

Hvordan udvikler elever og studerende kompetence til at opstille et STEM-problem?

Et multipelt casestudie fra grundskole, HTX, EUX og universitet



Maria Møller, UCN



Bettina Dahl Søndergaard,
Aalborg Universitet og
Universitetet i Bergen



Lykke Brogaard Bertel,
Aalborg Universitet



Søren Hansen, Aalborg
Universitet



Camilla Guldborg
Hundahl, Aalborg
Universitet

Abstract: Der er nødvendigt med samarbejde på tværs af STEM-uddannelser for at imødekomme behovet for kvalificeret arbejdskraft. En central kompetence er evnen til at formulere STEM-problemer. Et multipelt casestudie undersøger, hvordan undervisere kan støtte denne udvikling. Åben iscenesættelse kan øge elevengagement, men kræver en balance mellem frihed og faglig styring. Behovet for facilitering varierer på tværs af niveauer. Visuelle modeller som 6-hv-ord-modellen kan støtte elevernes afgrænsning og formulering af problemstillinger, hvis de ledsages af aktiv vejledning. Studiet peger på behovet for progression i lærerstyring, så undervisere kan understøtte både engagement og faglighed.

Introduktion

STEM står for science, technology, engineering og mathematics. Børn og unge med STEM-kompetencer er vigtige for fremadrettet at kunne opfylde behovet for kvalificeret arbejdskraft internationalt og i Danmark, bl.a. i forhold til digitalisering og den grønne omstilling (Digitaliserings- og Ligestillingsministeriet, 2023; OECD, 2023). Ifølge Tænk tanken Mandag Morgen kan samarbejde mellem aktører på tværs af uddannelsessystemet være med til at øge interessen for STEM-fag (Hald et al., 2022). Men hvor er de snitflader mellem STEM-fag på tværs af uddannelsessystemet, der kan danne grundlag for et sådant samarbejde?

I Danmark adresseres problembehandling – herunder problemløsning – inden for STEM-fag på tværs af uddannelsesniveauer (Svabo et al., 2024). Fx står der i matematikfagets formål for grundskolen, at eleverne gennem matematikundervisningen (1.-10. klasse) skal erfare, at matematik rummer redskaber til *problemløsning* (Børne- og Undervisningsministeriet, 2019). I formålet for fysik på A-niveau på HTX står der, at faget skal give eleverne fortrolighed med at anvende naturvidenskabelige begreber og metoder til løsning af *praktiske og teoretiske problemstillinger* (Børne- og Undervisningsministeriet, 2024). I vejledningen til de tekniske EUX-forløb beskrives det, at eleverne skal arbejde med virkelighedsnære og brancheorienterede *problemstillinger*, hvor genstandsfelterne fra elevernes erhvervsfaglige virke i stort omfang integreres i undervisningen (Børne- og Undervisningsministeriet, 2023). Det samme gør sig gældende på universitetsniveau (Savery, 2006), fx i form af det centrale fokus på en problemanalyse, som går forud for en problemformulering, som er en del af et første-semesterkursus i PBL (problembaseret læring) for alle ingeniørstuderende på Aalborg Universitet (AAU). Et andet eksempel fra AAU er studieordningen for robotteknologi, hvor der bl.a. står, at studerende skal opnå færdigheder i at anvende tidssvarende metoder, værktøjer og teknikker til at analysere og løse komplekse problemstillinger inden for robotteknologi samt i at vurdere og sammenligne teoretiske og praktiske problemstillinger og i at beskrive og udvælge relevante løsningsstrategier hertil (Aalborg Universitet, 2024).

Dette peger i retningen af, at problembehandling inden for STEM-fag kan danne grundlag for samarbejde på tværs af uddannelsessystemet.

Nærværende studie indsnævrer undersøgelsesfeltet ved at tage fat i den del af problembehandlingen, der handler om selv *at kunne opstille* problemstillinger (Niss & Jensen, 2002). Vi fokuserer dermed på børn og unges kompetence til at opstille STEM-problemstillinger i STEM-fag på tværs af uddannelsesstrin.

Forskningsspørgsmålet er:

Hvordan kan undervisere på tværs af uddannelsesstrin eksplicit arbejde mod at udvikle elevers og studerendes kompetence til at opstille en STEM-problemstilling?

Teoretisk ramme

Møller (2024) argumenterer for, at STEM-undervisning kan gennemføres ved at tage udgangspunkt i udvalgte *STEM-kompetencer*. STEM-kompetencer defineres som nogets indsigtfulde parathed til at handle på en måde, der lever op til STEM-holdige udfordringer i en given situation (Møller, 2024).

En af de STEM-kompetencer, Møller (2024) definerer, er *STEM-problembehandling*. Konkret handler kompetencen om, at elever og studerende skal *kunne opstille og løse* STEM-problemer, samtidig med at de skal kunne analysere og vurdere deres egne og andres forsøg på løsninger kritisk.

Ifølge Møller (2022) kan STEM-fag på tværs af uddannelsestrin samarbejde om at udvikle elevers og studerendes kompetence til at opstille og vurdere en STEM-problemstilling ved at fastholde STEM-problembehandlingskompetence som fokus i undervisningen.

I denne artikel definerer vi STEM-fag som fag på de givne uddannelsesniveauer, der relaterer sig til STEM. Fx betegnes natur/teknologi, fysik/kemi, geografi og biologi som STEM-fag i grundskolen; fysik, bioteknologi og teknologi er eksempler på STEM-fag på ungdomsuddannelserne; mens robotteknologi og astronomi er eksempler på STEM-fag på universiteterne. Nogle fag går på tværs af uddannelserne, fx matematik, fysik og biologi, mens andre kun er på nogle trin.

I forhold til at definere et STEM-problem tager vi udgangspunkt i Pleasants (2020). Han skelner mellem rene STEM-problemer og STEM-relevante problemer. STEM-problemer dækker områder som naturvidenskab, teknologi, ingeniørfag og matematik. STEM-relaterede problemer indeholder derudover også økonomiske, etiske og politiske spørgsmål.

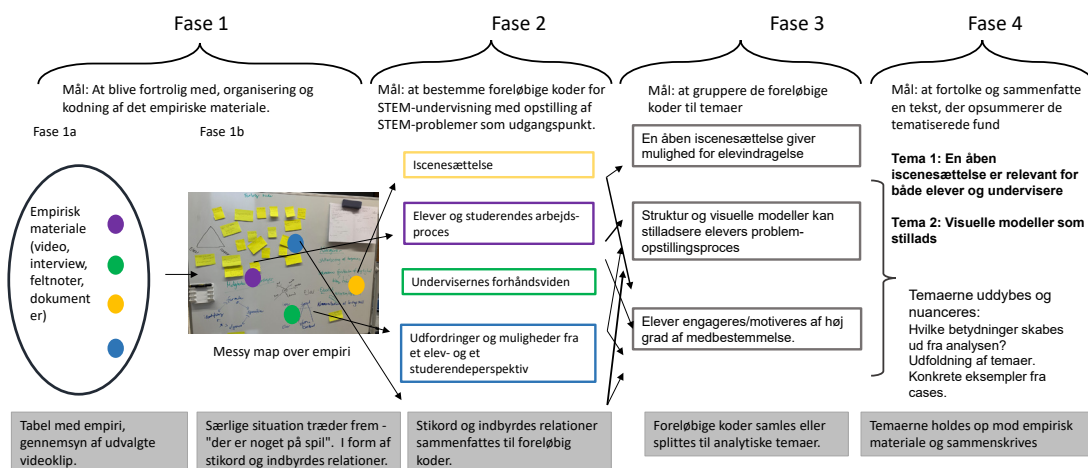
Metode

Studiet er et multipelt casebaseret observationsstudie, som inkluderer undervisningsforløb i STEM-fag på tværs af uddannelsestrin. Et inklusionskriterium er, at der i de inkluderede cases indgår et undervisningsforløb, hvor der arbejdes med at udvikle elevers eller studerendes kompetence til at opstille et STEM-problem.

