
Hvordan kan matematik- og naturfagslærere samarbejde om at gennemføre undervisning, der sigter efter at udvikle elevers STEM-kompetence?

– et empirisk casestudie om STEM-undervisning, der sigter efter at udvikle elevers kompetence til at behandle data

Maria Møller

Resumé

Artiklen undersøger, hvordan STEM-undervisning kan tilrettelægges og gennemføres i grundskolen. Artiklen udforsker, hvilke muligheder og udfordringer der kan opstå, når et team af matematik- og naturfagslærere og en forsker samarbejder om at udvikle STEM-undervisning, der tager afsæt i at udvikle elevers kompetence til at behandle data (STEM-databehandlingskompetence). Undersøgelsen bygger på et etnografisk casestudie, hvor interview og observation er anvendt til at indsamle empirisk materiale. Gennem empiridrevne analyser fremtræder to temaer: 1) Fælles forberedelse understøtter, at lærerne udvikler ejerskab for et udvalgt STEM-kompetencemål, og 2) