



## Kapitel 11. Engineering og teknologiforståelse

I dette kapitel beskrives, hvordan engineering og digital teknologiforståelse kan se ud i et praksisfagligt perspektiv, og hvordan engineering kan bidrage til at styrke elevernes teknologiske handleevne, digitale myndiggørelse og computationelle tankegange i en engineering designproces. Afslutningsvis beskrives, hvordan generativ AI kan anvendes på forskellige måder til understøtte elevernes designproces.

**Engineer** the future

## 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](http://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.

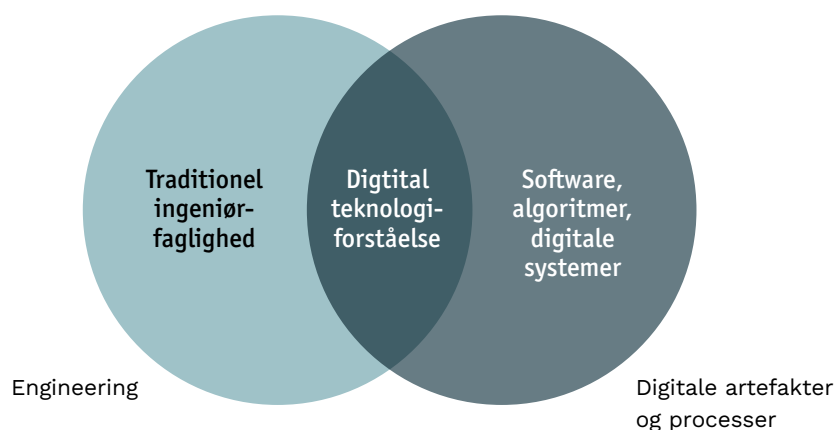
# Engineering og teknologiforståelse

Digitale teknologier spiller en central rolle for den måde, mange teknologiske produkter og systemer fungerer på. Flere nye teknologier som fx computere, internettet og smartphones er resultater af en digital udvikling. Andre ældre, analoge teknologier har udviklet og fornyet sig gennem indarbejdelse af digitale elementer, ofte til styring eller overvågning. Eksemplerne er utallige og rækker fra biler over lagerstyring til vaskemaskiner.

Samtidig spiller computere til dataopsamling, beregning, modellering og simulering en stadig større rolle i virksomheders arbejde med at udvikle nye teknologiske produkter og systemer. Alt i alt har digitale teknologier på godt og ondt fået en stadig større betydning i vores hverdag, for samfundet og ikke mindst måden, vi mennesker er sammen på.

Det er derfor vigtigt, at eleverne i grundskolens fag beskæftiger sig med digitale teknologier gennem autentiske problemstillinger inden for fx kommunikation, produktion, finans, handel, nyhedsformidling, underholdning – rækken er lang.

Digitale artefakter og processer er domæner inden for den teknologiske sfære, ligesom engineering er. Derfor er det også relevant at se på forholdet mellem engineering og den forholdsvis nye faglighed beskrevet i forsøgsfaget digital teknologiforståelse fra 2018.



Engineering som didaktik i grundskolens fag beskæftiger sig med at gøre eleverne teknologisk dannede gennem designprocesser med tilhørende refleksioner over, hvordan teknologi skabes og får betydning for den måde, vi lever på. I den proces designer eleverne teknologiske løsninger på autentiske problemstillinger ved at inddrage viden og metoder fra fagene undervejs.

Det er derfor oplagt, at engineering-undervisningen i grundskolen også rækker ud mod digital teknologiforståelse, ved at eleverne arbejder med digitale redskaber og digitale løsninger, uden at begrænse udvalget af teknologi til det rent digitale. At fokusere på lidt ældre teknologier, der fx har indarbejdet mikroprocessorer, sensorer eller computere som redskaber til styring, dataopsamling eller kommunikation, er også relevant for en forståelse af nutidig teknologi og dens rolle i samfundet. Eksempler på teknologier, der er en kombination af det digitale og ældre teknologier, er fx computerstyret trafikregulering, elcykler, der kan vise vej til den nærmeste oplader, eller lamper med digital styring af lys.

Pointen er her, at det er centralt i arbejdet med engineering at fastholde et bredt teknologibegreb, som rummer både analoge og digitale teknologier samt deres fællesmængde.

Dette kapitel omhandler, hvordan digital teknologiforståelse som tværgående faglighed kan bidrage til og udvide engineering som praksisfaglig didaktik i grundskolens STEM-fag samt håndværk og design.

