort proces, hvor de konkretiserer deres idé ved at lave skitser og notere krav til materialer, værktøj og byggeplan, er alle grupper i gang med at konstruere.

Konstruere: Der er efterspørgsel efter andre materialer end dem, jeg har stillet til rådighed. Det er det uforudsigelige ved engineering (og naturfagsprøven). Jeg kan ikke vide, hvilke behov der opstår – fx kemikalier til at fjerne bakterierne – og derfor kan det være nødvendigt med tid mellem konkretiserings- og konstruktionsfasen. Ellers må eleverne arbejde med halvfærdige prototyper, indtil jeg eller de selv skaffer materialerne.

Vi nærmer os afslutningen af dag 1. Jeg laver et break, hvor jeg beder grupperne fortælle om deres prototyper og om dagens bedste fejl – det vil sige den fejl, de lærte mest af.

Det er grænseoverskridende for nogle af eleverne, at jeg vil have dem til at fortælle detaljeret om fejl. Nogle grupper har valgt en løsning, som vil kræve mange dage at teste. Derfor overbeviser jeg dem om, at de skal teste deres halvfærdige prototype. Det kan de også lære noget af.

Vi rydder op og sætter prototyperne til side eller i test.

Dag 2

Først gennemgår vi skabelonen, som grupperne skal bruge til deres præsentation sidst på dagen. Det er en god idé at arbejde på den gennem hele dagen, så dagens arbejde løbende kan dokumenteres og til sidst hænges op på projektvæggen.

Forbedre: De testede prototyper fra dag 1 undersøges. Resultaterne er ikke som forventet. Min stilladsering består nu i at stimulere elevernes nysgerrighed til at undersøge, hvorfor prototyperne ikke virker som forventet. Jeg vejleder grupperne til at bruge videnskortlægningen når de leder efter svar. Desuden stilladserer jeg ved at introducere simple metoder (udseende, lugt, inddampning og pH) til at undersøge, om det drikkevand, der produceres, er rent.

Grupperne arbejder videre med at bygge, teste og forbedre i deres eget tempo. Mange grupper er frustrerede over tidspresset, og at prototypen ikke kan nå at blive helt færdig.

Dag 2 afsluttes med, at eleverne stopper med at forbedre deres prototyper og beslutter, hvordan den sidste prototype skal præsenteres som deres løsning, samtidig med at de præsenterer deres projektvæg.

De fortæller om de beslutninger, de tog for at komme fra den første skitse til den færdige løsning, hvilken naturfaglig viden de inddrog for at komme frem til løsningen og løsningens sammenhæng med omverdenen. De beskriver også, hvordan gruppens proces var i forløbet.

Eleverne bliver selv overraskede over, at deres udbytte (deres læring) ikke kun afhænger af, om prototypen virker, men lige så meget af de refleksioner og de fejl, de har gjort sig undervejs. De fleste er enige om, at de både har lært noget om vand og vandrensning. Og om hvordan man arbejder sammen for at planlægge og løse en opgave.

”Engineering understøtter mange af kompetencemålene rigtig godt. Det gælder blandt andet undersøgelses- og modelleringskompetencerne, som eleverne helt naturligt får sat i spil, når de går i gang med at idegenerere og bygge. Og når de som del af den sidste fase i engineeringprocessen skal præsentere deres arbejde, får de trænet både kommunikations- og perspektiveringskompetencen. Desuden er fordelene ved engineering, at eleverne kan se, hvad de kan bruge deres faglige viden til.”

*Dorte Danig Jønsen, naturfagslærer på Fuglsangårdsskolen,
har gennemført flere engineeringforløb på både mellemtrin og i udskolingen*

Kapitel 3. Frihedsgrader og stilladsering af engineeringaktiviteter

Elevers frihedsgrader

Engineeringaktiviteter indeholder mange muligheder for, at eleverne skal træffe selvstændige valg undervejs i designprocessen. Første gang elever arbejder med et engineeringforløb, er de næppe i stand til at håndtere mange frihedsgrader i alle arbejdsprocesserne i EDP-modellen. Man kan derfor som lærer vælge at begrænse elevernes valgmuligheder i forskellige arbejdsprocesser for at sikre, at de ud fra aktuelle forudsætninger er i stand til at gennemføre forløbet. I efterfølgende engineeringforløb kan lærere så indbygge en progression, som langsomt giver eleverne flere frihedsgrader.