Fire forløb fra fire forskellige uddannelsestrin – grundskole, HTX, EUX og universitet – er inkluderet. Disse fire uddannelsesniveauer er valgt, fordi de repræsenterer uddannelsessystemet bredt, og fordi vi her finder eksempler på forløb, hvor der arbejdes med at opstille et STEM-problem.

De fire cases

De fire cases benævnes A, B, C og D og repræsenterer undervisningssituationer i forskellige STEM-fag:



Figur 1. Overblik over analysens faser.

- Case A: matematikundervisning i 7. klasse i grundskolen
- Case B: fysikundervisning (B-niveau) i en 1. g-klasse på international linje på HTX
- Case C: fysikundervisning (B-niveau) på et hold med tømmerlæringer på EUX
- Case D: problemanalyse (som en del af et PBL-kursus) på 1. semester på robotteknologi på et universitet.

Observation og interview er valgt til at indsamle empirisk materiale. Disse metoder komplementerer hinanden (Kvale & Brinkmann, 2015).

Observation af undervisning giver mulighed for detaljerede beskrivelser, som giver en velinformeret oplevelse af casestudier (Robson, 2002). Semistrukturerede interviews med underviserne giver indblik i deres overvejelser om undervisningens gennemførelse, og interviews med elever og studerende giver viden om deres arbejdsprocesser og læring. Som led i observationen har vi udarbejdet egne feltnoter og refleksioner (memoer) fra undersøgelsesprocessen (Baarts, 2015).

Det empiriske materiale

Artiklens førsteforfatter har indsamlet det empiriske materiale. Elever, studerende og underviseres navne er anonymiseret, og der er indhentet samtykke i henhold til de gældende GDPR-regler.

En oversigt over det empiriske materiale fremgår af tabel 1.

Analyse og fortolkningsmæssig ramme

Det empiriske materiale omfatter i alt 12,5 timers videoobservation og 4,5 timers interview samt adskillige feltnoter. Empirien blev analyseret gennem en tematisk analyse, hvor vægten blev lagt på at identificere, analysere og fortolke temaer ud

Tabel 1. Oversigt over empiri.

Begivenhed	Deltagere	Varighed/ omfang	Format	
Case A: grundskole, 7. klasse, forår 2023				
Undervisning	1 lærer, 21 elever	3 timer	Video	Feltnoter
Interview	1 lærer	55 min.	Lydfiler	
	2 grupper a 3 og 2 elever	2 gange 10 min.	Lydfiler	
Case B: HTX, 1. g, forår 2023				
Undervisning	1 underviser, 21 elever	4 timer	Video	Feltnoter, elev-rapporter
Interview	1 lærer	65 min.	Lydfiler	
	1 gruppe a 5 elever	10 min.	Lydfiler	
Case C: EUX, 1. år, forår 2023				
Undervisning	1 underviser, 25 elever	3,5 timer	Video	Feltnoter, elev-rapporter
Interview	1 underviser	40 min.	Lydfiler	
	2 grupper a 3 elever	2 gange 10 min.	Lydfiler	
Case D: universitet, 1. år, efterår 2023				
Undervisning	1 underviser, 100 studerende (ca. 25 fra robotteknologi)	2 timer	Video	Feltnoter, projekt-rapporter
Interview	1 underviser	40 min.	Lydfiler	
	1 gruppe a 6 studerende	2 gange 20 min.	Lydfiler	

fra en refleksiv tilgang (Braun & Clarke, 2006, 2019). En oversigt over analysens fire faser ses i figur 1.

Indledende analyse

Som indledning til analysen talte forfattergruppen om, hvilke tegn der indikerer, at elever eller studerende arbejder med at opstille et STEM-problem. Disse tegn skulle fungere som en linse, når der skulle udvælges de dele af empirien, der omhandlede processer, der foregik forud for en endelig opstillet STEM-problemstilling.

Det var førsteforfatteren, der gennemgik det empiriske materiale og udvalgte de videosekvenser, der dannede udgangspunkt for fase 1 i analyseprocessen. De på forhånd aftalte tegn var med til at imødekomme Lincoln og Gubas (1985) kvalitetskriterier for troværdighed i analyseprocessen.

I fase 1a så alle forfattere de udvalgte videosekvenser sammen. Efter gennemsynet satte vi fokus på situationer, som vi hver især, i relation til forskningsspørgsmålet, var optagede af. Disse indledende analyser var styret af spørgsmål som: Hvad ser du i uddraget? Er der noget, du er særlig opmærksom på?

I en frem og tilbage-proces udvalgte vi sammen de *særlig relevante* situationer. Disse blev diskuteret i dybden, og vi fik uddybet, hvad der var på spil, ud fra spørgsmål som: Er det elevernes respons på iscenesættelsen? Hvordan arbejder eleverne og de studerende, og hvordan kommunikerer de med underviseren og hinanden? Hvilke tegn ser vi på, at eleverne (*ikke*) arbejder med at opstille STEM-relevante problemstillinger?

Som opsamling på denne del af analysen noterede vi de foreløbige kategorier, som vi fælles var kommet frem til (fase 1b). Gennem en fælles samtale kondenserede vi indholdet til foreløbige koder for STEM-undervisning på tværs af uddannelsestrin, der alle har fokus på at udvikle elevers og studerendes kompetence til at opstille STEM-problemer (fase 2). Den samme proces foretog vi med empirien, som var fremkommet ved interview. De foreløbige koder i fase 2 blev: iscenesættelse, elevers og studerendes arbejdsproces, underviserens forhåndsviden samt udfordringer og muligheder fra et elev- og et studerendeperspektiv.

Temaer dukkede frem på tværs

Efter de indledende analyser af de enkelte cases rettede vi blikket på tværs af alle fire cases (fase 3). Vi var i denne proces opmærksomme på, om der på trods af forskellige uddannelsesniveauer og fag kunne findes mere generelle mønstre. Analyseprocessen var refleksiv og åben og foregik som en frem og tilbage-proces mellem det empiriske materiale og studiets formål.

Analyseprocessen kvalificeredes ved, at hele forfattergruppen deltog i drøftelser om både nedslag i relevante uddrag og tematiske fund. Som resultat af en samlet analyseproces identificerede vi to temaer (fase 4):

- Tema 1: åben iscenesættelse
- Tema 2: visuelle modeller.