## Engineering og digital teknologiforståelse i et praksisfagligt perspektiv

De digitale muligheder i engineering-forløb skal vurderes i lyset af, at fagligheden digital teknologiforståelse nu skal ind i grundskolens fag. Dels som et selvstændigt valgfag i 7.-8. klasse (fra 2027/28), dels som en integreret del af fagene dansk, matematik og natur/teknologi i 4.-6. klasse.

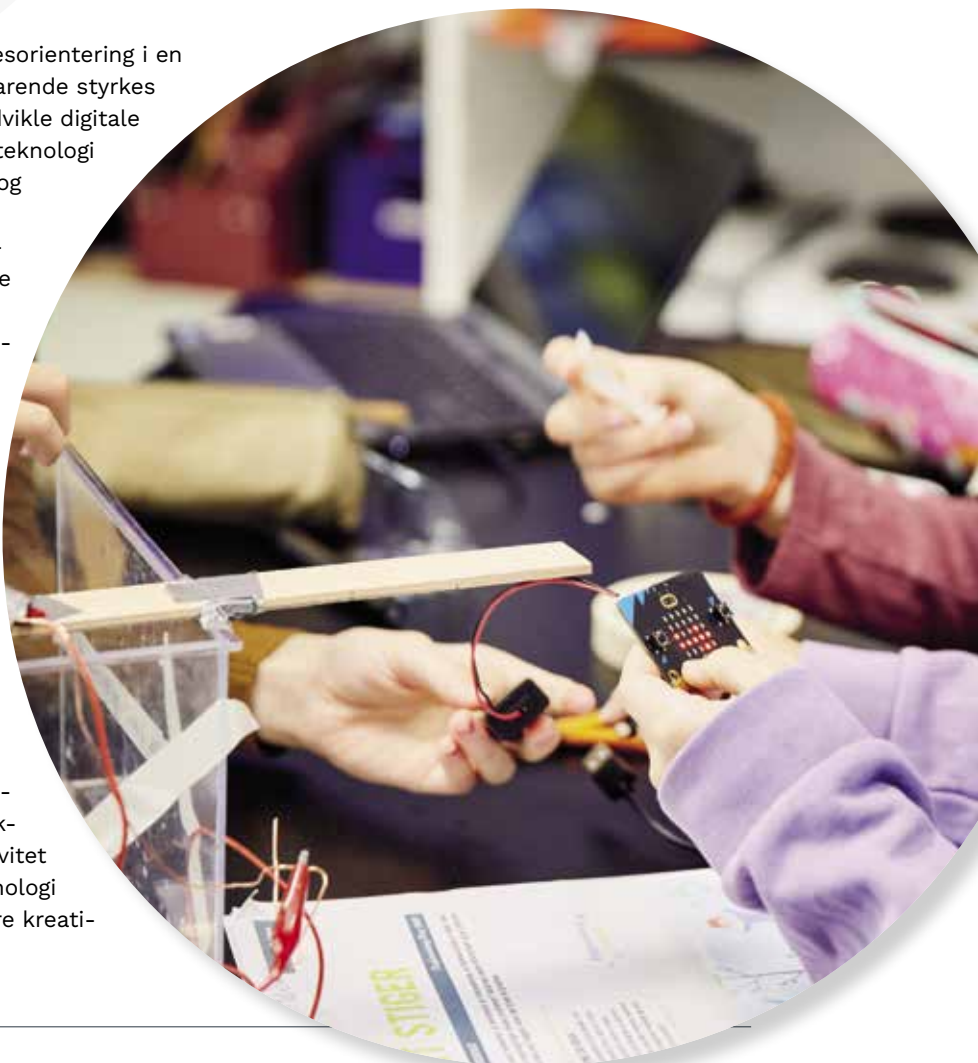
Da de nye fagplaner til valgfaget og de tre nævnte fag bliver udviklet sideløbende med udarbejdelse af denne version af engineering-didaktikken, har det ikke været muligt at indarbejde en nyere forståelse af fagligheden end den fra 2018.

I formålsbeskrivelsen for forsøgsfaget digital teknologiforståelse fra 2018 kobles elevernes viden om en given teknologi med skabelsesprocesser, refleksioner og handlinger. Der er altså ingen modsætning mellem teori og praksis. Fagligheden bygger på, at der etableres en tydelig sammenhæng. Som det er beskrevet i andre kapitler, gælder det samme generelt for engineering, hvor skabende og kreative processer både forudsætter viden og bidrager med viden med henblik på at udvikle løsninger. Så der er bred overensstemmelse mellem de to områders opfattelser af, hvordan man arbejder med teknologi i undervisning.