Overvejelser om, hvilke valg og arbejdsprocesser eleverne mere selvstændigt kan håndtere, må baseres på lærerens professionelle vurdering. Erfaringer fra læreres arbejde med engineering i skolen viser, at efter nogle gennemprøvnings finder lærerne ud af, at eleverne godt kan opnå et fagligt læringsudbytte i engineeringaktiviteter med store frihedsgrader.

Nedenstående frihedsgradsskema angiver nogle muligheder for at differentiere elevernes arbejde i et engineeringforløb. Skemaet kan bruges til at planlægge stilladseringen.

Tabel 2: Frihedsgrader i elevernes arbejdsprocesser i engineering

	Struktureret forløb Meget få valg og frihedsgrader for eleverne.	Guidet forløb Nogle valg og frihedsgrader for eleverne.	Åbent forløb Mange valg og frihedsgrader for eleverne.
Forstå udfordringen	Grupperne arbejder ud fra en lærerformuleret forståelse af udfordringen.	Grupperne vælger en forståelse af udfordringen fra lærerens liste	Grupperne formulerer selv deres forståelse af udfordringen inden for den ramme, som er givet i oplægget.
Undersøge	Grupperne arbejder efter præcise instruktioner med at finde viden om udfordringen.	Grupperne vælger mellem forslag fra læreren til, hvordan de kan få viden om udfordringen.	Grupperne vælger selv, hvordan de vil få viden om udfordringen.
Få idéer	Læreren styrer gruppernes diskussion.	Grupperne vælger mellem forslag til styring af deres diskussion.	Grupperne organiserer selv deres diskussion om deres forskellige ideer.
Konkretisere	Grupperne arbejder efter præcise konkretiseringsinstruktioner.	Grupperne vælger konkretisering mellem forslag fra læreren til en løsning på udfordringen.	Grupperne konkretiserer selv, hvordan de vil løse udfordringen.
Konstruere	Læreren fastlægger materialer, værktøjer og bygger sammen med grupperne.	Grupperne har materialer og værktøjer at vælge imellem, og læreren hjælper dem med at bygge en prototype.	Grupperne vælger selv materialer og værktøjer og bygger selv en prototype.

Forbedre	Læreren fastlægger afprøvnings- og testprocedure. Læreren vurderer forbedringer af gruppernes prototype og løsning og diskuterer den med grupperne.	Grupperne kan vælge mellem flere forslag til afprøvnings- og testprocedurer og vurderer forbedring af deres prototype og løsning efter givne kriterier.	Grupperne vælger selv afprøvnings- og testprocedure og vurderer selv forbedringer af deres prototype og løsning.
Præsentere	Læreren hjælper grupperne med at kommunikere deres løsning.	Grupperne bliver vejledt i forhold til kommunikationen.	Grupperne planlægger selv medie og format og kommunikerer selvstændigt.

Lærerens stilladsering af engineeringaktiviteter

Der kan ske nogle bemærkelsesværdige ting, når man anvender engineering i sin undervisning. Elever, som normalt ikke er særligt aktive i undervisningen, bliver aktive, og for elever med særlige udfordringer er de praktiske elementer i engineeringaktiviteter en gevinst, fordi det giver dem succesoplevelser. Generelt oplever mange elever engineeringaktiviteter som mere "sjove" og "anderledes" end almindelig naturfagsundervisning. Men engineering kan også være udfordrende for elever, som normalt er gode til at følge en forsøgsvejledning. Den store selvstændighed i engineeringaktiviteter kan skabe en vis usikkerhed for elever, som trives godt med forsøgsvejledningens strukturerede anvisninger.

Med engineeringaktiviteter er man inde og berøre kernen af mange naturfagslæreres opfattelse af lærerrollen. Med engineering kan læreren eksempelvis opleve, at han eller hun arbejder på lige fod med eleverne om den udfordring, hele klassen er fælles om at løse. Og som ligeværdig partner i engineering, skifter lærerens rolle karakter fra at være formidler til at facilitere elevernes læring. Læreren kan som facilitator vælge at bruge et eller flere værktøjer til at stilladsere elevens videre arbejde. Disse værktøjer er: *feedback, hints, instruktion, forklaring, modellering* eller *at stille spørgsmål...*

I forhold til stilladsering af arbejdsprocesserne i EDP-modellen har vi følgende generelle råd til, hvilke stilladseringsværktøjer man kan bruge:

