



Kapitel 12. Engineering-didaktik i makerspaces

I dette kapitel præsenteres, hvordan engineering som didaktik kan fremme læringsudbyttet i makerspaces. Med eksempler udfoldes, hvordan engineering kan fremme flere praksisfaglige dimensioner i læringsrummet, og der angives konkrete anbefalinger til makerteknologier, som har særligt potentiale i engineering-undervisningen.

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 Thrysøe 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 makerspaces

Næsten sideløbende med at engineering blev udviklet og introduceret som didaktik i grundskolen i 2017 opstod de første initiativer omkring makerspaces i Danmark. Erfaringer fra de kommuner, som har fået kompetenceudviklet lærere i engineering, har vist, at didaktikken efterfølgende anvendes systematisk til at samarbejde og udnytte potentialet i skolernes etablerede makerspaces. Kombinationen af netop makerspaces og engineering kan styrke elevernes læring og motivation, og bidrage til at understøtte praksisfaglige dimensioner både i fag og i tværfaglige sammenhænge.

Engineering som didaktik i makerspace

Siden fagligheden digital teknologiforståelse blev introduceret som forsøgsfag i 2018, har Makerspace ofte været tæt koblet til digital teknologi, herunder digital fabrikation og design af digitale artefakter. Denne kobling har både været nødvendig og fagligt meningsfuld for at kunne hæve kompetence-niveauet for inddragelse af digital teknologi og makerteknologi i undervisningen hos både elever og lærere. Bagsiden er, at teknologi i makerspaces kan blive indsnævret til alene at omhandle brugen af digital teknologi på bekostning af læring om, hvordan forskellige teknologier, både digitale og analoge, bedst bruges i engineering designprocesser. Langt de fleste digitale teknologier indeholder både digitale og analoge dele, og derfor kræves det ofte, at der er muligheder for at udvikle begge dele i engineering-forløb, hvor der laves prototyper på digitale teknologier. Derfor defineres et makerspace i engineering-sammenhæng således:

Makerspace er et kreativt, eksperimenterende læringsmiljø, hvor elever arbejder med eksperimenter og design, træner færdigheder og udvikler konstruktioner til problemløsning. Det kan foregå med både digitale teknologier (fx robotter, 3D-printere og programmering) og analoge materialer (fx pap, lim, træ og tape). Det centrale er ikke udstyret, men den didaktiske tilgang: Elever lærer gennem skabende autentiske handlinger, samarbejde og refleksion fx gennem iterationer.

Altså er et makerspace et kreativt og elevcentreret læringsmiljø, hvor der tages udgangspunkt i løsning af konkrete problemer. Problemet, elevernes kreativitet og (engineering) designprocessen skaber rammer for prototypeudvikling, hvor adgang til en bred palet af materialer og teknologier giver mulighed for reflekterede til- og fravalg i designprocessen.

Et makerspace kan give rum for, at elever kan eksperimentere og designe med alt fra simple materialer som pap, lim og snor til digitale makerteknologier som 3D-printere, laser- og folieskærere. Udvikling af både værktøds- og håndværksfærdigheder samt færdigheder i at kode og programmere er ligeledes et centralt for elevernes udbytte af makerspace. I et makerspace kan sådanne færdigheder fylde og trænes gennem forskellige tilgange, men fælles i denne kontekst er, at det opleves autentisk og meningsfuldt for elever – fx ved konkret anvendelse til udvikling af en prototype. Engineering som didaktik bidrager til makerspace med en designproces, der er skabende og kreativ, hvor de syv delprocesser på forskellig vis åbner muligheden for inddragelse af teknologi og håndværk til at udvikle både analoge og digitale prototyper/produkter.