I nyere litteratur (Dafolo, 2023) er digital teknologiforståelse blevet beskrevet som en praksisfaglig tilgang til undervisning, hvor der skelnes mellem tre forskellige typer praktisk arbejde: *kropsligt*, *kreativt* og *praksisnært*. Også her ser integrationen med engineering som praksisfaglig didaktik ud til at være meningsfuld, da det matcher med flere af de fire praksisfaglige dimensioner, som er beskrevet i kapitel 7. En kropslig og aktiv tilgang fx i en engineering designproces kan understøttes, ved at elever arbejder konkret med digitale artefakter. I en engineering-sammenhæng kan det være ved undersøgelser, fx hvor Micro:bits og sensorer anvendes til opsamling af data, som er relevante for en designløsning, eller ved konstruktion af digitale artefakter, fx hvor Micro:bits bliver kodet og integreret i en samlet løsning, i et fysisk eksisterende produkt.

Elevernes *kreativitet* og anvendelsesorientering i en engineering designproces kan tilsvarende styrkes ved at give dem mulighed for at udvikle digitale artefakter. Udvidelsen med digital teknologi bidrager med øgede frihedsgrader og større mulighedsrum for løsningen på engineering-udfordringer. Fremstillingen af prototyper med digitale teknologier gør desuden designprocessen mere praksisnær, da eleverne oplever, at de i højere grad kan designe relevante løsninger på autentiske problemstillinger.

I en engineering-designproces bliver elevernes *kreativitet* løbende udfordret, fordi de ofte skal finde på nye og (for dem) ukendte løsninger, så de kan komme videre med deres proces. Eleverne vil ofte opleve, at kreativitet er nyttigt, når man har til opgave at løse et konkret problem. God engineering-undervisning presser eleverne til at tænke "ud af boksen" og dermed bruge deres kreativitet målrettet. Også her kan digital teknologi og processer bidrage til at stimulere kreativitet i engineering.



## Engineering og digital teknologiforståelse

Faget digital teknologiforståelse er først og fremmest begrundet gennem fire overordnede kompetencer (se tekstboksen).

Hensigten er her at skitsere, hvordan engineering kan bidrage til opfyldelse af nogle af intentionerne i digital teknologiforståelse som selvstændigt fag. Altså, hvordan engineering kan styrke digital teknologiforståelse. Under hvert kompetenceområde ser vi også på det faglige samspil i den modsatte retning: Hvordan aktiviteter med digitale teknologier kan bidrage til at gøre engineering mere fagligt inkluderende og teknologisk autentisk. Altså, hvordan digital teknologiforståelse kan styrke engineering ind i naturfag, matematik og håndværk og design.

Kompetencer	
<b>Teknologisk handleevne</b>	Omhandler mestring af computer-systemener, digitale værktøjer og tilhørende sprog samt programmering.
<b>Computational tankegang</b>	Omhandler analyse, modellering og strukturering af data og dataprocesser.
<b>Digital design og designprocesser</b>	Omhandler tilrettelæggelse og gennemførelse af en iterativ designproces under hensyntagen til en fremtidig brugskontekst.
<b>Digital myndiggørelse</b>	Omhandler kritisk, reflektiv og konstruktiv undersøgelse og forståelse af digitale artefaktens muligheder og konsekvenser.

Helt overordnet kan digitale teknologier indgå i et engineering-forløb på to måder. For det første kan den engineering-udfordring, eleverne arbejder med, kalde på, at digital teknologi indgår. Fx i form af en mikroprocessor til styring, en app eller digital simulering. I sådanne undervisningssituationer kommer engineering designprocessen tæt på intentionerne med området ”Digitalt design og designprocesser”, som det er beskrevet i digital teknologiforståelse. For det andet kan en digital teknologi indgå som et redskab, som eleverne gør brug af undervejs i processen. Det kan være et instrument til dataopsamling eller en model, som bruges i forbindelse med delprocessen *undersøge*, eller det kan være digitale redskaber, der bruges i delprocessen *konstruere*, fx 3D-printere eller lasercuttere. Her er der flere faglige sammenfald mellem engineering og områderne computational tænkning og/eller teknologisk handleevne.

I det følgende er der for hvert af de fire kompetenceområder beskrevet eksempler på, hvordan de kan udfoldes i en engineering-kontekst. Beskrivelsen af eksemplerne er ikke udtømmende.

