



## Kapitel 5. Lærerroller, elevstilladsering og evaluering

I dette kapitel udfoldes, hvordan lærerens traditionelle rolle ændres i engineering-kontekst. Det beskrives, hvad facilitator-rollen indebærer for læreren, og hvordan man som lærer gennem sin planlægning kan understøtte rollen ved at indtænke forskellige typer af stilladsering og evaluering af elevernes processuelle arbejde.

## 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.

# Lærerroller, elevstilladsering og evaluering

Engineering er en anden måde at tilrettelægge og gennemføre undervisning på end traditionelt. Fordi engineering er organiseret som problemorienteret projektarbejde ændres lærerens rolle til at være mere faciliterende, så den understøtter elevernes arbejde gennem den iterative designproces.

Læreren knyttet til projektorienterede arbejdsformer karakteriseres ofte som *facilitatoren*, der hjælper elevgrupper med at definere og nå et fælles mål. Læreren faciliterer processen ved at præsentere en autentisk problemstilling, definere mål i samarbejde med eleverne, observere og støtte elevernes arbejde, sikre, at de inddrager relevant faglig viden, samt ved at guide eleverne gennem engineering designprocessen.

## LÆRERENS ROLLE SOM FACILITATOR OG GUIDE

- **Strukturerer og faciliterer:** læreren strukturerer forløbet, men lader eleverne arbejde selvstændigt. Læreren er en guide, der støtter eleverne i at nå deres mål.
- **Stiller autentiske udfordringer:** læreren præsenterer en autentisk problemstilling, som eleverne oplever som relevant og meningsfuld.
- **Faciliterer designprocessen:** læreren faciliterer de forskellige delprocesser i engineering designprocessen.
- **Fremmer samarbejde og kompetencer:** læreren skaber rammer for elevernes gruppearbejde og stilladserer samarbejdet.
- **Sikrer faglig integration:** læreren sørger for, at relevant viden fra naturfag, matematik, håndværk og design og eventuelt andre fag integreres bevidst i løsningen af problemet, så fagene understøtter den kreative proces.
- **Tilpasser forløb:** læreren tilpasser et givent forløb til klassen og de forskellige gruppers behov.

Gennem engineering designprocessen stilladserer læreren elevgruppernes arbejde med forskellige strategier. God og velovervejet stilladsering bidrager til at styrke elevernes udbytte. Når et engineering-forløb lykkes, kan eleverne opleve, at engineering skaber en relevant og varieret undervisning, som hjælper dem til at forstå fagenes faglighed i en for eleverne autentisk og meningsfuld kontekst.

## Engineering og stilladsering

I engineering-aktiviteter arbejder eleverne i grupper, og stilladseringen skal understøtte elevgruppernes arbejde i nærmeste udviklingszone.

### STILLADSERING

Stilladsering er den handling eller undervisningsaktivitet, der gør eleven i stand til at nå et mål, løse et problem eller færdiggøre en opgave, som eleven ikke ville have været i stand til at gøre uden støtte fra andre personer eller værktøjer.

Det er relevant at overveje, hvad formålet er med stilladseringen, herunder hvordan den bidrager til elevernes proces og læring. Skal stilladseringen:

- fange elevernes interesse?
- reducere frihedsgrader i forskellige delprocesser?
- fastholde fokus på læringsmålene?
- fremhæve kritiske elementer ved arbejdsprocessen?
- støtte eleverne gennem frustrerende faser?
- vise handlemuligheder, når udfordringer opstår?

Alt efter formål kan stilladsering kategoriseres i to overordnede stilladseringstyper:

**Fag- og processtilladsering:** lærerens planlagte faglige og processuelle aktiviteter, der understøtter elevernes arbejde gennem forløbet.

**Metastilladsering:** lærerens planlagte og gentagne evaluerende aktiviteter, der hjælper eleverne til at reflektere over egen læring og til i samarbejde at fastholde centrale læringer i forløbet.