Vi udfolder temaerne nedenfor og illustrerer med empiriske nedslag, hvordan de kom til udtryk.



Figur 2. Opstilling med seks elektriske apparater.

Nedslag 1: En opstilling uden nærmere forklaring

Middagspausen er så småt ved at rinde ud, og eleverne ankommer drypvis til fysiklokalet. De fordeler sig ved de høje borde, som de vil, og trækker skamlen ud og sætter sig. Som forberedelse har eleverne læst et par sider om nyttevirkning.

På katederet står seks forskellige elektriske apparater, som Kaj på forhånd har stillet op. Det er en elkedel, en keramisk kogeplade med en kedel på, en induktionskogeplade med en gryde, en sous vide, en dyppekoger og en hårtørrer.

Uden yderligere introduktion beder Kaj eleverne om at overveje, hvilke spørgsmål opstillingen giver anledning til. Han peger på katederet.

Efter at eleverne individuelt har tænkt i et par minutter, taler de sammen to og to, og derefter bliver de enige i gruppen om ét spørgsmål. Kaj kalder denne tilgang for *1-2-gruppemetoden*.

Der er mange forskellige bud: "Hvad bruger mindst energi på opvarmning af vand til 100 °C?", "Hvor lang tid tager det at få vand til at koge med en sous vide?" og "Hvad er nyttevirkningen af de forskellige apparater?"

Simon konstaterer, at gruppen har et meget filosofisk spørgsmål. "Hvad er vand?" siger han. Kaj skriver spørgsmålet på tavlen. "Det er sjovt, jeg har ikke nævnt noget om vand," siger Kaj. "Neej," siger Simon. "Vi undrede os bare over det." "Det er fint," siger Kaj. "Det er så fint."

Den sidste gruppe bidrager med spørgsmålet "Kan vi lave isolerede systemer med de givne apparater?"

Eleverne diskuterer i grupper det spørgsmål på tavlen, som de synes er mest interessant, og som de vil arbejde videre med. Derefter samles der op på klassen.

"Hvad siger I?" Kaj peger mod Simons gruppe. "Vi vil gerne finde ud af, hvor lang tid det tager at få vand op at koge med en dyppekoger," siger Simon. "Det er et meget pænt spørgsmål."

Kaj skriver spørgsmålet ned. Han stiller ikke yderligere spørgsmål om, hvad der blev af deres filosofiske indgangsvinkel til at undersøge "Hvad er vand?"

Alle grupper vælger at lave øvelser, der tager udgangspunkt i en eller flere af de apparater, Kaj har stillet op.

Tema 1: En åben iscenesættelse er relevant for både elever og undervisere

En iscenesættelse foregår i den første del af et undervisningsforløb og har til formål at vække elevers og studerendes nysgerrighed. I vores undersøgelse er det nysgerrighed efter at indsnævre et problemfelt, så de kan formulere et STEM-problem (Pleasants, 2020).

På tværs af det empiriske materiale fremgår det, at eleverne er glade for at tage udgangspunkt i det, de finder interessant, og for at kunne bestemme lidt mere selvstændigt. Underviserne oplever det imidlertid som udfordrende ikke at vide, i hvilken retning forløbet udvikler sig.

En åben iscenesættelse skal derfor forstås som en indgangsvinkel til at arbejde med et givent emne, hvor eleverne har visse grader af frihed, men hvor underviseren også kan se en faglig relevans i elevernes arbejde. På den måde bliver iscenesættelsen relevant for både elever og undervisere.

Det første empiriske nedslag er fra en 1. g-klasse på HTX. Klassen er en del af en international linje og har fysik på B-niveau.

Nedslag 1 viser et eksempel på en iscenesættelse, der tager udgangspunkt i en opstilling af forskellige elektriske apparater, som underviseren Kaj har stillet frem. Gennem processen må eleverne gruppevis blive enige om en række spørgsmål, de gerne vil undersøge nærmere. Spørgsmålene udspringer af opstillingen på bordet.

Læg i nedenstående beskrivelse af nedslag 1 mærke til, at Kaj ikke vælger at forfølge elevernes filosofiske spørgsmål, men i stedet leder eleverne i retning af at undersøge, hvor lang tid det tager at varme vand op med en dyppekoger. Læg også mærke til, hvordan eleverne omtaler deres første idé som filosofisk og deres endelige problemstilling som pæn.

Nedslaget vidner om, at det er muligt at give eleverne frihedsgrader i deres kommende undersøgelser, men også at det kan være på bekostning af elevernes umiddelbare interesse.

I nedslag 1 ser vi en åben iscenesættelse, hvor Kaj spørger, hvilke spørgsmål opstillingen giver anledning til. Alle elever ender med at opstille en problemstilling om de opstillede elektriske apparater.

Simons gruppe ændrer deres spørgsmål undervejs. De lægger ud med et “meget filosofisk spørgsmål” og ender med et “pænt spørgsmål”.

Men hvorfor det? Hvorfor bliver udfaldet af en åben iscenesættelse, at alle grupper vælger at undersøge energiforbruget for de fem opstillede apparater? Og er det meningen?

I et efterfølgende interview giver Kaj udtryk for, at Simons gruppes spørgsmål gav anledning til frustration. For på den ene side kunne han godt se det meningsfulde i at lade eleverne arbejde med det, de undrede sig over og syntes var interessant. På den anden side havde han jo bestemt, at det faglige indhold var nyttevirkning, og det var vigtigt for ham, at eleverne arbejdede med effekt, specifik varmekapacitet og beregninger af de enkelte apparater.

Vi fik ikke svar på, hvorfor Simons gruppe ændrede fokus i deres spørgsmål. Men en af de andre grupper gav efterfølgende i et interview udtryk for, at “vi skulle lige vænne os til, at man selv skulle tænke frem for bare at få overrakt en problemstilling”, men at det “var fedt, at vi selv kunne vælge”.

En åben iscenesættelse kan således opleves som meningsfuld for elever, hvis de selv kan vælge, og for undervisere, hvis det, eleverne vælger at arbejde med, ligger inden for et bestemt indhold. Men dette behov for en bestemt faglig retning fra underviserens side kan dog også fratage nogle elever muligheden for at følge deres første mere filosofiske indskydelse.

Et andet eksempel på, at en åben iscenesættelse er meningsfuld for både elever og undervisere, finder vi i case C. I nedslag 2 præsenterer underviseren Ejnar et hold tømmerlærlinge for et indledende forsøg om *kræfter*. Ejnar beder eleverne om at tænke på situationer fra deres praktikplads, hvor der er kræfter på spil.

Læg i nedslaget mærke til, hvordan eleverne kommer fra de fælles idéer på tavlen til den problemstilling, de arbejder videre med. Vejledningen fra Ejnar får indflydelse på deres tilgang til problemstillingen, men de oplever, at de følger deres egen kurs hele vejen.

I nedslag 2 ser vi, at eleverne oplevede, at det var fedt, at de selv kom i spil, og at indflydelse er interessant, sjovt og kreativt. Ejnar forklarer i et interview, at det er kræfter, der er fokus på, men at det er svært, og derfor taler de meget om arbejde. Ejnar vejleder gruppen til at finde et rør og et lod for på den måde at holde styr på den kraft, hvormed sømmene hamres ned. Forsøgets udvikling rokker ikke ved drengenes ejerskab over deres arbejde.