### Teknologisk handleevne

Kompetenceområdet handler om, at eleverne skal opnå erfaringer med at bruge konkrete digitale teknologier og med at løse de problemer, der opstår, når man fx bruger en app på en computer eller en telefon. I læseplanen for teknologiforståelse udtrykkes det således:

*Gennem arbejdet med dette kompetenceområde vil eleverne blive rustet til at benytte mange forskellige digitale teknologier, at have strategier til og erfaring med eksempelvis at fejlfinde og løse problemer ift. disse og at kunne træffe den rigtige beslutning ift. valg af værktøj. (S. 13).*

I forbindelse med engineering kan eleverne udvikle deres teknologiske handleevne ved at arbejde med udfordringer, hvor det fra starten er oplagt, at der indgår digitale elementer som en del af deres teknologiske løsning. Fx som styring gennem programmering af Micro:bit eller Arduino, der indgår i det endelige produkt.

Udfordringen kan lægge op til, at eleverne skal indsamle data, som opsamles digitalt, enten i forbindelse med *undersøge*, for at forstå og analysere udfordringen eller senere i designprocessen at få et vidensgrundlag for udformningen af prototypen. Det er også en mulighed at eleverne indsamler data i forbindelse med afprøvning og forbedring af en prototype, fx en vandraket. Der kan også være tale om

løsninger, hvor der ikke kun bruges digital teknologi i forbindelse med dataopsamlingen, men også i analyse og *præsentation* af de indsamlede data, fx gennem brug af Excel. En udfordring kan også lægges op til at konstruere prototyper og dermed løsninger, som er rent digitale, fx i form af en app eller en computermodel, der løser udfordringen ved at vise en simulering.

Maker-teknologi kan også bruges til at træne elevernes digitale færdigheder i forbindelse med fremstilling af prototyper osv. Det kan fx ske i forbindelse med inddragelse af håndværk og design. Der er således en række forskellige faglige kombinationer, der kan komme i spil, så eleverne i forbindelse med engineering kan anvende og udvikle deres (digitale) teknologiske handleevne i en praksisfaglig kontekst.

### Computational tankegang

Flere undersøgelser viser, at computational tankegang er det kompetenceområde, som lærerne finder mest udfordrende at arbejde med, blandt andet fordi mange beskrivelser af computational tankegang er så abstrakte, at det kan være vanskeligt at se, hvordan området kan omsættes til undervisning. I læseplanen for forsøgsfaget teknologiforståelse står: *Computational tankegang omhandler analyse, modellering og strukturering af data og dataprocesser.* (S. 12).

I forbindelse med engineering kan det i en opstartsperiode være en mulighed at forenkle forståelsen ved at begrænse sig til disse to områder: 1. modellering/simulering og 2. dataindsamling, dataanalyse og datapræsentation. Både arbejde med modellering og arbejde med data ligger i et fællesområde for kompetencerne computational tankegang og digital handleevne. De to områder er ret konkrete og derfor – sandsynligvis – nemmest at arbejde med, og mange lærere har allerede erfaring med de to områder i andre sammenhænge.

### EKSEMPEL

#### ”HVOR LÆNGE KAN FØDEVARER HOLDE SIG?”

I engineering-forløbet ”Hvor længe kan fødevarer holde sig?” bruger eleverne en simpel digital model for bakterievækst på madvarer for at få mere viden om, hvad det er, der gør, at fødevarer bliver dårligere. I princippet kunne eleverne have opnået den samme viden ved at lave eksperimenter med madvarer i petriskåle. Men den type forsøg tager lang tid. Så for at spare tid og eksperimentere grundigt med forandring af temperatur og lysforhold brugte eleverne en model, der simulerede bakterievækst. Modellen fik de af deres lærer, men i et mere ambitiøst projekt kunne eleverne selv have bedt et AI-program om at skrive modellen til dem.

Man kan også forestille sig engineering-udfordringer, hvis løsninger kræver, at eleverne indsamler og behandler store mængder af data. Så store, at det ikke vil være muligt at behandle dem manuelt eller ”håndholdt” fx i Excel. Eleverne vil så være nødt til at bruge kompetencer inden for computational tankegang i forbindelse med både *konkretisere* og *præsentere*.

