

**Engineer** the future

KØBENHAVNS  
PROFESSIONS  
HØJSKOLE **KP**

**Engineering**  
**i gymnasiet**

## **Nye erfaringer med Engineering i stx – tillæg til ”Engineering i stx – didaktik.ve1”**

Langhoff, Jesper Heidemann

*Publication date:*  
2022

*Data, der ligger til grund for denne publikation, er indsamlet i projektet Engineering i gymnasiet Region Hovedstaden. Projektet er finansieret af en bevilling fra Region Hovedstaden.*



**Region  
Hovedstaden**

## Indhold

1. Problembaseret læring i gymnasiet.....	2
2. Engineering i stx – didaktik (version 1).....	2
3. Nye erfaringer med Engineering i stx .....	5
3.1. EDPX-modellen .....	6
3.2. Formativ evaluering af ét eller flere engineeringforløb .....	10
4. Referencer .....	12

### Kolofon

*Nye erfaringer med Engineering i stx – tillæg til ”Engineering i stx – didaktik.ve1”* er en udløber af projektet Engineering i Gymnasiet (EiG) for Region Hovedstaden, som blev udviklet i samarbejde mellem Engineer the Future, Københavns Professionshøjskole, VIA University College og naturfaglige undervisere fra gymnasi-erne i Aurehøj, Herlev, Hvidovre og Virum (2020 – 2022).

Der er ikke tale om en ny engineering didaktik til gymnasiet, men som benævnt et *tillæg* til Lars Brian Kroghs ”Engineering i stx – didaktik.ve1” (2021), der blev udviklet på baggrund af et tilsvarende EiG-projekt for Region Midt (2019-2020). Tillægget opstiller en ny visuel model for engineering design processen til stx (EDPX) til brug for både elever og lærere. Desuden understreges nødvendigheden af, at lærerne understøtter elevernes engineeringaktiviteter med brug af stilladsering og en målstyret formativ evalueringspraksis for ét eller flere på hinanden følgende engineeringforløb. Det skal ske med blik for elevernes læring, kompetenceudvikling og meta-kognitive læringsstrategier.

## 1. Problembaseret læring i gymnasiet

Engineering er et eksempel på en problembaseret undervisningsform (PBU), hvor eleverne skal løse en udfordring ved at tilvejebringe et *produkt*. Til sammenligning er et andet eksempel på PBU Inquiry Based Science Education (IBSE), hvor eleverne skal besvare en problemstilling.

Indenfor naturfagsdidaktik er det alment anerkendt (Hodson, 1990/2008; Dolin & Evans, 2018; Langhoff, in review), at PBU positivt kan bidrage til elevens kompetenceudviklende dybdelæring. En sådan læring motiverer såkaldt *transfer* af viden og færdigheder, når de bliver brugt i situationen og i nye situationer uden for den aktuelle undervisning. Indenfor gymnasiepædagogikken finder man problembaseret læring i læringsrummet for gruppe- og projektarbejde, hvor læreren som konsulent understøtter elevernes arbejde (Hobel, 2006; Beck & Gottlieb, 2002).

PBU byder med andre ord på et læringsrum, der tilbyder effektive læringsstrategier. Erfaringerne fra pilotprojekterne med engineering i stx i hhv. Region Midt og Region Hovedstaden viser, at lærerne oplever, at eleverne er blevet bedre til selv at undersøge og håndtere naturvidenskabelige metoder. Det vidner om læringsrum, hvor viden- og færdighedstræning finder sted, og som potentielt vil kunne resultere i kompetenceudviklende dybdelæring. Graden heraf er imidlertid ikke blevet undersøgt, hverken i situationen eller på sigt, når eleven får erfaring med engineering gennem flere engineeringforløb. Erfaringerne fra pilotprojekterne viste også, at aktiviteter med engineering *øger* elevernes interesse for undervisningen i de naturvidenskabsfag, hvor det har været forsøgt. Det er imidlertid ikke undersøgt, hvilken effekt engineering har, hvis det i undervisningen bruges regelmæssigt. Uhindret, så peger det ud fra det eksisterende vidensgrundlag på, at engineering i stx kan motivere eleverne i de naturvidenskabelige fag og understøtter effektive læringsstrategier i det undersøgende læringsrum.

Til forskel viser forskningen, at lærerstyrede undervisningsformer med pensumstækning bidrager til *overfladelæring*, når viden *ikke* bliver anvendt aktivt sammen med færdighedstræning ifm. praktisk arbejde (Hodson, 1990/2008; Dolin & Evans, 2018). Eksempler på dette omfatter undervisningsformer, hvor elever skal eftervise eksisterende lovmæssigheder fx i forbindelse med kogebogsforsøg, hvor viden og færdigheder kun kommer i brug én eller få gange (Hodson, 1990/2008).