I den fysikrapport, som gruppen efterfølgende udarbejdede, er der ikke opstillet en konkret STEM-problemstilling. De beskriver formålet med deres arbejde med ord.

Nedslag 2: Design af egen undersøgelse

Eleverne på EUX får til opgave at finde mindst tre processer, der er en del af det at være tømrer, og som kræver kræfter. Følgende processer kommer på tavlen, da Ejnar samler op:

- Arbejde med værktøj, der ikke er motor på, fx hammer og søm
- Løfte materialer frem og tilbage
- Tømme trailer
- Feje
- Save med fukssvans
- Sætte gipsplader op (manuelt eller med hejs)
- Skrue med skruemaskine
- Slå med en mukkert (nedbrydning)
- Banke lægter af med et koben
- Sætte stillads op
- Grave
- Løfte vinduer på plads
- Køre med trillebør.



Figur 3. Elever hamrer søm i træ vha. et rør og et lod.

Eleverne skitserer efterfølgende i grupper, hvordan udvalgte processer ser ud, og har fokus på, hvor kræfter indgår.

Malte, Emil og Tejs vælger at undersøge, hvor mange kræfter der skal til for at slå søm i. De designer en opstilling, hvor de forsigtigt hamrer forskellige typer af søm i to reglar. I en samtale med Ejnar bliver de bevidste om, at de ikke kan være sikre på, at de slår med samme kraft i hvert slag. Samtalen fører til, at de finder et metalrør og et lod på 4 kg. De lader loddet falde fra samme højde hver gang og måler, hvor langt sømmet er slået ned i træet (figur 3). De noterer deres resultater i en tabel (se tabel 2).

I et efterfølgende interview med Emil (E) og Tejs (T) udspiller følgende samtale sig:

I (interviewer): Kan I fortælle, hvad I har lavet?

E: Ja, vi har arbejdet med, at vi vil undersøge, hvad friktionen er i træet, når man banker et søm ned. Og så har vi lavet nogle forskellige forsøg og nogle udregninger til vores journal.

I: Hvordan blev undervisningen sat i gang?

E: Vi skulle starte med at finde på et forsøg, som indebar noget af det, vi har arbejdet med som tømrer.

I: Kan I huske nogle af de eksempler, som I kom med?

T: Ja, vi startede med at finde en masse ting, hvor der blev brugt kræfter i vores arbejde. Fx slibe med sandpapir og køre trillebør. Men nogle ting er mere simple at lave forsøg med end andre.

E: Så ville vi se, om et tykt søm var sværere at slå i end fx et galvaniseret søm. Om der var mere modstand. Men så fandt vi ud af, at vi ikke kunne sikre os, at hammeren blev slået lige meget i hver gang.

I: Hvad var godt?

E: Jeg synes, det var fedt, at vi selv kom i spil. Selvom det altid i starten af sådan en proces er sådan lidt... Hvad skal vi lige gå i gang med? Man kan hurtigt gå i stå. Så er det godt, at man har en lærer, der kan komme og give lidt support.

I: Ville det være nemmere, hvis der kom en opskrift.

E: Ja, så ville det sikkert gå hurtigere. Men så ryger det interessante jo ligesom også lidt.

T: Det bliver også sjovere af, at vi selv bestemmer, hvad vi vil lave. Det betyder noget. Så vi fik også lov at være lidt kreative i forhold til, hvordan vi ville stille det op.

I drengenes fysikrapport beskriver de formålet med deres forsøg som "at se, hvor langt et søm i forskellige længder ville komme ned, og om der var forskel på, om det var galvaniseret [eller ej]".

Tabel 2. Resultater fra elevrapporten.

Søm:	Aflæsning:
1,2 mm blank dykker	1: 28,2 mm 2: Helt i bund
2,0 mm blank	1: 45 mm 2: Bukkede sammen på midten
2,5 mm blank	1: 49,2 mm 2: Bøjede på det sidste stykke
2,5 mm galvaniseret	1: 47,1 mm 2: Helt i bund
3,1 mm galvaniseret	1: 66,8 mm 2: 26 mm Forskel: 40,8 mm
3,8 mm blank	1: 79,7 mm 2: 50 mm Forskel: 29,7
4,6 mm blank	1: 120,2 mm 2: 94,2 mm Forskel: 26 mm

Opsummering af tema 1

En åben iscenesættelse giver mulighed for at inddrage elevernes egne interesser. Dels kan det åbne for nogle problemstillinger, som underviseren ikke selv havde tænkt på, og dels kan det give eleverne en følelse af medbestemmelse, hvilket alle elever, vi har talt med, oplever som meningsfuldt og motiverende. Denne åbenhed og den høje grad af frihed kan dog også give anledning til frustration hos underviserne. Hvordan skal man komme igennem pensum og det faglige stof, hvis man skal give eleverne lov til at gå i alle mulige retninger? Og hvordan kan man som underviser sikre sig, at det emne, eleverne vælger, kan undersøges på en fornuftig måde?

Vores konklusion er, at en åben iscenesættelse kan være meningsfuld for både elever og undervisere. Men vi har også blik for, at *åbningen* kan være for åben. Fx hvis det resulterer i en undersøgelse, der går i en helt anden retning, end underviseren havde tænkt (fx "Hvad er vand?"). Eller hvis det faglige fænomen er for vanskeligt at undersøge (fx kræfter).

Fælles for nedslag 1 og 2 er, at eleverne gennemfører to trin frem mod deres endelige problemstilling: en fælles idégenerering og derefter en konkretisering.

Vi får i tema 2 indblik i, hvordan visuelle modeller kan være med til at støtte elevernes proces frem mod en STEM-problemstilling.