Inden eleverne når til at kunne analysere, modellere og strukturere data og dataprocesser, kan det være nødvendigt, at eleverne først får en forståelse for de grundlæggende principper bag automatisering og programmering. Det kan fx gøres, ved at eleverne skal modellere virkeligheden ved hjælp af algoritmer fx i delprocessen undersøge. Her vil deres prototyper være de koder, der skal styre en proces. Et eksempel kan være fra forløbet ”Kom og sæt dig”, hvor eleverne kan designe mønstre til sideunderlag. Her kan der arbejdes med digital teknologiforståelse, ved at eleverne udarbejder skriftlige vejledninger til syning af mønstre eller udskæring på dekupørsav. Koden kan fx bygges op af forskellige kodeblokke, såsom ”sy X sting fremad”, ”drej Y grader med uret” og ”gentag Z gange”. På den måde eksemplificeres den digitale kode i noget konkret, og eleverne får erfaringer med kodens opbygning og funktion, samt hvordan den kan optimeres med loops, og samtidig får de erfaringer med matematiske principper i mønsterdannelse og design.

### Digitalt design og designprocesser

Hjertet i engineering-undervisning er designprocessen, der er en elevcentreret proces, hvor eleverne vidensbaseret skal løse et eller flere problemer. Løsningen er konkret på to måder. Dels skal forløbet ende med en fungerende prototype, dels designes prototypen med en eller flere specifikke brugere for øje.

For læreren er designprocessen et didaktisk redskab til at introducere, styre og opdele en praksisrettet proces, hvor eleverne arbejder med åbne spørgsmål, og hvor der er rum for eleverne til at arbejde med stor selvbestemmelse. En del af processen er *forbedre*, hvor eleverne forholder sig til kvaliteten af deres prototype og sandsynligvis forbedrer den gennem et eller flere iterative forløb, hvor de er nødt til at gå "tilbage" i designforløbet og gentage visse delprocesser for at forbedre deres prototype.

Design og designprocesser spiller også en stor rolle for identiteten og undervisningstilgangen i digital teknologiforståelse. I læseplanen står:

*Digital design og designprocesser omhandler tilrettelæggelse og gennemførelse af en iterativ designproces under hensyntagen til en fremtidig brugskontekst. (...) Gennem digital design og designprocesser sættes eleverne i stand til at rammesætte komplekse problemstillinger (s. 11).*

Dermed er der, i hvert fald på dette overordnede niveau, overensstemmelse mellem synet på design i digital teknologiforståelse og i engineering. Det er derfor oplagt, at bruge engineering som en del af et digital teknologiforståelses-projekt. Eller, hvis man foretrækker at tænke på en anden måde, at berige et engineering-forløb ved at tilføje den elementer fra digital teknologiforståelse. Dermed fremhæver både digital teknologiforståelse og engineering betydningen af design. I begge sammenhænge opleves det praktiske element i designprocessen positivt af eleverne.

I slutevalueringen af forsøget med teknologiforståelse i folkeskolen pointeres flere steder, at *"Undervisningen i teknologiforståelse er særligt motiverende og lærerig, når eleverne har mulighed for at være kreative inden for nogle fastsatte rammer, når pædagogisk personale inddrager perspektiver fra det omgivende samfund, når eleverne arbejder 'hands-on' med analoge materialer og digitale teknologier, og når problemstillingerne og emnerne er virkelighedsnære og relevante for eleverne"* (s. 4).

Det er didaktiske og læringsmæssige vigtige pointer. Det er også vigtigt at huske, at hverken elevens kreativitet, hands-on-perspektivet, samfundsperspektiverne eller det virkelighedsnære kun er knyttet til digital teknologiforståelse eller engineering, men i varierende grad kan indgå i enhver autentisk design- eller problembaseret undervisning – også i faget håndværk og design. Ift. engineering design-processen er det netop en gevinst, at den er didaktisk generaliserbar til flere fag og fagligheder – hvilket også understøtter en mere funktionel tværfaglighed.

### Digital myndiggørelse

I digital teknologiforståelse er udmøntningen af digital myndiggørelse knyttet til elevernes holdninger og deres værdier. Det er en del af myndiggørelsen, at eleverne er kritiske og refleksive i deres forhold til teknologi. Viden og forståelse spiller også en central rolle. Eleverne skal lære at undersøge og forstå (digitale) artefakters "muligheder og konsekvenser".

Det harmonerer med det syn på teknologisk dannelse, der er formuleret i forbindelse med engineering-didaktikken, hvor eleverne skal lære at "forstå, forvalte og forholde sig til teknologi og teknologisk udvikling", herunder at forstå "teknologiens muligheder og konsekvenser". Eleverne skal bibringes forudsætninger for at "skabe og agere meningsfuldt" i forhold til teknologi og samfundsudvikling (s. 8).