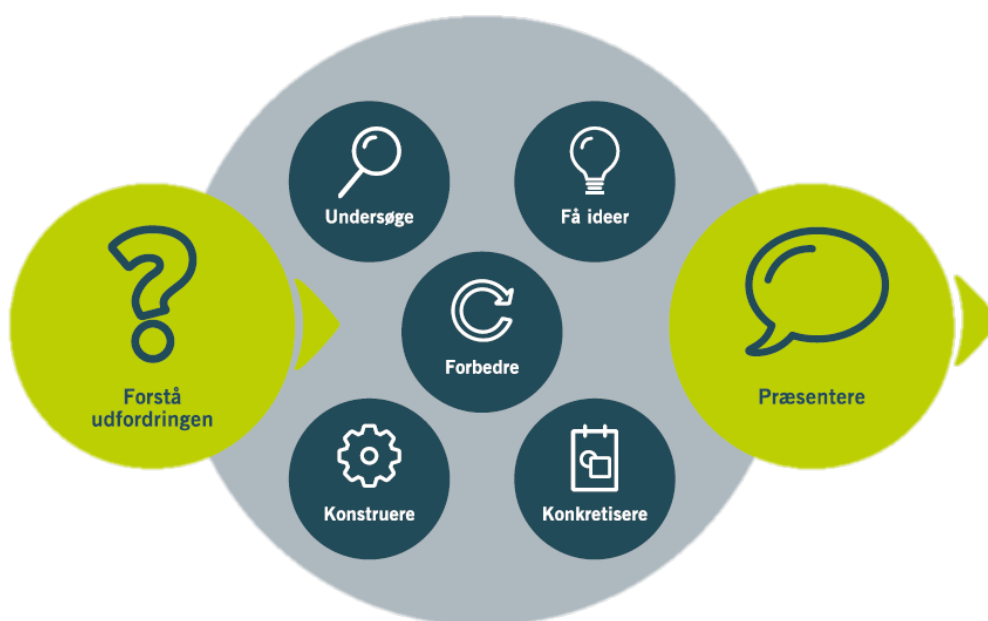
## 2. Engineering i stx – didaktik (version 1)

For en generel indføring til didaktikken til engineering i stx henvises der til Lars Brian Kroghs ”Engineering i stx – didaktik.ve1” (2021), der også findes i en kortere udgave på [engineerthefuture.dk](http://engineerthefuture.dk) (2021). Didaktikken begrundes dels behovet for engineering i stx, og beskriver, hvordan man som lærer kan gå til målstyrede forløb med engineering. Endvidere, hvordan stilladsning kan understøtte elevernes motivation, så de opnår naturfaglig læring. Kort tid efter Krogh’s didaktik udkom blev den fulgt op af ”Engineering i Gymnasiet – Vidensgrundlag” (Daugbjerg mfl., 2021), hvor

Krogh også bidrager, og som bl.a. sammenfatter erfaringer, behov og muligheder for efteruddannelse af gymnasielærere i engineering.

Krogh's didaktik bygger på national og international forskning om PBU, engineering, lærings- og motivationsteori, et vidensnotat om engineering i skolen (Sillasen mfl., 2018), erfaring man har gjort sig i Engineering i Skolen (EiS) og i Engineering i Gymnasiet i Region Midt (EiG-RM).

Fælles for didaktik for engineering i skolen og didaktik for engineering i gymnasiet er brugen af modellen for engineering design processen (EDP), der giver en fælles referenceramme til arbejdsprocessen med engineering for både lærere og elever (figur 2.1). Et engineeringforløb starter med en fortælling (et narrativ), der sætter scenen for en udfordring af naturfaglig, samfundsfaglig eller en helt tredje karakter. Udfordringen skal formuleres åbent, dvs. uden at have et facit, og undervisningen skal målstyres, så eleverne udvikler et produkt, som de afslutningsvis præsenterer. Undervejs arbejder de i forskellige faser benævnt: *Undersøge / Få ideer / Konkretisere / Konstruere / Forbedre*. Målet er, at en *prototype* udvikles, og iterativt forbedres, indtil den er "færdig", og benævnes som *produkt*.



Figur 2.1. **EDP-modellen:** model for Engineering Design Processen i skolen (version 2018 og version 2022) og i gymnasiet i version 1 af didaktikken for Engineering til stx (Krogh, 2021).

For overskuelighedens skyld gengives de enkelte faser fra EDP-modellen, som de er formuleret i didaktikken til stx i [engineerthefuture.dk](https://engineerthefuture.dk) (2021) (kort version) som i sin fortegnelse henviser til engineering i skolen<sup>1</sup> (anno 2018):

<sup>1</sup> Link: <https://engineerthefuture.dk/engineering-i-skolen/om-engineering-i-skolen/>

*" 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 [den] 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. "

(engineerthefuture.dk, 2021, s. 9-10)

Et helt engineeringforløb<sup>2</sup> starter således altid med en udfordring, og slutter med en præsentation, og man kan undervejs i engineering design processen *frit springe* mellem de enkelte faser i EDP-modellen indenfor den store grå cirkel.

Om end EDP-modellen i skolen (anno 2018) og gymnasiet (engineerthefuture.dk, 2021) er enslydende, så er der også en række forskelle på praksis for engineering i skolen og i gymnasiet. Den mest grundlæggende udspringer af forskellen mellem lovgrundlaget for naturfagene i skolen og de naturvidenskabelige fag i gymnasiet, dvs. uddannelseskædens læringsniveauer, der i praksis kommer til udtryk ved, at de fagfaglige aspekter og den faglig integration i gymnasiet ofte vægtes

---

<sup>2</sup> Det er også muligt at gennemføre korte engineeringforløb (mikroengineering), som anvender en forsimplet tilgang til EDP-modellen (se Krogh, 2021).

højere end i folkeskolen. Eksempler på forløb som lærere i hhv. skolen og gymnasiet har udviklet kan ses på hjemmesiden [engineerthefuture.dk](http://engineerthefuture.dk).