- Engineeringudfordringen skal introduceres klart, præcist og overbevisende, så "ejerskabet sælges" til eleverne. Hertil kan man bruge både hints, instruktion, forklaringer, modellering og spørgsmål.
- Det er en god ide at indlægge benspænd i udfordringen fx i form af materialevalg eller ændringer af krav undervejs i designprocessen. Men når materialerne kommer på bordet, er der en risiko for, at eleverne glemmer udfordringen og måske springer direkte til at konstruere prototypen. Derfor må man måske minde eleverne om problemstillingen undervejs og guide dem med hints, instruktioner eller spørgsmål undervejs i designprocessen.
- EDP-modellen kan gøre det nemmere at skabe overblik over arbejdsprocessen. Stop op en gang imellem og mind eleverne om, hvor de er i processen, og hvor de skal være om en halv time.
- Med engineering kan man eksperimentere med gruppesammensætninger og veldefinerede elevroller i gruppearbejdet.
- Det er en god ide, at lade eleverne forklare prototypens virkemåde med naturfaglig viden undervejs i designprocessen og ved den endelige præsentation. Det kan understøttes med både hints, spørgsmål, instruktion og feedback.

Selvom alle stilladseringsværktøjerne har hver deres force, vil vi alligevel særligt fremhæve den udforskende lærer-elevdialog, hvor man som lærer stiller produktive spørgsmål til elevernes arbejdsproces. Gode produktive spørgsmål inviterer eleverne til et nærmere kig på den udfordring, de skal løse. Sådanne spørgsmål kaldes for "produktive" spørgsmål, fordi de stimulerer eleverne til at arbejde videre i design og undersøgelsesprocessen. I de indledende arbejdsprocesser kan spørgsmålene sende eleverne i den rigtige retning uden at være for styrende.

Når eleverne er undervejs med design af deres prototype, kan man stille spørgsmål, som stimulerer eleverne til at overveje, om prototypen kan forbedres eller om de kan forklare, hvordan prototypen virker og løser udfordringen. Et godt råd er, at lade eleverne tænke over et spørgsmål og diskutere mulige svar med en klassekammerat. Det er vigtigt, at man som lærer ikke giver dem en tydelig forklaring eller et hint til, hvordan de kan forbedre en prototype. Læringskulturen styrkes, hvis det er elevernes svar og bud på forbedringer af prototypen som bliver udgangspunktet for den videre designproces.

I nedenstående tabel eksemplificerer vi, hvordan gode produktive spørgsmål og de andre stilladseringsværktøjer som fx instruktioner og hints kan anvendes til at støtte elevernes arbejde i de forskellige EDP-arbejdsprocesser.

Tabel 3: Eksempler på stilladsering af de forskellige arbejdsprocesser i EDP-modellen

Dialogen med eleverne om at forstå udfordringen:

I kan selv finde udfordringer eller jeres lærer eller andre kan stille jer en udfordring, som de mener, I kan hjælpe dem med at finde en løsning på.

Snak om udfordringen med hinanden og med jeres lærer. Bliv enige med hinanden og jeres lærer om, hvad det er for en slags udfordring, og hvad I har af muligheder for at løse den. Hvilke krav kan I (eller læreren, eller nogen udefra) stille til en løsning?

Inden I går i gang med arbejdet, skal I blive enige om, hvordan I vil arbejde: Hvor lang tid har I? Hvornår skal I være færdige? Skal I arbejde sammen med andre fag? Hvad vil der være af praktiske problemer? Skal I arbejde i grupper, og hvordan laver I grupperne? Hvem skal bedømme jeres resultat. Arbejder grupperne sammen eller hver for sig? Vil I lave time-out undervejs og snakke i klassen om, hvordan det går? Får I hjælp fra jeres lærer undervejs, skal I klare jer selv, eller kan I bede nogle andre om hjælp?

Dialogen med eleverne om at undersøge:

I klassen er I blevet enige om, hvad det er for en udfordring, I skal arbejde med. Nu kan grupperne komme i gang med at finde en løsning.

I jeres gruppe kan I snakke mere om, hvad det så er for en udfordring, I vil løse. Hvem er det, der har udfordringen? Hvad ved I om dem? Hvorfor har de udfordringen? Kender I til lignende udfordringer? Måske skal I skrive en problemformulering, så I er sikre på, at I alle mener det samme.

Snak også om, hvad slags udfordring det er. Kan I bruge noget af det, I allerede ved til at løse udfordringen? Find ud af, hvad I allerede ved. Ved I nok? Er der noget, I er nødt til at finde ud af, inden I går videre?