I engineering designprocesser er det vigtigt at overveje, hvor og hvordan et makerspace inddrages. Makerspaces kan skabe merværdi i alle syv delprocesser, men det er værd at overveje, hvor det bidrager til processen i det specifikke forløb. I nogle forløb kan det bidrage til en konkret delproces, men i andre vil det være mere forstyrrende at være omgivet af makerteknologier. Hvis eleverne er et sted i deres designproces, hvor de har brug for at afprøve og forbedre deres ideer, kan det være, at de skal laserskære enkeltdele og benytte pap og malertape til andre elementer, fremfor at vente til deres ideer kan 3D-printes. En central læring med engineering og makerspaces er derfor også at kunne bryde ideer op i delkomponenter og afprøve og forbedre dele, inden den samlede prototype udvikles. Den læring kan blandt andet stilladseres ved at overveje, hvilke teknologier eleverne skal have adgang til hvornår, eller ved at stilladserer aktiviteter, hvor eleverne identificerer nøglekomponenter i deres ideer til løsninger. Det kan være med til at drive designprocessen fremad og undgå, at teknologierne bliver et benspænd.

For di engineering tager udgangspunkt i konkrete udfordringer, skaber engineering designprocessen, særligt i delprocesserne *undersøge* og *forbedre*, rammer for at holde fokus på materialeforståelse, -valg samt -bearbejdning. Engineering designprocessen holder på den måde fokus på arbejdet med problemløsning, prototypeudvikling og materialeforståelse. De teknologier, der er til rådighed i et makerspace, bliver et middel, der kan understøtte designprocessen, og ikke et mål i sig selv. Det er derfor også vigtigt, at læreren udvælger teknologier, som både kan være digitale og analoge. På den måde kan eleverne erfare, at de ved at benytte forskellige materialer og teknologier på forskellige tidspunkter i engineering designprocessen og til forskellige dele af deres prototyper kan udvikle bedre prototyper.

Makerspaces og praksisfaglig engineering-undervisning

Som beskrevet rummer et makerspace flere dimensioner, der matcher engineering som praksisfaglig didaktik. Makerspaces muliggør en kropslig, anvendelsesorienteret tilgang til læring, hvor elever gennem brug af rummet og dets værktøjer skaber fysiske produkter, der kobler teori og praksis. For eksempel kan genbrugsmaterialer bruges til bæredygtige designprojekter, hvor elever lærer at kombinere æstetik med funktionalitet. Når elever i et makerspace designer løsninger på baggrund af en engineering-udfordring, vil de undervejs i designprocessen både konstruere, teste og forbedre deres prototyper. Eleverne opnår indsigt i forskellige materialer, værktøjer og teknologier i en meningsfuld kontekst. De samarbejder, tænker højt, retter til og lærer af deres fejl. I makerspaces arbejder de iterativt og reflektivt, samtidig med at de kan sammenligne forskellige teknologiers anvendelsesmuligheder i engineering designprocesser.

Makerspaces kan tilbyde adgang til materialer som træ, akryl, pap, tekstiler, genbrugsmaterialer og elektronik. Teknologier som laserskærere, folieskærere, CNC-fræsere, 3D-printere, mikrocontrollere og værktøjer til robotprogrammering kan skabe muligheder for hurtig forarbejdning og avanceret udvikling af prototyper.



Samtidig kan faglighed fra fx matematik, natur/teknologi og dansk blive anvendt i konkrete projekter koblet med, at eleverne kan arbejde med autentiske materialer og værktøjer, som ofte anvendes i professionelle sammenhænge. Dette giver en realistisk oplevelse af design- og produktionsprocesser, hvilket øger forståelsen for ingeniør- og håndværksmæssige principper.

Mange steder bliver makerspaces skabt som udviklingsrum på skolen. Et makerspace er et sted, hvor der eksperimenteres med forskellige læringsprocesser og undervisningstilgange, særligt inden for læring med og om digitale teknologier. Dog er digitale teknologier ikke en forudsætning for at etablere et makerspace – fokus ligger snarere på at skabe rammer for udvikling af læring gennem kreativitet, samarbejde og praktisk udforskning.