Om end det *ikke* er undersøgt, så vil engineering metoden måske kunne bidrage til at skabe naturfaglig sammenhæng på tværs og langs af uddannelseskæden, hvis elever både i skolen og i gymnasiet får erfaring med videns- og færdighedstræning indenfor engineeringforløb og brug af fx EDP-modellen og den nedenfor beskrevne EDPX-model. Netop manglende naturfaglig sammenhæng i uddannelseskæden er et blandt flere forhold som arbejdsgruppen bag "Sammenfatning af udfordringer til arbejdet med en national naturvidenskabsstrategi" (Bohm mfl., 2017) har identificeret, og som kompetenceundervisning i skolen og gymnasiet og videre i uddannelseskæden siden 2003 (og tidligere) har været opmærksom på (Andersen mfl., 2003; Busch mfl., 2003; Dolin mfl., 2003).

### 3. Nye erfaringer med Engineering i stx

Erfaringerne fra EiG-projektet i Region Midt (2019-2020) og Region Hovedstaden (2020-2022) er med mindre forskelle enslydende. Det understøtter en fortsat brug af Kroghs didaktik version 1 for engineering i stx. Nærværende tillæg har derfor alene to primære opmærksomhedspunkter:

- *EDPX-modellen*: En visuel grafisk repræsentation af modellen for engineering design processen i stx (EDPX) (figur 3.1.), der understøtter en effektiv læringspraksis med engineering, og som kan bruges af både lærere og elever. Modellen har til sammenligning med EDP-modellen to ekstra ikoner, stilladsering og logbog, der skal understøtte elevernes arbejde og elev-lærer-samarbejdet. Brugen af EDPX-modellen omfatter erfaring med, hvordan de enkelte faser bidrager til designprocessen, således eleverne fagligt begrundet kan vælge faserne til og fra, når de udvikler et produkt. Men derimod *ikke*, at faser udelades pga. manglende erfaring i brug af de enkelte faser. For læreren betyder det: 1) målstyring og stilladsering af forløbet, og 2) en synlig lærerrolle som konsulent med brug af interventioner, der understøtter elevernes arbejde i forløbet. For eleverne betyder det en indledningsvis træning af EDPX-modellens faser, opmærksomhed på stilladsering af eget arbejde og en systematisk brug af logbog, der åbner op for en øget processtyret meta-kognitiv læringsstrategi. Det forudsætter, at læreren instruerer eleverne i brug af logbog og stilladserer elevernes metakognitive læringsproces; medmindre eleverne forlods et engineeringforløb har erfaring med dette.
- *Målstyret formative evaluering i engineering*: Engineeringforløb fordrer, at lærere og elever træner brugen af læringsrummet for projekt- og gruppearbejde, så det kan danne grundlag for kompetenceudviklende dybdelæring. For lærerne betyder det en systematisk formativ læringsevaluering af eleverne i engineering. For eleverne betyder det træning af samarbejdsevnen og træning i brugen af roller i gruppearbejder, således, at gruppearbejdet kan danne grundlag for en bevidst effektiv læring hos den enkelte elev (meta-kognitiv læringsstrategi) i mødet med arbejdet og hinanden. Krogh (2021) beskriver, hvordan evaluering af

ét engineeringforløb kan finde sted, og i nærværende tillæg gives et forslag til en struktur for formativ og summativ evaluering af flere på hinanden følgende engineeringforløb eller engineeringforløb, der indgår som en del af et længerevarende forløb.

Tillægget må ikke læses som et udtømmende svar på de fremhævede udfordringer – som Krogh (2021) i øvrigt er delvist eller helt opmærksom på, og beskriver i didaktikken for engineering til stx. Men derimod en opfordring til, at didaktikken gøres lettere tilgængelig for gymnasielærere gennem en *remediering*. Eksempelvis i en multimedial og -modal kommunikationsform, eller som man har gjort det i 2022-versionen af didaktikken til Engineering i Skolen (Auner mfl., 2022). Her er EDP-modellen fortsat den samme, men didaktikken indeholder værktøjer, der er delvist eller helt selvforklarende fx *planlægningsværktøjet* inddelt i fire faser: rammesætning; viden og undersøgelser; teknologisk design; synergi og perspektiv (Auner mfl., 2022, s. 62, s. 80).