Fag- og processtilladsering	Metastilladsering af elevernes refleksion
Eleverne lærer nye færdigheder	Til- og fravalg af delprocesser
Skabelon til undersøgelse/feedback	At give/modtage feedback
Oplæg fra ressourcepersoner, fx virksomhedsejere, brugere eller interesseorganisationer	Rammesætning af ny prototype og eventuelle designprincipper
Teknologibegreber og -historie	Refleksion over proces samt valg og vurderinger foretaget i processen
Videofilm og andre typer af læremidler	Refleksion over slutprodukt med fx afsæt i logbog/makerjournal

**Tabel 5.1:** Eksempler på stilladsering efter formål.

## Fag- og processtilladsering

Fag- og processtilladsering fokuserer på formidling af skabeloner og processer til undersøgelser, idegenerering og konstruktion, præsentation af værktøjer og materialer fx gennem tutorials eller i form af faglige oplæg fra læreren eller eksterne videnpersoner. På engineeringiskolen.dk findes en lang række elevark og metodekort til stilladsering af elevernes arbejde i syv delprocesser. Derudover findes der forløbsspecifikke elevark, der kan stilladsere dele af elevernes arbejde i det konkrete forløb.

I eksemplerne på næste side stilladsres eleverne både fagligt og processuelt. De støttes fx i at koble viden om solcelleteknologi med deres egen undersøgelse af solcellers effektivitet (udtrykt som spændingsforskel) ved forskellige forhold. Eleverne arbejder med faglig viden om solceller, og derudover får de styrket deres undersøgelseskompetence med fokus på variabelkontrol og systematik. Senere bruger de denne viden i design af deres soldrevne køretøj.





Denne form for processtilladsering indebærer nogle særdeles nyttige overvejelser, som læreren kan gøre sig i planlægningen af engineering-aktiviteter. Når eleverne skal arbejde med engineering-aktiviteter, bør man overveje, hvordan man vil strukturere stilladseringen, så eleverne oplever passende frihedsgrader til at blive udfordret i nærmeste udviklingszone.

## Metastilladsering

Metastilladsering er lærerens stilladsering af elevernes gentagne refleksioner over egen læring i forløbet. Metastilladsering understøtter elevernes refleksioner over processer og læringer undervejs i engineering-designprocessen, så de stimuleres til at nå højere op ad den taksonomiske stige i deres læring. Læreren skal bruge sin faglige og didaktiske viden til at få eleverne til at fokusere på særlige læringspotentialer for det specifikke engineering-forløb. Metastilladsering skal derfor assistere og rammesætte aktiviteter, hvor elever lærer at give, modtage og anvende feedback undervejs i deres designproces.

Denne type stilladserende elevaktiviteter egner sig derfor særlig godt til at sikre et løbende fokus på elevens læring ift. opstillede undervisningsmål. Engineering-posteren (figur 5.2) er et eksempel på, hvordan eleverne gennem metastilladsering kan hjælpes til systematisk at samle centrale læringer op og sætte dem i relation til udfordring og løsning i den samlede engineering designproces. Sidstnævnte kan ikke overvurderes, da det bidrager til elevernes overblik og forståelse af sammenhænge gennem hele forløbet. Som en del af planlægningen af et engineering-forløb er det lærerens opgave, med udgangspunkt i forløbets undervisningsmål, at udvælge, hvilke læringspotentialer metastilladseringen skal fokusere på. Det bør ikke være for mange, og alle skal være centrale for elevernes løsning af designudfordringen.

The image shows a form titled "Engineering-poster" with the logo "Arbejdsark". It contains several sections for student reflection and documentation:

- Hvad vil I lade jeres læring/produkt?** (What do you want your learning/product to be?)
- Krav** (Requirements): "Skriv de krav der er i udfordringen og dem I selv stiller" (Write the requirements in the challenge and the ones you set yourself).
- Naturfaglig viden** (Natural science knowledge): "Hvilken viden har I brugt?" (Which knowledge have you used?)
- Udvikling af prototype** (Development of prototype): "Lav en billedserie, hvordan I har fremstillet jeres læring/løsning" (Make a picture series of how you developed your learning/solution).
- Fra prototype til endeligt produkt** (From prototype to final product): "Beskriv med et billede de forbedringer I forbereder jer" (Describe with a picture the improvements you are preparing).
- Perspektivering** (Reflection): "Beskriv jeres viden for jeres læring/forløb. Det kan være samfundsmæssig, miljømæssig eller menneskelige påvirkninger og samarbejdet." (Describe your knowledge for your learning/challenge. It can be social, environmental or human impacts and collaboration).