Sådanne dynamiske læringsmiljøer bør give eleverne adgang til en bred vifte af materialer og teknologier, der understøtter hands-on-læring og problemløsning. Rummet og dets artefakter – såsom værktøj, genbrugsmaterialer og avancerede teknologier – kan skabe unikke muligheder for praksisfaglig undervisning, hvor elever kan engagere sig aktivt i iterative processer og samarbejde om at omsætte ideer til handling.

Det kræver didaktiske overvejelser omkring både indretning af lokaler, og hvilke teknologier der stilles til rådighed for eleverne i den givne designproces. Her sikrer lærerens stilladsering og valg af frihedsgrader, at eleverne bliver fortrolige med de materialer og teknikker der er relevante for det arbejde de er i gang med.

Jo større kendskab eleverne har til forskellige materialer og teknikker, jo bedre kan de træffe til- og fravalg mellem de mange muligheder. Eksempelvis kan eleverne i delprocessen *konkretisere* lave deres første udkast til en komponent på laserskæreren. Efterfølgende undersøger de, om den fungerer som forventet, og i delprocesserne *undersøge* og *forbedre* laver de iterationer, hvor de med analoge teknikker, fx en fil eller et håndbor, justerer og tilpasser komponenten.

Makerspaces er mulighedernes rum, hvor elever opfordres til at tænke ud af boksen og eksperimenter med teknologier og materialer. Her kan genbrugte cykeldele blive til robotlamper, eller tekstiler og sensorer kan kombineres til interaktive vægtæpper, der reagerer på berøring. Eleverne kan udforske alt fra bioplast til pap og skabe bæredygtige møbler eller kinetiske skulpturer, der bevæger sig med programmerede motorer. Makerspaces tilbyder således et læringsmiljø, hvor kreativitet, innovation og praksisfaglige færdigheder kan udvikles.

Makerteknologi til engineering

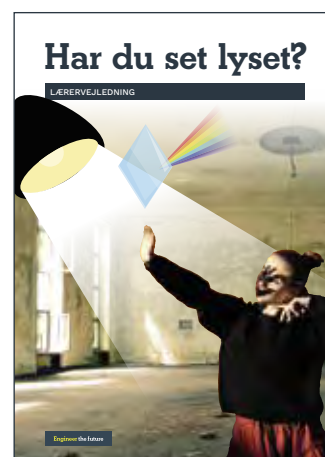
Eleverne behøver ikke være teknologiekspert for at komme i gang. Det vigtigste er at give plads til nysgerrighed, skaben og refleksion. Makerspaces viser, at faglighed også kan være noget, man bygger, tester og forbedrer – sammen.

Ligesom engineering i skolen er en didaktiseret version af ingeniørers arbejdsmetoder, er elevernes arbejde med makerteknologier også en didaktiseret version af brugen af lignende teknologier i virksomheder og erhvervsliv. Engineering-didaktik skaber en ramme for at inddrage forskellige fabrikationsteknologier og for, at elever kan forholde sig til fordele og ulemper ved hhv. analoge og digitale teknologier. Derudover kan den gode engineering-udfordring skabe rammer for at sammenligne og vurdere, hvornår de forskellige teknologier, der er til rådighed i et makerspace, bedst benyttes. Særligt i delprocesserne *forbedre* og *konkretisere* er der mulighed for at stilladser disse overvejelser.

I forløbet ”Har du set lyset?” skal eleverne udvikle lamper, der kan tilpasses til forskellige situationer. I designprocessen kan forskellige teknologier bidrage på forskellig vis. Selvom eleverne måske ender med at lave en 3D-printet løsning, kan det give mening at benytte andre teknologier under udviklingen. Det er fx ofte hurtigere at skære dele med laserskærer end at printe dem på en 3D-printer, så selvom den endelige prototype 3D-printes, kan overflader skæres i 2D, og lysgennemstrømningen kan testes.