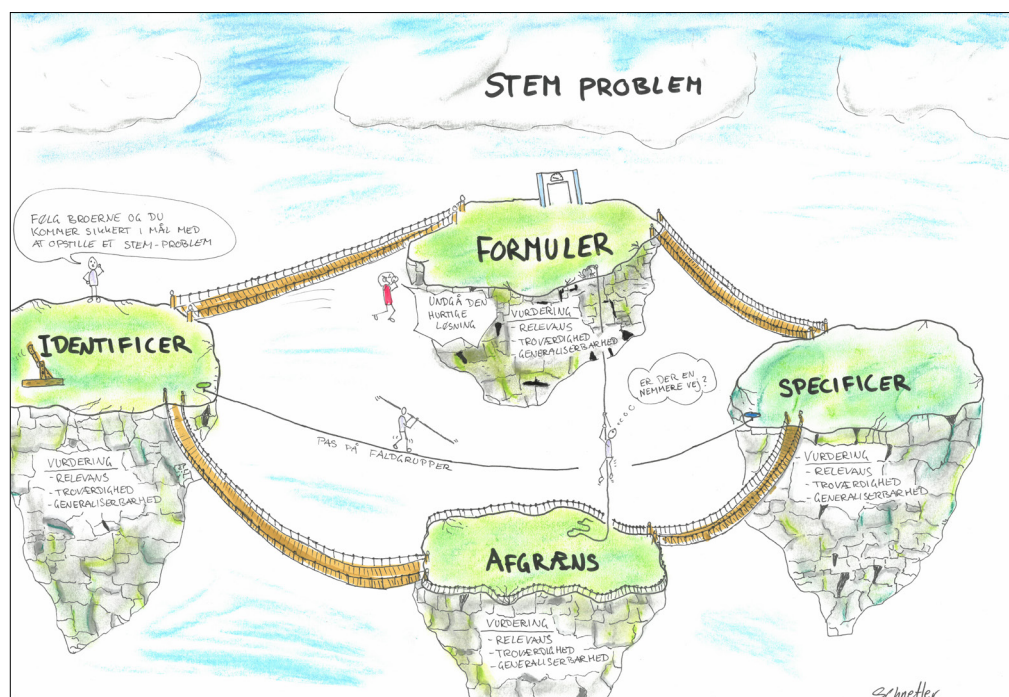
Tema 2: Visuelle modeller som stillads

Tema 2 handler om, at visuelle modeller kan stilladsere processen frem mod at opstille en problemstilling. Modellerne kan illustrere forskellige faser, elever og studerende skal igennem, fra at have et særligt interesseområde inden for STEM til at opstille en STEM-problemstilling.

For at modellen bliver et stillads for eleverne, er det vigtigt, at underviseren forklarer og tydeliggør for eleverne, at problemstillingen på et tidspunkt i processen skal omformuleres til et spørgsmål, som de forestiller sig, de kan løse med deres egen faglige viden. Ikke at der *skal* foregå en form for problemløsning, men at det *kan* foregå.

Det tredje empiriske nedslag kommer fra case A, hvor en 7.-klasse i matematik og fysik/kemi arbejder med verdensmål 12: ansvarligt forbrug og ansvarlig produktion. Klassens lærerteam har udarbejdet en firefaset model, som viser de faser, eleverne skal igennem, fra de har fundet deres interesseområde til de får opstillet et STEM-problem (figur 4). Læg først mærke til de bidrag, eleverne kommer med for at sikre bæredygtigt forbrug og bæredygtige produktionsformer, og læg derefter mærke til, hvordan underviserens gennemgang af modellen ikke sammenholdes med elevernes bidrag.

Nedslag 3 giver blik for, at hvis eleverne skal kunne bruge en model som stillads, så skal de forstå den nøje og se eksempler på, hvordan den kan bruges. Det er ikke natur-



Figur 4. Visuel model af de fire faser i at opstille et STEM-problem (©Troels Schnetler)

Nedslag 3: Når et filmklip er udgangspunkt for at identificere et problemfelt

Matematiklæreren Lau igangsætter et forløb i 7. X, der har til formål at udvikle elevernes kompetence til at opstille og analysere en STEM-problemstilling.

Lau har udviklet undervisningsforløbet sammen med to kolleger, og én af dem, har dertil udviklet en visuel model af de faser, eleverne skal gennemgå for at opstille et STEM-problem. Modellen illustrerer fire faser: identificer, afgræns, specificer og formuler (se figur 4).

Som afsæt for at lade eleverne identificere et problem viser Lau en film om verdensmål 12, der handler om ansvarligt forbrug og ansvarlig produktion. Filmen skal give eleverne viden om verdens naturlige ressourcer og overforbrug og lede deres opmærksomhed hen på at reducere klimaaftrykket.

Efter eleverne har set filmen, skal de hver især i en padlet skrive, hvad de kan gøre for at sikre bæredygtigt forbrug og bæredygtige produktionsformer. Hensigten hermed er, at eleverne skal spore sig ind på de problemstillinger, filmen kan give anledning til. Der kommer 10 opslag:

- *Hellere skide end smide ud*
- *Lad være med at smide noget mad ud*

- *Bliv veganer*
- *Mindre ko-prutter*
- *Spis en lille smule salat*
- *Mindre madspild*
- *Elbil*
- *Genbrug*
- *Mindre lysforbrug*
- *Wroom wroom car.*

Opslagene bliver ikke gennemgået nærmere i klassen. Heller ikke i forbindelse med at Lau hurtigt præsenterer modellen i figur 4.

Lau forklarer eleverne, at de i de næste to timer (a 60 min.) skal undersøge på computeren, hvordan butikker, som fx deres lokale Rema 1000, forholder sig til verdensmål 12.

Efter at have kigget på Rema 1000's hjemmeside skal eleverne besøge butikken. Her har Lau aftalt med souschefen, at de får en rundvisning, og at de efterfølgende har mulighed for gruppevis at stille ham forberedte spørgsmål. Som et produkt af undersøgelsen skal hver gruppe producere en film, der viser, hvordan de har forholdt sig til og gennemført de fire faser i figur 4. I de to elevfilm, der er inkluderet i studiet, viser det sig, at eleverne bevæger sig hver sin vej rundt i modellen.

ligt for elever i 7. klasse at gøre det selv, og derfor må underviseren tage udgangspunkt i deres umiddelbare idéer fra deres padlet-opslag og strukturere processen for dem.

Da vi i et efterfølgende interview spørger ind til, hvorfor Lau i lektionen ikke giver en grundigere forklaring på retning og indhold i figur 4, svarer han: "Mens jeg stod der og snakkede, tænkte jeg, at der ikke kommer noget godt ud af at gå i dybden med hele vejen (alle fire faser i figur 4)." Han fortsætter: "Jeg tænkte, at det var bedre at sørge for, at de har nogle spørgsmål til i morgen (besøg hos REMA1000)."

Gennem analysen af nedslag 3 fremgår det, at Lau i begrænset grad understøtter elevernes videre undersøgelsesproces. De fire faser i figur 4 bliver ikke forklaret, og elevernes idéer og forhåndsviden bliver ikke udfoldet gennem opfølgende spørgsmål. Måske er det derfor, at eleverne i deres film har anvendt modellen forskelligt?

Vi fik i interviewet ikke spurg ind til, hvad Lau tænkte om elevernes opslag på den fælles Padlet, eller hvordan han vurderede opslagene som gode emner for en proces, der skal ende ud i et STEM-problem. Laus uddybende svar på disse spørgsmål kunne perspektivere figur 4 som et stillads for elevernes arbejde.

Nedslag 4: Strukturer og modeller understøtter studerendes problemopstillingsproces

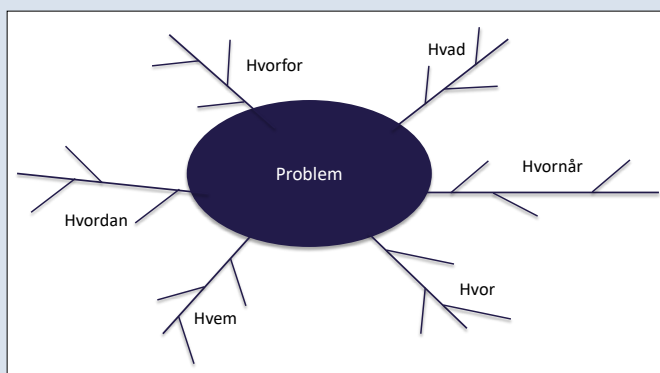
Forelæsningen foregår i et typisk auditorium med mange sæder i række. Der er i alt ca. 100 studerende. Der er 15 studerende, der læser robotteknologi, og resten af de studerende læser elektroniske systemer eller computerteknologi.