Overordnet set kan en sådan remediering bidrage til, at gymnasier, der ønsker at introducere engineering i naturfagene, lettere kan implementere didaktikken i de enkelte naturvidenskabelige fag og i fælles forløb. Det gælder også i de tilfælde, hvor implementeringen finder sted i forbindelse med efteruddannelse af gymnasielærere. Eller i de tilfælde, hvor lærere med erfaring i engineering skal introducere engineering for lærere uden erfaring eller indgå i professionelle læringsfællesskaber i udvikling af nye engineeringforløb. Tager didaktikken samtidig højde for en naturfaglig progression i brug af engineering, gående fra det naturvidenskabelige grundforløbet (nv) i 1.g til studieretningsprojektet (SRP) i 3.g, så vil den i øget grad kunne understøtte en kompetenceudviklende dybdelæring hos eleverne. Ikke mindst, hvis den naturvidenskabelige fagrække samlet set er repræsenteret<sup>3</sup> med fyldestgørende eksempler på, hvordan et engineeringforløb kan benyttes i en undervisningssituation. Det omfatter fagligt beskrevne engineeringforløb, der gør brug af tydelige narrativer og autentiske udfordringer, forslag til supplerende materialer til baggrundslæsning for lærere hhv. elever, beskrevne elevaktiviteter og en lærervejledning. Lærervejledningen kan med fordel gøres på skrift og audiovisuelt. Eksempler på *hele* forløb kan gøres tilgængelige online fx på [engineerthefuture.dk](http://engineerthefuture.dk). Endeligt, men måske vigtigst af alt ift. en forankring af engineering i gymnasiet, så bør didaktikken motivere en praksis, hvor engineering ikke bliver en add-on til den ordinære undervisning, men åbner op for, at stoftrængsel og kernestof mv. indfries i engineeringforløb.

### 3.1. EDPX-modellen

Den reviderede model for *engineering design processen til stx* (EDPX) (figur 3.1) benytter samme overordnede didaktik for engineering til stx (Krogh, 2021), som ligger til grund for metoden i den ”almindelige” engineering design proces model (EDP) (figur 2.1). Men med tre greb søger den at optimere / præcisere hensigtsmæssige arbejdsgange for engineering design processen i stx, der

---

<sup>3</sup> De naturvidenskabelige fag i stx udgør: naturgeografi C og B; geovidenskab A; fysik C, B og A; kemi C, B og A; biologi C, B og A; bioteknologi A. Hertil følger matematik C, B og A, hvis STEM som helhed skal repræsenteres, samt informatik C og B.

kan understøtte brug af viden og færdighedstræning og i forlængelse kompetenceudviklende dybdelæring hos eleverne.

### Nummeret rækkefølge af faser

Eleverne starter et engineeringforløb med at *Forstå udfordringen* (nr. 1), og afslutter forløbet, når de *Præsenterer* produktet og processen frem til produktet (nr. 7). Undervejs i forløbet arbejder de iterativt med de fem *procesfaser* (nr. 2 til nr. 6) placeret inde i EDPX-modellens store grå cirkel. En iteration, der følger den nummererede rækkefølge af de fem procesfaser, kalder vi for en *hel engineering cyklus*. Tilgangen er som følger.

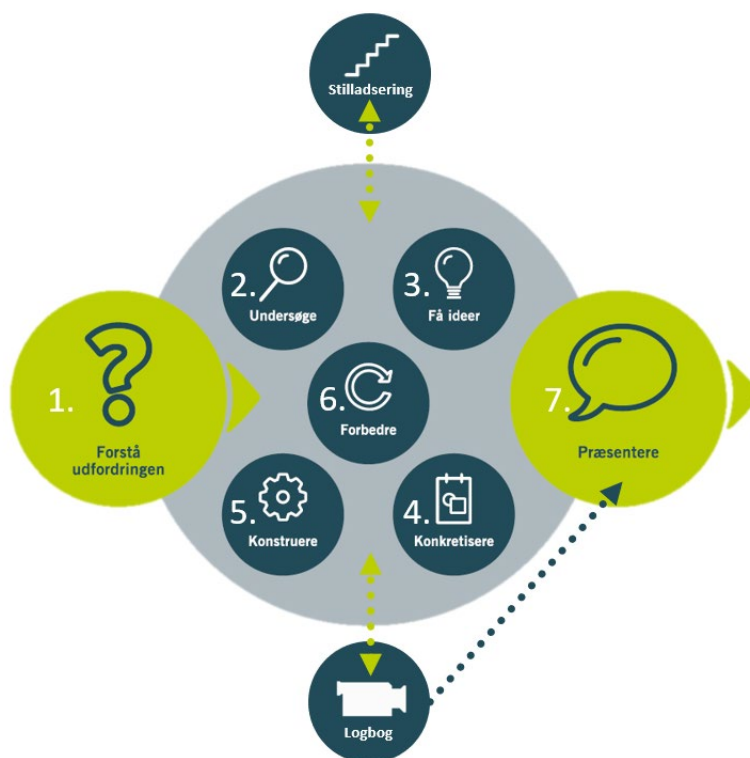
Når udfordringen indledningsvis er forstået, så udfører eleverne en hel engineering cyklus, dvs., de følger rækkefølgen: *Undersøge* (fase 2), *Få ideer* (fase 3), *Konkretisere* (fase 4), *Konstruere* en første prototype (fase 5) og herefter går de til *Forbedre* (6), hvor de tester deres prototype, og evt. beslutter sig for at forbedre prototypen. Efter den første hele engineering cyklus kan eleverne *iterativt* enten fortsætte med hele engineering cyklusser, springe frit mellem procesfaserne eller benytte en kombination heraf.