Digital teknologiforståelse lægger også stor vægt på, at eleverne lærer at ændre konkrete teknologier. I læseplanen står: *Gennem digital myndiggørelse erhverver eleverne således en forståelse af og en evne til at forandre u hensigtsmæssige digitale artefakter ift. eget liv, fællesskab og samfund. (S. 10).*

I digital teknologiforståelse er det altså i høj grad evnen til at ændre eller skabe konkret teknologi (artefakter), der er kernen i at være myndig. Dermed er vi tilbage ved designprocessen, som for begge fagligheder spiller en afgørende rolle for elevernes evne til at vurdere kritisk, til at agere og til at forbedre. Digital teknologiforståelse lægger vægt på, at eleverne gennem designprocessen kan agere og dermed udøve myndighed, mens engineering primært ser processen som et redskab til problemanalyse og problemløsning, hvor den designede løsning skal være konkret, afprøvet og teknologisk. Dermed er der gode muligheder for en faglig synergi, der er berigende for begge initiativer.

## Generativ AI og engineering

De sidste 2-3 år har kunstig intelligens i form af primært generativ AI vundet indpas som en stadig mere anvendt teknologi både i samfund, erhvervsliv og i hverdagen. Som med meget anden ny teknologi åbner generativ AI for nye og anderledes muligheder til bl.a. problemløsning og kreative processer, herunder også engineering – men når nye teknologier skal integreres i undervisningen, kalder det på didaktisk refleksion. Det gælder naturligvis også i engineering-undervisningen.

En udfordring når elever arbejder i designprocesser i engineering-forløb, er den åbenhed, de skal navigere i. Åbenheden og de mange muligheder for at vælge til og fra er et markant skift fra en mere traditionel undervisning, hvor meget af indholdet kommer i mundrette bidder, som eleverne blot skal reagere på. Tidligere har man typisk stilladseret processen med envejsskommunikation i form af kopiark eller videoer, men med fremkomsten af AI i særdeles brugervenlige formater er det pludselig muligt for eleverne at have deres egen assistent, som er tilpasset den konkrete opgave.

Brugen af chatbotten kræver naturligvis, at eleverne kan prompte. Derudover kræver det en god portion kritisk sans, og man bør altid som lærer guide til, at eleverne efterprøver chatbottens svar, inden de tages med i en løsning eller en analyse. Det kræver også lidt træning at prompte en chatbot, så den mere får karakter af et ekstra gruppemedlem og ikke et produktionsapparat, der laver arbejdet for gruppen.



## Anvendelse af generativ AI i designprocessen

Generativ AI kan støtte elevernes arbejde i engineering designprocessen ved at gøre arbejdet mere effektivt, kreativt og informativt:

1. **Forstå udfordringen:** AI kan eksempelvis hjælpe med at finde og opsummere relevante kilder eller identificere lignende projekter for at give eleverne inspiration.
2. **Undersøge:** AI kan eksempelvis analysere data fra tests og eksperimenter, visualisere resultater eller simulere forskellige scenarier.
3. **Få ideer:** AI kan eksempelvis foreslå innovative løsninger baseret på tidligere erfaringer, kombinere forskellige elementer fra elevernes ideer eller stille spørgsmål som kræver refleksion og nye overvejelser.
4. **Konkretisere:** AI kan eksempelvis optimere designtegninger eller give forslag til materialer baseret på projektets krav.
5. **Konstruere:** AI kan eksempelvis hjælpe med programmering og fejlretning af kode eller overvåge prototypens funktionalitet.
6. **Forbedre:** AI kan eksempelvis analysere testdata, foreslå specifikke justeringer for at forbedre designet eller stille spørgsmål som kræver refleksion og nye overvejelser.
7. **Præsentere:** AI kan eksempelvis hjælpe med at strukturere præsentationer og visualisere løsninger på en overbevisende måde.

Generativ AI's alsidighed gør det muligt for eleverne at arbejde mere kreativt og effektivt med komplekse problemer, mens de lærer at anvende teknologien kritisk og ansvarligt. De skal selvfølgelig også lære at være kritiske over for AI'en, når de bruger den i deres proces.

Ved at integrere digital teknologiforståelse og AI i engineering-forløb kan eleverne arbejde mere effektivt og kreativt med komplekse problemer. AI bliver ikke blot en hjælp til tekniske opgaver, men også en partner i processen, der understøtter elevernes læring og styrker deres forståelse af, hvordan teknologi kan anvendes og tilpasses til at skabe løsninger.