Ved at støtte sig til en PowerPoint-præsentation beskriver og redegør underviseren Katja for de forventninger og krav, der stilles til den bæredygtigheds-case, de skal arbejde med. Ligeledes opremses formaliteterne for den rapport, som de studerende gruppevis skal aflevere, samt for den efterfølgende eksamen.

Efter pausen introduceres de studerende for det projekt, de skal i gang med. Katja forklarer, at de studerende i deres grupper skal tage udgangspunkt i et tema eller emne, der udgør deres problemfelt. Gennem en analyse deraf skal de komme frem til en problemformulering. Katja forklarer, at det centrale i denne del af processen er at afgrænse deres tema gennem analyse, så de ender med en problemstilling.

De studerende får i forelæsningen også en struktur for, hvordan de kan udarbejde en problemanalyse. Det foregår gennem fem nøglepunkter med afsæt i 6-hv-ord-modellen i figur 5:

1. Redegør for, at problemet eksisterer: Hvem er det et problem for? Hvad er problemet?
2. Redegør for baggrunden for og historien bag problemet: Hvorfor er det et problem? Hvornår opstod problemet?
3. Redegør for interesseparter: Hvem er involveret, og hvem har interesse i problemet/at problemet bliver løst?
4. Redegør for årsager til og konsekvenser af problemet: Hvilke andre problemstillinger er der knyttet til problemet?
5. Hvordan kan problemet analyseres/løses (metodologi/forskningsdesign)?



Figur 5.
6-hv-ord-modellen.

I en afsluttende kommentar til forelæsningsen sætter Katja fokus på, at de studerende skal være meget bevidste om årsagerne til og konsekvenserne af de problemer, de vælger at tage fat i.

De studerende går i deres grupperum og begynder at arbejde på deres projekt.

Som indledning til deres projektrapport skriver de:

"Til den første brainstorm benytter vi 1-2-gruppemetoden. Først brainstormes der individuelt inden for problemfeltet bæredygtighed, og der identificeres overordnede problemområder. Derefter går gruppemedlemmerne sammen i par, som diskuterer, i hvor høj grad vi vurderer, at robotik-fagligheden kan være til gavn. De problemer, vi bliver enige om, diskuteres i plenum. På baggrund af FN's verdensmål 12 udvælges emnet: adskillelse af komplekst affald."

Nedslag 4 kommer fra case D, hvor et hold førsteårsstuderende på universitetet er i gang med et kursus om PBL.

Nedslag 4 illustrerer, hvordan modeller kan støtte studerende i at opstille STEM-problemstillinger. I kurset er der et særligt fokus på problemdesign og -analyse, og de studerende skal gennemføre et projekt, der tager udgangspunkt i en STEM-relevant problemstilling relateret til en selvvalgt bæredygtighedscase.

Læg i nedslaget mærke til, hvordan de studerende selv kan facilitere 1-2-gruppemetoden, samt hvordan de afgrænser deres emne: Fra komplekst affald til elektronisk affald.

Nedslag 4 viser, at de studerende i et PBL-kursus skal arbejde med en bæredygtighedscase. Centralt for den proces, de skal i gang med, er at afgrænse et tema gennem en analyse til en problemformulering. En model kaldet 6-hv-ord-modellen præsenteres. Modellen skal føre de studerende gennem analysen ved at stille seks hv-spørgsmål: *Hvorfor? Hvad? Hvornår? Hvor? Hvem? Hvordan?* Analysen skal resultere i, at de får udarbejdet en problemstilling, som de fremadrettet kan arbejde med.

De studerende skriver i deres rapport, at de som det første brugte 1-2-gruppemetoden til at spore sig ind på deres emne. I et efterfølgende interview uddyber de, at de som et resultat af denne metode valgte, at emnet skulle være *komplekst affald*.

Ved at undersøge, hvilke typer komplekst affald der findes, fandt de frem til, at der er en stor gruppe af komplekst affald, som hedder *elektronisk affald*. Ved at undersøge, hvilken effekt elektronisk affald har på naturen og samfundet, blev de sporet ind på *elektronisk affald fra mobiltelefoner*. Og ved at svare sammen på de fem hv-spørgsmål kom de frem til deres endelige problemformulering, som lød: Hvordan adskilles Android-mobiltelefoner effektivt og bæredygtigt ved end-of-life, så en større procentdel af materialerne kan genindvindes og genanvendes?

Denne proces kan betegnes som en *afgrænsning*.

Vi har her set et eksempel på, hvordan først 1-2-gruppetoden bidrager til at bestemme emne, og hvordan hv-ord-modellen (figur 5) og de dertilhørende nøglepunkter støtter de studerende i deres analyse. Det hjælper dem med at blive klogere på, i hvilken retning de ønsker at gå. Men vi har også set, at modeller og strukturer blev gennemgået grundigt til forelæsningsen. Modeller og strukturer kan således fungere som stillads, hvis de bliver gennemgået og forstået af studerende.

Opsummering af tema 2

Visuelle modeller kan illustrere den proces, elever og studerende skal gennemgå, når de skal bevæge sig fra at have et interesseområde inden for STEM til at opstille en STEM-problemstilling.

1-2-gruppetoden virker godt til idégenerering, hvor alle deltagere inddrages. Det ses i både nedslag 1 og nedslag 4. Derimod giver figur 4 i nedslag 3 ikke den tilsigtede støtte. Måske fordi modellen ikke forklares, så eleverne forstår meningen med den? De studerende i nedslag 4 forstår godt formålet med figur 5 og kan forholdsvis selvstændigt afgrænse emnet komplekst affald til at omhandle elektronisk affald fra Android-telefoner ved at svare på de fem hv-spørgsmål.

Vores konklusion er, at visuelle modeller kan være en god støtte for elever og studerende, hvis de har forstået meningen og formålet med at bruge den pågældende model. Det tyder på, at jo yngre eleverne er, jo mere skal underviseren fokusere på at forklare modellens funktion i dybden. Elever i 7. klasse kan ikke selv afgrænse deres idéer fra en video om verdensmål 12 til at specificere og formulere et STEM-problem. Hvorimod studerende godt kan følge de specifikke trin i en given model.

Diskussion

Tema 1 omhandler, hvordan en åben iscenesættelse giver mulighed for at inddrage elevernes egne interesser, men også at dette indebærer udfordringer i forhold til underviserens forventninger til det faglige indhold. Ifølge Sølberg et al. (2015) er man som underviser nødt til at lægge op til en høj grad af elevstyring, når man arbejder ud fra kompetencemål, hvis man ønsker at udvikle autonomi blandt eleverne. Men samtidig er underviseren ligeledes nødt til at sikre sig, at eleverne bevæger sig i en retning, som er i overensstemmelse med de uddannelsesmæssige mål. Dette dilemma beskrives af Jensen (2007) som *dilemmaet ved at undervise i orienteret autonomi*. Kaj oplever netop et sådant dilemma i nedslag 1, da Simons gruppe stiller spørgsmålet "Hvad er vand?" For er det rimeligt, at gruppen skal i gang med at undersøge dette, når Kaj vil, at det faglige fokus er nyttevirkning?