Valget af arbejdsgang – hele cyklusser eller spring – skal være faglig begrundet og bør afhænge af:

- Elevernes erfaring med engineering design processen i stx. Er erfaringen eksempelvis mindre kan brug af hele engineering cyklusser være en fordel.
- Elevernes evne til at begrunde valg i engineering design processen. Kan eleverne eksempelvis tydeligt argumentere for, hvordan de enkelte procesfaser kan understøtte udviklingen af prototypen, så kan det give god mening, at eleverne springer mellem procesfaserne.
- Dertil bør, lærerens valgte stilladseringsgrad afspejle kompleksitetsgraden af konteksten og udfordringen. Er der eksempelvis tale om elever med stor engineeringerfaring, så vil en tilpas kompleks udfordring på trods af hele engineering cyklusser, også selvom alle procesfaserne ikke besøges lige længe. Modsat kan det i arbejdet med mindre komplekse fænomener være en fordel, at elever med nogen eller stor engineeringerfaring efter første hele engineering cyklus *iterativt* springer mellem procesfaserne.

Den nummererede rækkefølge af faserne skal bidrage til, at eleverne metodisk bliver i stand til og meta-kognitivt bevidste om, hvordan man designer produkter som løsning på en udfordring. Her ved sættes deres viden i spil, og færdigheder bliver trænet. Det imødekommer to centrale forhold for elevernes læringsudbytte.





Figur 3.1. **EDPX-modellen:** Revideret model for Engineering Design Processen i stx.

For det første understøtter en hel engineering cyklus, at eleverne fagligt kan argumentere for deres *engineering design proces*. Det sker, når eleverne kan begrunde:

- Hvilken nødvendig viden de har *undersøgt* for at kvalificere deres forståelse af udfordringen.
- Hvilke *ideer* de har fået, hvordan de er nået frem til ideerne, og hvorfor de har valgt at gå videre med den udvalgte ide.
- Hvordan de *konkretiserer* ideen, så den fremstår tydelig internt i gruppen, og kan kommunikeres eksternt.
- Hvordan de har *konstrueret* prototypen fx valg af materialer i et fysisk produkt.
- Hvordan de har testet prototypen, hvad testen viste, og hvorfor de har valgt at *forbedre* eller valgt *ikke* at forbedre prototypen.

Det andet forhold ligger i forlængelse af det første. Når eleverne arbejder med engineering design processen, og fagligt argumenterer for deres valg, så giver det læreren mulighed for at observere tegn på forståelse, og hvilket læringstrin eleverne er på. Herved kan læreren på et differentieret niveau give feedback, feedforward og følge op på elevernes læringsproces. Samtidig kvalificerer det lærerens faglige interventioner, som beskrevet i FITS-modellen (van Breukelen mfl., 2012).

## Stilladsering

I EDPX-modellen har *Stilladsering* fået sit egen ikon, der med en stiplet dobbelt pil er forbundet til den grå cirkel med procesfaserne. Tanken er, at det skal signalere en tydelighed omkring stilladsering og lærer-elevsamarbejdet, hvor både lærer og elever er opmærksomme på deres roller: læreren som konsulent og eleverne i gruppesamarbejde. Eleverne arbejder selvstændigt med udvikling af et produkt ud fra en åben udfordring, og læreren understøtter efter behov elevernes arbejde med brug af interventioner og feedbackcykluser (feedback, feedforward og opfølgning). Målet er, at stilladseringen bidrager til elevernes motivation, læring, mestringsoplevelser og -forventninger og meta-kognitive læringsstrategier i mødet med en engineering udfordringen, som EDPX-modellen kan bidrage til at løse.

Stilladsering kan som beskrevet i Krogh's Engineering didaktik til stx (2021) have flere mål, og udføres på mange måder, samt være både lærer- og elevstyret. En lærerstyret stilladsering kan eksempelvis gøres som i van de Pool mfl. (2010), hvor stilladseringen aftager, når elevernes erfaring vokser. Det omfatter også lærerens metakognitive stilladsering med SLR-modellen (For-tænke-fase, Gennemførelse, Selvrefleksion) (Krogh, 2021, s. 43-44), der har til "opgave at støtte eleverne i at indgå i (mere eller mindre) *selvreguleret læring* med størst mulig kontrol og udbytte." (egen kursiv, Krogh, 2021, s. 43).

## Logbog

I EDPX-modellen har *Logbog* fået sit egen ikon, der med en stiplet dobbelt pil er forbundet til den grå cirkel med procesfaserne, og med en anden stiplet pil er forbundet til *Præsentere* (nr. 7). Logbogen skal signalere, hvor vigtig *processen* er for læringsudbyttet i engineeringforløb, og minde om, at logbogen danner grundlag for præsentation af processen frem til produktet. Derfor skal overvejelser, erfaringer og beslutninger gjort i EDPX-modellens faser og engineering cyklusser løbende dokumenteres i en logbog. Det inkluderer *svarene på hv-spørgsmålene* i procesfaserne (som beskrevet ovenfor), de kan ikke genkaldes på et senere tidspunkt, når først flere iterationer har fundet sted. Det tager tid at føre en logbog, men brug af viden og træning af færdigheder sikrer kontinuitet og læring. Værdien heraf forstærkes, når det samtidig bidrager til at kvalificere lærerens grundlag for formativt at kunne evaluere elevernes arbejde herunder at bidrage med kvalificeret feedback, feedforward og opfølgning.