Derudover kan der laves iterationer over forskellige versioner af lampeskærme ved at lukke huller med tape eller limpistol og derved udvikle på dele af prototypen. Ved at give adgang til forskellige forarbejdningsmetoder kan makerspaces bidrage til, at eleverne får lavet konkrete undersøgelser og iterationer, og derved kvalificere dele af engineering designprocessen, som det med andre materialer eller forarbejdningsmetoder kan være svært at nå. Fx kan der i forløbet ”Har du set lyset?” konstrueres kasser på baggrund af eksisterende digitale modeller, som laserskæres i træ eller pap, og eleverne har hurtigt en basislampe, som de kan designe videre på, og er på kort tid i gang med delprocesserne *få ideer* eller *forbedre*.

På den måde kan makerspaces kvalificere engineering designprocesser, og engineering-forløb kan skabe rammer for arbejdet med makerteknologier og teknologiforståelse.



Hvilke makerteknologier kan bruges i engineering?

Som beskrevet tidligere vil det være hensigtsmæssigt, at eleverne ikke kun har adgang til digitale makerteknologier, når de arbejder med engineering. Klassiske værktøjer som sav, hammer, hobbyknive, sakse, symaskiner og lignende vil være nødvendige sammen med adgang til tape, lim, søm, skruer og andre materialer til at lave samlinger. De kan være vigtige til iterationer i løbet af engineering designprocessen og kan være med til at øge autenticiteten i elevernes arbejde.

I engineering-forløb er det prototypeudviklingen, der er det centrale. Makerspaces bruges derfor bedst, når fokus ikke er på produktionsteknologien, men på, hvilke materialer og teknologier der giver den bedste løsning på problemet.

Herunder er der eksempler på, hvordan de mest almindelige makerteknologier kan benyttes i engineering designprocesser.

1. **Laserskærere:** Præcisionsværktøj til at fremstille dele, der kræver nøjagtige udskæringer. Ideelt til komplekse konstruktioner som modeller af fysiske artefakter.
2. **Folieskærere:** Et alsidigt værktøj til at skære vinyl, papir og tynde materialer. Disse materialer kan bruges til at tilføje dekorative eller funktionelle elementer til prototyper, såsom grafik eller detaljerede konstruktioner.
3. **3D-printere:** Ideelle til at fremstille komplekse komponenter eller små dele, der kræver høj præcision i design. Eksempelvis kan elever printe komponenter til mekaniske systemer.
4. **Mikrocontrollere:** Teknologier som Micro:bit, Hummingbird, littleBits og Arduino kan bruges til at tilføje interaktivitet til prototyper, fx programmering af sensorer i en bæredygtig vandingsløsning.
5. **Robotteknologi:** Programmerbare robotter som LEGO SPIKE kan eksempelvis introducere elever til industriel teknologi og til robotter i samfundet generelt. Kan bruges i mange sammenhænge til at skabe digitale artefakter.
6. **Makedo:** Et simpelt værktøjssæt med særlige skruer, der gør det muligt at bygge og eksperimentere med pap. Det er særligt velegnet til hurtige prototyper og designprojekter, hvor genbrugsmaterialer indgår, og det understøtter kreative, bæredygtige løsninger.
7. **”Klassisk” værktøj:** Teknologier som tape, skruer, håndsav, sakse, hobbyknive og boremaskiner kan i mange situationer være tilstrækkelige til, at eleverne kan konstruere og lave iterationer i løbet af deres engineering designproces.

Makerspaces og engineering-didaktik udgør tilsammen en stærk ramme for praksisfaglig undervisning. Gennem skabende processer, teknologisk udforskning og materialeforståelse får eleverne mulighed for at lære med hænderne, tænke kreativt og arbejde problemløsende – alt sammen i et autentisk og meningsfuldt læringsmiljø.