Andresen og Dahl (2023) beskriver, at det kan være skadeligt for en udviklingsproces, hvis underviseren ikke tager styringen. Så bliver alt overladt til eleverne, og det kan resultere i, at underviserens faglige pointer *ikke* bliver omsat i praksis. Dette er resultatet i nedslag 3, hvor eleverne aldrig når i mål med at få formuleret et spørgsmål. Omvendt kan en for fast styring medvirke til, at elevernes engagement forsvinder. Og hvis der er for skrappe retningslinjer for, hvilken problemstilling eleverne skal komme op med, udvikler de ikke kompetencen til selv at opstille en. Derfor bør der være en opmærksomhed på at opnå en vis balance mellem at lade eleverne vælge frit og samtidig have fokus på undervisningens faglige orientering.

Tema 2 omhandler, at visuelle modeller kan stilladsere elevers og studerendes processer for at opstille STEM-problemstillinger, men at det kræver støtte fra underviseren.

Det stemmer overens med Vygotsky (1962), der påpeger, at underviseren må være synlig og facilitere elevernes læring på en måde, så eleverne bringes i zonen for nærmeste udvikling.

Forskellige modeller kan anvendes til at stilladsere processen. Det kan være modellerne i figur 4 eller figur 5, men de kan ikke stå alene. Vi oplever, som også Højgaard (2024) pointerer, at det er afgørende, at eleverne inddrages i en samtale om, hvad målet med aktiviteten er, og at indholdet tager afsæt i elevernes interesse. Både tømrerelevne og de universitetsstuderende er interesserede i det, de vil arbejde med, og deres skole/studie er specifikt rettet mod en profession. Det gør, at konteksten bliver mere tydelig for dem og relevant for dem, og derved er det nemmere for dem at tage fat i emnet. Modsat er 7.-klasseelever og HTX-elever en del af en almen generel uddannelse, hvor eleverne i en klasse vil være interesserede i vidt forskellige ting, hvilket kan gøre det vanskeligt for en lærer at finde en fællesnævner. Derudover har alle uddannelser også en forpligtelse til en faglighed, som eleverne skal kunne, og som er nedfældet i læreplaner, læseplaner eller studieordninger. Lærerne er forpligtede på disse dokumenter, og den viden og de kompetencer og færdigheder, som eleverne og de studerende forventes at have lært på specifikke tidspunkter, indgår som forudsætninger i senere uddannelse.

Vores fire cases er fra forskellige uddannelsesstrin, og man kan diskutere, om vores konklusioner ville have været anderledes, hvis vi havde valgt fire andre cases. Dette kan vi ikke vide, men med *thick description* har vi tilstræbt at være transparente i forhold til, hvorfor nogle elementer forhåbentlig vil være genkendelige for andre i uddannelsesverdenen inden for STEM-fag fra 1. klasse til sidste år på universiteterne. Velbeskrevne nedslag kan gøre, at man kan "se sig selv" i situationen (Lincoln & Guba, 1985). Desuden bruger Goetz og LeCompte (1984) begrebet *comparability* til at indikere, i hvor høj grad en situation er så "beskrevet og defineret tilstrækkeligt godt til, at andre forskere kan anvende undersøgelsens resultater som sammenlig-

ningsgrundlag med andre undersøgelser, der omhandler beslægtede emner (vores oversættelse)” (Goetz & LeCompte, 1984, s. 228). Dette er grunden til, at vi har brugt en del plads i artiklen på at beskrive de fire nedslag. Dette øger validiteten, men om der er relevante elementer, som andre cases ville have kunnet give, men som vi derfor ikke har med, kan ikke siges entydigt. Generelt er ønsket om generalisering/ekstern validitet ikke et mål i sig selv i casestudier, men det er graden af situationerne, der er genkendelige for andre relevante aktører, hvorfor vi har valgt at beskrive de fire nedslag. Vores to temaer, der går på tværs af de fire nedslag, er vores konstruktion, baseret på en analyse og vurdering af empiri. En sådan analyse er altid en simplificering af en kompleks virkelighed.

Man kan diskutere, om de problemstillinger, vi anvender, opfylder kriterierne for at være egentlige STEM-problemer. Med udgangspunkt i Pleasants (2020) forstår vi STEM-problemer som kendetegnet ved bestemte karaktertræk, herunder en integration af science, technology, engineering og mathematics. I vores materiale indgår disse elementer i varierende grad, og ikke alle problemstillinger omfatter både matematik og engineering. Dette rejser spørgsmålet om, hvorvidt en sådan manglende integration bør betragtes som problematisk, når eleverne og de studerende samtidig synes at udvikle fagligt relevant viden og kompetencer. Set i dette lys kan Pleasants’ (2020) kriterier opfattes som relativt strenge. Samtidig kan de forstås som et ideal eller et orienteringspunkt for udviklingen af STEM-undervisning. Selvom kriterierne sjældent kan opfyldes fuldt ud i praksis, bidrager de med en retning, som undervisere kan stræbe efter.

Konklusion og anbefalinger til praksis

Det er muligt på tværs af uddannelsestrin at sigte efter, at elever og studerende skal kunne opstille deres egne og andres STEM-problemer. Et fokus på en problemopstillingsproces kan betegnes som særlig STEM-fagligt og kan være et godt udgangspunkt for at skabe sammenhæng i STEM-undervisning. Men der er også udfordringer. Fx kan det være en udfordring at understøtte eleverne i at komme fra et umiddelbart interessefelt gennem et antal faser, hvorved de ender med at stille et konkret spørgsmål formuleret som et problem. Herunder bliver det ligeledes vigtigt, at elever og studerende er i stand til at stille sig selv og andre kritiske spørgsmål, så de får mulighed for at analysere deres egne og andres forsøg på løsninger på en kritisk måde.

På baggrund af undersøgelsen har vi formuleret tre konkrete anbefalinger til praksis på tværs af uddannelsestrin:

Iscenesættelsen er central. Iscenesættelsen skal være relevant for eleverne og de studerende, og her kan verdensmålene være brugbare. På erhvervsskoler kan det være med udgangspunkt i noget fra deres praktikplads. Virksomhedsbesøg kan også over-

vejes – eller besøg fra virksomheder på skolen. På universiteterne kan praktikophold være et oplagt sted at hente problemstillinger. På HTX var iscenesættelsen en opstilling af elektriske apparater. En konkretisering af dette kunne være et besøg i køkkenet på et hotel eller noget, en klassekammerats forældre er i gang med helt konkret.

Underviserne skal være klædt på. Facilitering af den proces, hvor eleverne kommer fra selv at have identificeret en åben problemstilling til at afgrænse den med henblik på at opstille et spørgsmål, er ikke enkelt. Eleverne finder problemstillinger, hvor nogle vil være mere formålstjenlige end andre i forhold til det faglige, men der er også forskel på elever og studerende indbyrdes. En facilitering kan nemt falde i to grøfter – læreren overtager styringen, eller læreren er for passiv. Ved for meget styring lærer eleverne ikke selv at stille spørgsmålet. Og hvis læreren er for passiv, bliver alt overladt til eleverne, og det kan resultere i, at underviserens faglige pointer *ikke* bliver omsat i praksis.