Måske kan I snakke om idéer og så vende tilbage til, om I ved nok til at finde en god løsning ved hjælp af jeres idé.

Måske er I nødt til at læse for at vide mere? Måske er I nødt til at spørge nogen? Måske er I er nødt til at lave målinger eller eksperimenter eller andre undersøgelser – ligesom i naturfagene – for, at I har den rigtige viden?

Dialogen med eleverne om at få idéer:

Sommetider er det nemt at få idéer. Men ikke alle idéer er lige gode, og nogle idéer er svære for andre at forstå. Hvis du har en idé, er det nødvendigt, at du forklarer den til resten af din gruppe, så de kan stille spørgsmål. Målet er sammen at gøre jeres ideer bedre og tydeligere. Det er vigtigt, at I ikke er bange for bede de andre om at vurdere en ide. Det kan godt være, at det viser sig, at ens ide ikke duede alligevel, men sådanne fejltagelser er vigtige at lære af.

Sommetider er det svært at få idéer. Så må I hjælpe hinanden. Måske skal I lave en brainstorm?

Hvis I har flere gode idéer i din gruppe, er det klogt at diskutere, hvad der er godt og mindre godt ved dem. Snak om én idé ad gangen.

Måske er I nødt til at begynde at tegne for hinanden? Måske skal I lave en undersøgelse for at finde ud af, om en idé kan bruges? Måske viser undersøgelsen, at I er nødt til at begynde forfra for at få en bedre ide, som I kan arbejde videre med?

Hvis I har mere end en idé og ikke kan blive enige om, hvilken ide I skal arbejde videre med, kan det være, I har brug for hjælp til at komme videre? Det er vigtigt, at I er enige om idéen, før I begynder at designe og planlægge.

Når I er i gang med at designe og planlægge, kan det være, at I finder ud af, at idéen ikke kan bruges alligevel? Så må I starte forfra med at finde en idé.

Dialogen med eleverne om at konstruere en *prototype*:

At konstruere en prototype betyder for det meste, at I skal sætte ting eller elementer sammen. Det, I laver, skal kunne holde og fungere.

Måske skal I skære ting ud, sætte dem sammen og få delene til at sidde stabilt sammen? Hvis det, I laver, er en slags maskine, skal den selvfølgelig også virke. Det er ikke sikkert, at jeres prototype virker særlig godt. Men det betyder ikke så meget. Sådan er det ofte med prototyper. Efterfølgende skal I teste og forbedre jeres prototype.

Det vigtigste er, at jeres prototype kan vise to ting:

1. Om jeres idé er god nok. Det er den, hvis det ser ud til, at prototypen kan gøre de ting, I havde forventet. Så er det også nemmere at vise andre, hvad det er for en løsning, I har arbejdet med.
2. Det er ikke sikkert, at I skal tage ordet konstruere bogstaveligt. Måske er den løsning, I arbejder frem imod en forsøgsvejledning, en video eller en programkode som kan hjælpe mennesker.

Dialogen med eleverne om at *forbedre*:

Det er helt almindeligt, at en prototype ikke viser sig at være perfekt i første forsøg, men skal forbedres i en eller flere omgange. Her er det vigtigt at være opmærksom på, om I har forstået udfordringen og kravene til jeres prototype.

Når I har testet jeres prototype og set på resultaterne af testen, skal I vurdere, om og hvordan I kan forbedre jeres prototype. Viser testen, at prototypen har svagheder? Kan prototypen det, der er nødvendigt for, at den kan løse udfordringen?

Mens I testede, kunne I måske se muligheder for at forbedre?

Det er en god ide kun at ændre en ting ad gangen på prototypen. De ændringer, der skal til, for at prototypen opfylder kravene i udfordringen er vigtigst.

Måske er det små justeringer, der skal til. Måske skal I helt tilbage og se på, om den ide I arbejder med, er den rigtige? Måske mangler I noget viden, der kan gøre prototypen bedre?

Dialogen med eleverne om at præsentere:

Når I præsenterer jeres resultat, skal flere ting indgå.