Det anbefales derfor, at læreren understøtter elevernes arbejde med brug af logbog og introducerer en eller flere effektive notatteknikker. Det kan gøres ved, at man på klassen aftaler, hvordan logbogen struktureres, og hvordan effektive noter løbende skrives, eller på anden form logges (kommenterede skitser, fotografier, observationer, målinger, kortlægning, modeller mv.). Logbogens noter skal være dækkende og selvforklarende, men ikke så omfattende, at den enkelte elev eller gruppen mister overblikket.

Endeligt kan logbogen indgå som dokumentation for arbejdet i engineering design processen. Eksempelvis, hvis et engineeringforløb afsluttes med en skriftlig redegørelse, eller kommunikeres på anden vis i *Præsentere-fasen* (nr. 7). Samtidig kan det danne grundlag for sammenligning af de

engineering design processer forskellige grupper har været igennem i ét engineeringforløb, eller de processer den samme gruppe har været igennem, når de i forskellige engineeringforløb, har designet forskellige produkter.

Logbogen søger dermed at danne grundlag for, at en faglig fokuseret læring finder sted, og meta-kognitive læringsstrategier kan udvikle sig i mødet med engineering design processen som metode.

### 3.2. Formativ evaluering af ét eller flere engineeringforløb

Retningslinjerne for og værktøjer til, hvordan man *gør* engineering i den naturvidenskabelige undervisning er detaljeret beskrevet i version 1 af engineering didaktikkens til stx, kapitel 4: "Engineering den naturfaglige undervisning – hvordan gør man?" (Krogh, 2021, s. 15-54). Her beskriver Krogh, hvordan man med engineering som målstyret undervisningsform kan lykkes i praksis, når den *evalueres* ud fra givne mål og delmål:

"Al god undervisning forfølger bestemte læringsmål. Disse skal helst være eksplicitte for læreren, så der kan stilles skarpt på dem, i både planlægning, gennemførelse og evaluering af undervisningen. De må også gerne have en karakter, så man som lærer kan aflæse konkrete tegn på om/hvor langt man er nået i retning af at opfylde det enkelte mål. Målene bør samtidig være tydelige og forståelige for eleverne, så de har en chance for at navigere efter dem i deres læreprocesser." (Krogh, 2021, s. 15).

Læringsmål og delmål skal således være tydelige for både læreren *og eleverne*. I forlængelse diskuterer Krogh, hvilke typer af mål, der ses i stx samt flere forskellige evalueringformer. Det omfatter bl.a. procesevaluering og eksempler på selvevalueringsskemaer til elevbrug ("Tjek på engineering-arbejdet", Krogh, 2021, s. 42). Et værktøj til evaluering af tegn på engineering i stx, dvs. tegn på engineering kompetence (Krogh, 2021, s. 48-52). Og metakognitiv evaluering af engineeringforløb, hvor eleverne skal *selvreflektere* over deres læring i det pågældende engineeringforløb (Krogh, 2021, s. 43-44). Netop selvrefleksion har betydning for udvikling af individuelle meta-kognitive læringsstrategier hos den enkelt elev.

#### Flere på hinanden følgende engineeringforløb

Følgende skal læses som et *supplement* til Kroghs fokus på evaluering i engineering og som en anbefaling af, at læreren *strukturerer* evalueringsprocessen (figur 3.2) for formative og summative evaluering af elevaktiviteter rettet mod delmål og mål for *længerevarende* undervisningsforløb (se en udvidet beskrivelse i Dolin, 2016; Dolin mfl., 2017; 2018; in review). Modellen for evalueringsprocessen for længerevarende forløb er udviklet til kompetenceudviklende naturfagsundervisning, og læses her generisk, eksempelvis med PBU i form af IBSE eller engineering i gymnasiet.