Lærerne skal inddrage visuelle modeller. Visuelle modeller er en hjælp til at overskue kompleksiteten, men de valgte modeller skal svare til det konkrete uddannelses-trin. Her er der fx forskel på kompleksiteten i modellerne, afhængigt af om det foregår i 7. klasse, på HTX eller på universitetet. Det er dog værd at være opmærksom på, at modellerne bør introduceres og forklares på en måde, så de kan stilladsere elevernes processer. Samtidig kan inddragelse af modeller fra senere uddannelsesstrin være inspirerende for nogle elever, og det kan være en måde at differentiere undervisningen på.

Referencer

- Andresen, M. & Dahl, B. (2023). Discussion about the role of teacher authority when making a transition into creative problem-solving in mathematics. *Acta Didactica Norden*, 17(1), artikel 23. <https://doi.org/10.5617/adno.9659>
- Becker, K. & Park, K. (2011). Effects of integrative approaches among science, technology, engineering, and mathematics (STEM) subjects on students' learning: A preliminary meta-analysis. *Journal of STEM Education*, 12(5/6), 23. <https://www.proquest.com/scholarly-journals/effects-integrative-approaches-among-science/docview/893425366/se-2?accountid=35465>
- Braun, V. & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology*, 3(2), 77-101. <https://doi.org/10.1191/1478088706qp063oa>
- Braun, V., & Clarke, V. (2019). Reflecting on reflexive thematic analysis. *Qualitative Research in Sport, Exercise and Health*, 11(4), 589-597.
- Busch, H., Horst, S & Troelsen, R. (2003). *Inspiration til fremtidens naturfaglige uddannelser*. Undervisningsministeriet.
- Bybee, R.W. (2013). *The case for STEM education: Challenges and opportunities*. NSTA Press.
- Børne- og Undervisningsministeriet. (2019). *Matematik: Faghæfte 2019*. https://emu.dk/sites/default/files/2020-09/GSK_Fagh%C3%A6fte_Matematik.pdf

- Børne- og Undervisningsministeriet. (2023). *Vejledning til Fysik B i teknisk eux-forløb*. <https://uvm.dk/media/rfplbxbk1/230807-fysik-b-i-teknisk-eux-forloeb.pdf>
- Børne- og Undervisningsministeriet. (2024). *Vejledning til Fysik A, htx*. <https://uvm.dk/media/d0oatodf/240807-vejledning-til-fysik-a-htx.pdf>
- Baarts, C. (2015). *Introduktion til etnografisk metode*. Syddansk Universitetsforlag.
- Digitaliserings- og Ligestillingsministeriet. (2023). *Danmarks digitaliserings strategi – Ansvar for den digitale udvikling*.
- Flyvbjerg, B. (2006). Five misunderstandings about case-study research. *Qualitative Inquiry*, 12(2), 219-245. <https://doi.org/10.1177/1077800405284363>
- Jensen, T.H. (2007). *Udvikling af matematisk modelleringskompetence som matematikundervisningens omdrejningspunkt – hvorfor ikke?* Ph.d.-afhandling, Roskilde Universitet. <https://pure.au.dk/portal/files/227/THJ07-phd-dissertation.pdf>
- Hald, C.W., Skeen, K., Langmach, M., & Skotte, N.R. (2022). *Hvordan sikrer vi et tilstrækkeligt optag af unge på STEM-uddannelser*. Rapport. [https://concito.dk/files/media/document/Analyse_Hvordan_sikrer vi et tilstrækkeligt optag af unge på STEM uddannelser.pdf](https://concito.dk/files/media/document/Analyse_Hvordan_sikrer_vi_et_tilstrækkeligt_optag_af_unge_på_STEM_uddannelser.pdf)
- Højgaard, T. (2024). *Kompetenceorienteret matematikundervisning*. <https://emu.dk/grundskole/matematik/kompetenceorienteret-matematikundervisning>
- Kvale, S. & Brinkmann, S. (2015). *Interview: Det kvalitative forskningsinterview som håndværk*. Hans Reitzels Forlag.
- LeCompte, M.D., Goetz, J.P., & Tesch, R. (1993). *Ethnography and qualitative design in educational research*. (No Title).
- Lincoln, Y.S. & Guba, E.G. (1985). *Naturalistic inquiry*. SAGE Publications.
- Møller, M. (2022). Fra STEM-faglighed til STEM-kompetencer – et analytisk greb for STEM-undervisning i Danmark. *MONA*, 2022(4), 8-30. <https://doi.org/10.7146/mona.v22i4.134910>
- Møller, M. (2024). *Kompetenceorienteret STEM-undervisning* [Ph.d.-afhandling]. [M_ller_M_2024_Kompetenceorienteret_STEM-undervisning_ph.d.pdf](https://pure.au.dk/portal/files/227/THJ07-phd-dissertation.pdf)
- Niss, M. & Jensen, T.H. (red.). (2002). *Kompetencer og matematiklæring. Idéer og inspiration til udvikling af matematikundervisning i Danmark*. Uddannelsesstyrelsens temahæfteserie nr. 18. Undervisningsministeriet.
- OECD. (2023). *OECD Skills Outlook 2023*. <https://doi.org/10.1787/27452f29-en>
- Pleasant, J. (2020). Inquiring into the nature of STEM problems. *Science & Education*, 29(4), 831-855. <https://doi.org/10.1007/s11191-020-00135-5>
- Robson, C. (2002). *Real World Research*. Blackwell.
- Savery, J.R. (2006). Overview of problem-based learning: Definitions and distinctions. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 1(1), 9-20. <https://doi.org/10.7771/1541-5015.1002>
- Schoenfeld, A.H. (1992). Learning to think mathematically: Problem solving, metacognition, and sense making in mathematics. I D.A. Grouws (red.), *Handbook of research on mathe-*

matics teaching and learning: A project of the National Council of Teachers of Mathematics (s. 334-370). Macmillan Publishing Co.

Svabo, C., Larsen, D., Borch, K., Svendsen, M. & Kristensen, M. (2024). *STEM-didaktik*. Syddansk Universitetsforlag.

Sølberg, J., Bundsgaard, J. & Højgaard, T. (2015). Kompetencemål i praksis – hvad har vi lært af KOMPIS? *MONA*, 15(2), 46-59. <https://doi.org/10.7146/mona.v0i2.36308>

Vygotsky, L.S. (1962). *Thought and language*. The MIT Press.

Aalborg Universitet. (2022). *Studieordning for bacheloruddannelsen i robotteknologi, 2022*. <https://studieordninger.aau.dk/2022/32/3458>

English abstract

Cross-disciplinary collaboration in STEM is essential to meet the demand for a qualified workforce. A key competence is the ability to formulate STEM problems. This multiple case study examines how educators can support this development. Open-ended teaching approaches can enhance student engagement but require a balance between freedom and academic guidance. The need for facilitation varies across levels. Visual models such as the 6W model can help students narrow and formulate problems when paired with active guidance. The study highlights the need for progression in teacher control and professional development to support both engagement and academic rigor.