1. Hvordan ser jeres løsning ud:
 - I skal selvfølgelig vise jeres prototype, og hvad den kan?
 - Overvej, om I mener, at jeres prototype er en god løsning på udfordringen.
 - Der kan være testresultater, skitser eller modeller, det er vigtigt at fortælle om.
2. Hvordan var jeres proces:
 - Fortæl, hvordan I kom fra udfordring til den færdige prototype og hvilke overvejelser I gjorde jer undervejs?
 - Hvordan fungerede jeres gruppearbejde, og hvordan var selve engineeringprocessen? Hvad var svært, og hvordan løste I det? Hvilke gode ideer skal I huske til næste gang?
 - Hvilke fejl lærte I mest af?
3. Hvordan er I blevet klogere på naturfagene i processen:
 - Hvilken naturfaglig viden har I brugt undervejs i processen, og hvilken viden er ny i forhold til, da I startede forløbet?

Engineeringudfordringer og metodekort

I Engineering i Skolen-projektet har vi udviklet to former for læremidler, som kan støtte elevernes engineeringaktiviteter: Engineeringudfordringer og metodekort. Begge dele kan frit hentes på <https://astra.dk/engineering>.

Engineeringudfordringerne er tænkt som designudfordringer, der kan anvendes som selvstændige engineeringaktiviteter. Men, de kan også indtænkes i naturfaglige forløb som et alternativ til mere traditionelle naturfaglige undersøgelsesaktiviteter. Metodekortene kan bruges til at strukturere elevernes arbejde undervejs i designprocessen og derigennem understøtte, at eleverne arbejder disciplineret og produktivt i de enkelte arbejdsprocesser.

“Jeg oplever, at eleverne husker de faglige diskussioner, vi har haft i et engineeringforløb bedre, end når vi gennemgår emnerne i traditionel undervisning. Det skyldes, at eleverne får mulighed for at knytte deres viden til sammenhænge fra det virkelige liv.”

Per Milling, naturfaglæreren fra Tvis Skole

Kap. 4 Læringsmål og målopfyldelse

Læringsmålene tydeliggør, hvad eleverne skal lære. Det giver fokus for evalueringen af et engineering-forløb. Undervisningsaktiviteterne i et engineeringforløb er dem, som bruges som afsæt for evalueringen og inden man går i gang med aktiviteterne, skal man overveje, hvilke tegn der er på læring. Læreren observerer tegnene ved hjælp af elevernes arbejde med undervisningsaktiviteter og evalueringsværktøjer.

Rubric - et værktøj til at vurdere målopfyldelse og forventningsafstemning

En rubric er et udbredt værktøj i skolen til at vejlede, give feedback, afstemme forventninger eller vurdere, i hvor høj grad, eleverne opfylder læringsmål. Det er et skema, hvor tegn på elevernes læring for enkelte mål eller arbejdsprocesser er formuleret på forskellige niveauer (se skema sidste side). De fire niveauer kan bruges til differentiering mellem elever, da ikke alle eleverne vil være i stand til arbejde på det eksemplariske niveau. Endvidere kan rubricen bruges til at vælge en progression for alle eller enkelte elever. Fx kan man ud fra skemaet forklare elever, at de kan vise en udvikling eller progression i deres undersøgelsesarbejde ved, at de begynder selvstændigt at kombinere undersøgelsesmetoder (fuldført niveau), hvor de tidligere kun udførte en undersøgelse eller kun præsenterede ideer til undersøgelser (undervejs niveau). Tegnene afspejler intentionen med, at eleverne skal være aktive og selvstændige.

Erfaringer fra brugen af rubrics i naturfagene viser, at rubrics kan hjælpe både fagligt stærke og svage elever. I forhold til projektarbejde, kan rubricen hjælpe fagligt stærke elever til at kommunikere endnu bedre og fokusere deres problemorienterede arbejde. For de fagligt svage elever hjælper rubricen med at afklare, hvilke forventninger der er til deres arbejde. Samt at feedback fra forskellige lærere opleves mere ensartet af eleven, så de bliver mere sikre på, hvordan de skal forbedre sig. Erfaringerne viser også, at rubricen skaber en tydelig kobling mellem elevernes engagement i arbejdsprocesser og deres kompetenceudvikling.

Kapitel 5. Åben Skole i engineering

Autenticitet og involvering af eksterne parter (Åben Skole)

Autenticitet er et centralt begreb i engineeringudfordringer. Autenticiteten i engineeringaktiviteterne er med til at øge elevernes engagement og forståelse af opgaven.

En måde at skabe autenticitet i engineeringaktiviteter er ved at involvere eksterne partnere, for eksempel ved at booke en ekspert på www.ekspert.engineerthefuture.dk, hvor ingeniører og naturvidenskabelige eksperter kan bestilles til at holde oplæg eller workshops om bestemte emner. Et ekstra bonus ved denne typer samarbejder er, at det kan give eleverne indtryk af jobmuligheder knyttet til naturfagsområdet.