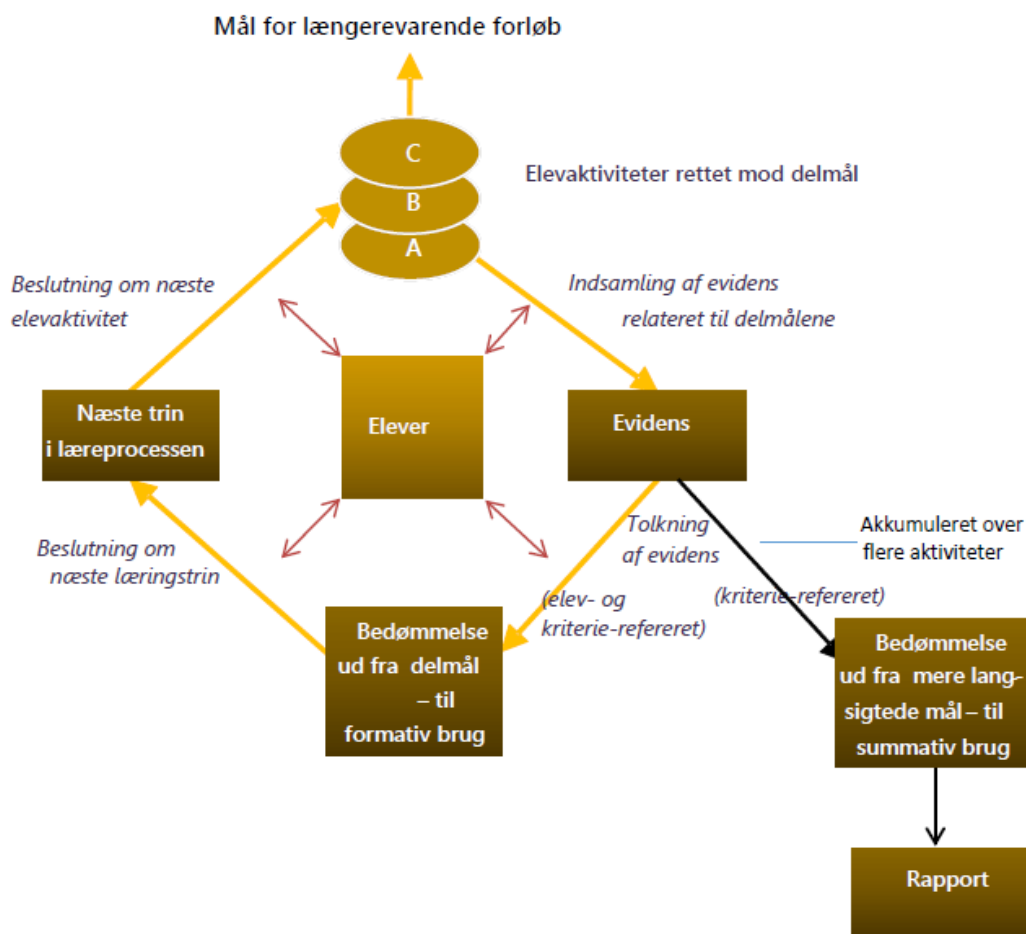
Alt imens engineeringforløb i stx bør evalueres som anbefalet af Krogh ud fra opstillede mål og delmål – eksempelvis, at eleverne har forstået engineering udfordringen; at de enkelte grupper er kommet godt i gang med engineeringforløbet, og tilfredsstillende har gennemført første hele engineering cyklus mv. – så er det tilsvarende vigtigt at opstille delmål og mål, når ét eller *flere*

engineeringforløb indgår i længerevarende forløb, herunder kriterier for, at målene er opfyldt, og en måde at evaluere kriteriernes grad af opfyldelse på (Dolin, 2016; Dolin mfl., 2017; 2018; in review).

Modellen for evalueringsprocessen i figur 3.2 er målstyret, og gør brug af en række evalueringscykluser med delmål og elevaktiviteter. Efter læreren har opstillet mål for et længerevarende forløb, følger evalueringsprocessen i den enkelte evalueringscyklus. Det starter med, at læreren opstiller et delmål, og udvikler en række elevaktiviteter rettet mod delmålet ("A" i figur 3.2). Dernæst realiseres elevaktiviteten samtidig med, at læreren indsamler evidens om opfyldelse af delmål. I tilfælde, hvor elevaktiviteten er et engineeringforløb, der indgår som en del af et længerevarende forløb, så bliver mål for engineeringforløbet til delmål i det længerevarende forløb. Efter evidens om opfyldelse af delmål er indsamlet, så tolkes evidensen via opstillede kriterier, og bedømmes til formativt brug. Eleverne kan dernæst modtage formativ evaluering fra læreren gennem feedback, feedforward og opfølgning (feedbackcyklus) (se en udvidet beskrivelse feedbackcykluser i Lauvås og Bruun, 2021). Evalueringscyklussen er nu næsten slut, og læreren tager beslutning om næste læringstrin, dvs. det næste delmål rettet mod det overordnede mål for det længerevarende forløb, og beslutning om de næste læringsaktiviteter ("B" i figur 3.2). Herefter kan en ny evalueringscyklus begynde. Undervejs eller afslutningsvis kan summative evaluering finde sted, eksempelvis i de tilfælde, hvor engineering indgår som en del af en eksamen.

Evaluering er en forudsætning for, at målstyret undervisning lykkes i praksis. Om der er tale om ét isoleret forløb med engineering eller længerevarende forløb med ét eller flere engineeringforløb, så bør læreren målstyre og evaluere undervisning og tænke den i sammenhæng med fagets øvrige forløb og med gymnasieuddannelsen som helhed.

Om end det ikke er undersøgt, så vil Dolin mfl.'s model for evalueringsprocessen være et oplagt bud på en metode, der kan danne grundlag for et evalueringsdesign, der undersøger elevernes grad af kompetenceudvikling i engineering fra 1.g til 3.g. Startende med delmål for det naturvidenskabelige grundforløb (nv) i 1.g til delmål for studieretningsprojektet (SRP) i 3.g, vil det kunne danne grundlag for at evaluere elevernes grad af kompetenceudviklende dybdelæring gennem uddannelsen.