The form also features the logo "Engineer the future" in the bottom right corner.

Figur 5.2: Engineering-poster.

### EKSEMPEL

#### METASTILLADSERING MED ENGINEERING-POSTER

Et eksempel på metastilladsering kan være, at eleverne bliver præsenteret for arbejdsarket "Engineering-poster" (figur 5.2) i begyndelsen af et engineering-forløb. Engineering-posteren kan fx hænges op eller lægges frem på bordet. Gruppen noterer eller tegner på posteren undervejs i forløbet fx i forlængelse af aktiviteter, hvor eleverne er blevet fag- eller processtilladseret af andre elever.

Feltet "Naturfaglig viden" kan eleverne udfylde efter at have gennemført en række undersøgelser. Eksemplet fra tidligere, hvor eleverne undersøgte effektiviteten af solceller under forskellige forhold, har givet dem viden, som de skal reflektere sammen om i gruppen ift. relevans for deres løsning og derefter skriver på posteren.

Tilsvarende kan processtilladseringen "Læg en plan" understøtte eleverne i at udfylde feltet "Udvikling af prototype", hvor de skal tegne en billedserie af deres prototypeudvikling.

En veltilrettelagt metastilladsering, hvor eleverne gentagne gange har reflekteret over egen læring, og hvordan den kan anvendes ift. løsning af deres engineering-udfordring, kan også løfte kvaliteten af den løbende formative evaluering.

Ligeledes vil en systematisk og ensartet brug af metastilladsering på tværs af elever eller elevgrupper sikre, at alle i løbet af processen har reflekteret over de samme centrale pointer. Det forhold danner også basis for, at alle elever ud fra eget niveau vil kunne enten modtage og give feedback, der binder i eller kan sættes i spil ift. egne refleksioner. Det kan øge både kvaliteten og udbyttet af feedback, hvad enten det kommer fra andre elever eller læreren.

Samtidig vil fastholdelsen af elevernes erkendelser og refleksioner undervejs også understøtte og hjælpe eleverne til fagligt og velargumenteret at præsentere deres prototype til sidst i forløbet.

## Elevers frihedsgrader

Engineering-designprocessen indeholder mange muligheder for at lade eleverne træffe selvstændige valg undervejs. Første gang elever arbejder med et engineering-forløb, er de næppe i stand til at håndtere store frihedsgrader i engineering designprocessen, da de risikerer at blive sat uden for nærmeste udviklingszone. Det er derfor en fordel, at man som lærer stilladser grupperne ved på forhånd at træffe de valg, der støtter den enkelte gruppe til at blive i nærmeste udviklingszone.

Skemaet over frihedsgrader i tabel 5.3 angiver muligheder for at differentiere elevernes arbejde i et engineering-forløb. Dette skema kan bruges til at planlægge stilladseringen. Skemaet kan også bruges til at planlægge en progression ift. elevgruppernes frihedsgrader, hvis man planlægger flere engineering-forløb hen over skoleåret.

### Hvor meget og hvor lidt styring?

Det er en balance, hvor meget man som lærer skal styre elevernes frihedsgrader. Det afhænger blandt andet af klassetrin og klassens modenhed. Man skal huske, at endemålet efter 9. klasse er, at eleverne kan gennemføre komplekse forløb med så lidt stilladsering som muligt.

På den ene side kan for meget støtte fra læreren medføre, at grupperne mister den motivation, der ligger i at have initiativet. På den anden side kan for lidt styring også virke demotiverende, hvis eleverne mister overblik over retning i designprocessen, så de frustrerede ender i en situation, de ikke kan overskue.

Elevernes nærmeste udviklingszone er en dynamisk størrelse, så man må overveje en progression for elevernes frihedsgrader, når man laver flere engineering-forløb i den samme klasse.