Involveringen af eksterne partnere i engineeringaktiviteter kan være tidskrævende i forhold til den almindelige undervisning. Men der er den mulighed at planlægge engineeringaktiviteter som en Åben Skole-aktivitet. Væsentlig for elevernes udbytte af virksomhedsinvolvering er en opfølgning, hvor besøg på virksomheden knyttes til igangværende engineering designprocesser.

Tabel 4: Målopfyldelsesrubric

	Påbegyndt	Undervejs	Fuldført	Eksemplarisk
Forstå udfordring	Jeg kan tilstrækkeligt vise en forståelse af simple dele af udfordringen.	Jeg kan usikkert vise en forståelse af udfordringen i sin helhed.	Jeg kan vise en god forståelse af udfordringen og hele dens baggrund.	Jeg kan vise en sikker og hensigtsmæssig forståelse af udfordringen og hele dens baggrund i relation til almene samfundsforhold.
Undersøge	Jeg kan med ringe viden og færdighed udføre enkle og simple undersøgelser, som vil sige noget om mit problem.	Jeg kan med usikker færdighed og viden udforme og gennemføre en undersøgelse af en del af mit problem.	Jeg kan vise god færdighed og viden om undersøgelser af mit problem.	Jeg kan vise sikker færdighed og viden om at forholde sig metodekritisk til flere gennemførte undersøgelser begrænsninger.
Få idéer	Jeg kan udvikle simple ideer til en mulig løsning.	Jeg kan usikkert organisere ideudvikling og diskussion af løsning.	Jeg kan på en god måde kombinere forskellige ideer til en gennemførlig løsning.	Jeg kan sikkert og hensigtsmæssigt inddrage eksterne bidrag i min afprøvning af ideer og indarbejder disse bidrag i mit forslag til udformning af løsning.
Konkretisere	Jeg kan lave en simpel skitse med konkrete forslag til valg af materiale til en løsning.	Jeg kan usikkert udvælge og forarbejde materialer, som vil kunne indgå i en løsning.	Jeg kan på en god måde kombinere og forarbejde materialer til en løsning, som konkret kan vise tre eller flere væsentlige principper i løsningen.	Jeg kan sikkert og hensigtsmæssigt redegøre for og træffe valg mellem fordele og ulemper ved forskellige materialer og deres forarbejdninger til en løsning.
Konstruere prototype	Jeg kan konstruere en simpel prototype, som usikkert viser en funktionel løsning.	Jeg kan usikkert bygge en prototype, som viser 1-2 funktioner i løsningen.	Jeg kan på en god måde bygge en prototype, som viser tre eller flere væsentlige funktioner i løsningen.	Jeg kan sikkert og hensigtsmæssigt bygge en prototype, som viser fordele og ulemper ved forskellige valg i løsningen.
Forbedre	Jeg kan simpelt vurdere min løsning og komme med enkle forslag til forbedringer.	Jeg kan usikkert afprøve og teste min løsning for at finde frem til forbedringer.	Jeg kan på en god måde kombinere afprøvnings- og testprocedurer, som jeg bruger til at vurdere forbedringer af min løsning efter givne kriterier.	Jeg kan sikkert og hensigtsmæssigt afprøve og teste min løsning for at kunne diskutere forbedringer af min løsning.
Fremlægge løsning	Jeg kan usammenhængende fremlægge min løsning for bl.a. brugere med brug af hverdagsprog og sparsomt fagsprog.	Jeg kan usikkert fremlægge min løsning for bl.a. brugere. Jeg kan usikkert veksle mellem hverdagsprog og relevant fagsprog.	Jeg kan med god sammenhæng vælge formidlingsmedier og -former, som bedst fremlægger min løsning for bl.a. brugere. Jeg kan veksle mellem hverdagsprog og relevant fagsprog.	Jeg kan veldisponeret og nuanceret præsentere min løsning for bl.a. brugere med brug af relevant form og medie. Jeg veksler sikkert mellem hverdagsprog og relevant fagsprog.

Engineering i skolen

Støttet af:



A.P. MØLLER FONDEN



Partnere:

Engineer the future



VIA University
College

astra*

Find forløb, didaktik og aktiviteter til din undervisning i engineering på
astra.dk/engineering

Læs mere om engineering på
engineeringiskolen.dk