Figur 3.2. Evalueringsproces for formativ og summativ evaluering med elevaktiviteter rettet mod delmål og mål for længerevarende forløb (Dolin mfl., 2017, s. 12, efter Dolin mfl., 2018, s. 57).

## 4. Referencer

- Andersen, N.O., Busch, H., Horst, S., Troelsen, R. (2003). *Fremtidens naturfaglige uddannelser. Naturfag for alle – vision og oplæg til strategi*. Uddannelsesstyrelsens temahæfte nr. 7 – 2003. Undervisningsministeriet.  
<https://static.uvm.dk/publikationer/2003/naturfag/pdf/indhold.pdf>
- Beck, S. & Gottlieb, B. (2002). Elev/student: En teoretisk og empirisk undersøgelse af begrebet studiekompetence. *Gymnasiepædagogik*, 31 og 32.
- Bohm, M., Salomonsen, D., Binau, C.F., Wøhlk, E.B., Jensen, L.V., & Kronvald, O. (2017). *Sammenfatning af udfordringer til arbejdet med en national naturvidenskabsstrategi*.  
[https://astra.dk/wp-content/uploads/2021/07/NNS\\_Rapport\\_V6\\_web-1.pdf](https://astra.dk/wp-content/uploads/2021/07/NNS_Rapport_V6_web-1.pdf)

- Busch, H., Horst, S., Troelsen, R. (red.) (2003). *Inspiration til fremtidens uddannelser. En antologi*. Uddannelsesstyrelsens temahæfte nr. 8 – 2003. Undervisningsministeriet.  
<https://static.uvm.dk/publikationer/2003/naturfag2/pdf/indhold.pdf>
- Daugbjerg, P., Krogh, L.B., Nielsen, K., & Sillasen, M.K. (2021). *Engineering I Gymnasiet: Vidensgrundlag*.
- Dolin, J., Bruun, J., & Nielsen, J.A. (in review). Et internationalt STM-perspektiv på evaluering. *Sammenlignende Fagdidaktik*, 7.
- Dolin, J., Krogh, L.B., & Troelsen, R. (2003). En kompetencebeskrivelse af naturfagene. I: *Inspiration til fremtidens naturfaglige uddannelser*. Børne- og Undervisningsministeriet.  
<http://static.uvm.dk/publikationer/2003/naturfag2/html/chapter03.htm>
- Dolin, J. (2016). Idealer og realiteter i målorienteret undervisning. *Cursiv* 19, 67-87.
- Dolin, J., Nielsen, J. A., & Tidemand, S. (2017). Evaluering af naturfaglige kompetencer. *Acta Didactica Norge*, 11(3) <http://dx.doi.org/10.5617/adno.4702>
- Dolin, J., & Evans, R. (red.) (2018). *Transforming Assessment. Through an Interplay Between Practice, Research and Policy*. Contributions from Science Education Research, vol 4. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-63248-3\\_5](https://doi.org/10.1007/978-3-319-63248-3_5)
- Dolin, J., Black, P., Harlen, W., & Tiberghien, A. (2018). Exploring Relations Between Formative and Summative Assessment. I: Dolin, J. & Evans, R. (red.). *Transforming Assessment. Through an Interplay Between Practice, Research and Policy*. Contributions from Science Education Research, vol 4. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-63248-3\\_5](https://doi.org/10.1007/978-3-319-63248-3_5)
- engineerthefuture.dk (2021). Engineering i stx – Didaktik (forkortet udgave).  
[https://engineerthefuture.dk/media/3467/engineeringdidaktik\\_gymnasieforkortet.pdf](https://engineerthefuture.dk/media/3467/engineeringdidaktik_gymnasieforkortet.pdf)
- Hobel, P. (2006). Planlægning af den enkelte time og forløb. I: Damberg, E., Dolin, J., Ingerslev, G.H. (red.) (2006). *Gymnasiepædagogik*. Hans Reitzels Forlag.
- Hodson, D. (1990/2008). Et kritisk blik på praktisk arbejde i naturfagene. *MONA*, 2008(3), 7-20. (Artiklen er oprindeligt udgivet som Hodson, D. (1990). A Critical Look at Practical Work in School Science. *School Science Review*, 71(256), 33-40.).
- Krogh, L.B. (2021). Engineering i stx – didaktik.ve1.  
<https://www.ucviden.dk/da/publications/engineering-i-stx-didaktikve1>
- Langhoff, J.H. (in review). Kompetenceudviklende dybdelæring gennem design og evaluering af geografisk praktisk arbejde på læreruddannelsen. *Sammenlignende Fagdidaktik*, 7.
- Lauås, P. og Bruun, J. (2021). *Ren formativ evaluering i skolen*. Klim.
- Sillasen, M.K., Daugbjerg, P., Krogh, L.B., & Nielsen, K. (2018). *Engineering i skolen - Vidensgrundlag*.

van Breukelen, D., Schure, F., Michels, K., & de Vries, M. (2016). The FITS model: an improved Learning by Design approach. *Australasian Journal of Technology Education*, 3(1).  
<https://ajte.org/index.php/AJTE/article/view/37>

van de Pol, J., Volman, M., & Beishuizen, J. (2010: 271–296). Scaffolding in Teacher–Student Interaction: A Decade of Research. *Educational Psychology Review*, 22.