Første gang en klasse gennemfører et engineering-forløb. Kan det opleves som om, at projektarbejdsformen hverken gavner de mindre selvtillidsfulde eller de meget ressourcerstærke elever. Men faktum er, at den overvejende del af en klasse generelt vil opnå et højere fagligt såvel som processuelt udbytte af engineering-aktiviteter med store frihedsgrader. Det skyldes, at eleverne gradvis udvikler deres kompetencer til at forstå, planlægge, overskue og gennemføre processer.



### Divergente og konvergente tankeprocesser

I tæt sammenhæng med elevernes frihedsgrader er det også centralt at se på, om der under designprocessen er mulighed for divergente og konvergente tankeprocesser. Begge tankeprocesser er vigtige på forskellige tidspunkter i engineering-undervisning for at nå i mål med at lave en prototype, der kan løse udfordringen. Som lærer bør man grundigt overveje, hvilken frihedsgrad der kan være med til at stilladsere elevernes divergente og konvergente tænkning på de rigtige tidspunkter i et engineering-forløb.

Divergente tankeprocesser forbindes ofte med en stærk form for kreativitet. Her handler det om at få så mange ideer som muligt til at løse engineering-udfordringen inden for de opstillede rammer. I engineering designprocessen knytter divergente tankeprocesser sig særligt til delprocesserne *forstå udfordringen, få ideer, konstruere og forbedre*.

Konvergente tankeprocesser knytter sig ofte til at sortere og udvælge, hvilke gode ideer og løsningsforslag elevgrupperne vil arbejde videre med. Det er i disse tankeprocesser, elever skal overveje, hvordan udfordringen løses bedst muligt. Her kan eleverne blive udfordret indbyrdes, hvis der er flere løsningsforslag i spil i en gruppe. Der vil måske være behov for, at gruppens medlemmer må gå på kompromis for overhovedet at komme frem til et realistisk bud på en løsning og en plan for, hvordan man vil konstruere og forbedre prototypen. Dette vil i høj grad træne elevernes samarbejdsevner. I engineering designprocessen knytter konvergente tankeprocesser sig særligt til delprocesserne *forstå udfordringen, konkretisere, konstruere, forbedre og præsentere*.

	<b>Struktureret forløb</b> Meget få valg og frihedsgrader for grupperne	<b>Guidet forløb</b> Nogle valg og frihedsgrader for grupperne	<b>Åbent forløb</b> Mange valg og frihedsgrader for grupperne
<b>Forstå udfordringen</b>	Grupperne arbejder ud fra 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.
<b>Undersøge</b>	Grupperne arbejder ud fra afgrænsede beskrivelser af, hvilke undersøgelser de skal lave.	Grupperne vælger mellem forslag fra læreren til, hvilke undersøgelser de vil gennemføre.	Grupperne vælger selv, hvilke undersøgelser de vil gennemføre.
<b>Få ideer</b>	Læreren styrer gruppernes diskussion med metodekort eller lignende.	Grupperne vælger mellem forslag til styring af deres diskussion.	Grupperne organiserer selv deres diskussion om deres forskellige ideer.
<b>Konkretisere</b>	Grupperne arbejder efter præcise instruktioner.	Grupperne vælger mellem forskellige forslag fra læreren til, hvordan de vil konkretisere en løsning.	Grupperne vælger selv, hvordan de vil konkretisere en løsning.
<b>Konstruere</b>	Læreren fastlægger materialer, værktøjer og konstruktionsproces sammen med grupperne.	Læreren giver grupperne materialer og værktøjer at vælge imellem, og læreren vejleder i forhold til konstruktionsprocessen.	Grupperne vælger selv materialer og værktøjer.
<b>Forbedre</b>	Læreren fastlægger afprøvnings- og testprocedure og hjælper grupperne med at vurdere, hvordan deres prototype kan forbedres.	Grupperne vælger mellem flere forslag til afprøvnings- og testprocedure og vurderer forbedring af deres prototype efter givne kriterier.	Grupperne vælger selv afprøvnings- og testprocedure og vurderer selv forbedringer af deres prototype.
<b>Præsentere</b>	Læreren hjælper grupperne med at præsentere deres løsning.	Grupperne følger en vejledning for, hvordan løsningen skal præsenteres.	Grupperne planlægger selv medie og format og præsenterer selvstændigt.

Tabel 5.3: Tre niveauer af frihedsgrader udfoldet på de syv delprocesser.

## Stilladsering og evaluering

Stilladseringsaktiviteter skal som udgangspunkt hjælpe alle eleverne med at arbejde i retning af undervisningsmålene for et engineering-forløb. En evaluering kan hjælpe med at afgøre, i hvilken grad eleverne opfylder disse mål.

Stilladseringen undervejs i forløbet skal give både lærer og eleverne selv indblik i elevernes tilegnelse af arbejdsformer og processer og deres anvendelse af naturfaglig, håndværksmæssig og teknologisk viden og færdigheder. Desuden skal stilladseringen understøtte elevrefleksioner over egen læring. Læreren kan bruge dette indblik i sin løbende dialog med eleverne til at understøtte deres videre arbejde med udfordringen og til at fastholde særlige læringspotentialer. Denne type stilladsering kaldes også for formativ evaluering og giver læreren indsigt i behovet for løbende at justere elevernes arbejds- og læringsprocesser.

Metastilladsering vil ofte være særlig velegnet ved evaluering, især hvis stilladseringen gentages flere gange undervejs og fokuserer på nogle få udvalgte undervisningsmål. I engineering-forløbet hjælper metastilladsering eleverne til i samarbejde at beskrive og fastholde centrale læringer samt deres refleksioner over egen læring. Dette illustreres af eksemplet med brug af logbog til evaluering.

## EKSEMPEL

### LOGBOG TIL EVALUERING (METASTILLADSERING)

Natur/teknologi-lærerne i en 5.-klasse udviklede et engineering-forløb om biodiversitetskrisen og indskrænkning af insekters levesteder. Eleverne skulle lære om insekters naturlige levesteder i Danmark, og hvordan de er ved at forsvinde. Derefter skulle de med udgangspunkt i engineering-udfordringen "Byg levesteder for insekter" designe enten insekthoteller eller faunaområder.

Undervisningsmålene for forløbet var, at grupperne skulle planlægge og gennemføre deres undersøgelser med systematik, og at grupperne for hver delproces skulle fastholde centrale pointer, herunder begrunde relevansen ift. deres design af prototypen.

Flere gange undervejs stilladseres eleverne med de samme gentagne spørgsmål, som fokuserer på undersøgelsessystematik og på gruppens egne refleksioner ved hver delproces. Eleverne dokumenterede dette arbejde i en logbog på Padlet med både tekst, fotos og videoer. Læreren brugte logbøgerne til at give respons på elevernes læreproces og evaluere på undervisningsmålene.



Figur 5.4: Elevernes logbog på Padlet til engineering-forløbet "Byg levesteder for insekter".

## Evaluering

Formålet med evaluering er at vurdere, hvad eleverne har lært i forhold til undervisningsmålene for forløbet. Det betyder, at man skal beskrive sine forventninger til, hvad eleverne lærer af at arbejde med det konkrete engineering-forløb, og afslutningsvis beskrive og dokumentere, hvad eleverne nåede.

Det er ikke realistisk, at man i hvert engineering-forløb evaluerer alle forhold i forløbet. Derfor anbefales, at man som lærer udvælger nogle elementer, som man vil være særlig opmærksom på i et givent forløb.

De første gange man gennemfører et engineering-forløb, kan det typisk dreje sig om elevernes systematik i arbejdsprocesserne: Får de konstruktivt drøftet og forhandlet deres ideer? Får de iterativt forbedret deres prototype? Får de fastholdt refleksioner over deres læreproces i præsentationen af løsningen?

Fokus på tilegnelse af kompetencer, læring af begreber, håndværksmæssige færdigheder og/eller teknologisk indsigt vil hurtigt øges, efterhånden som lærer og elever finder sig til rette i engineering som arbejdsform.



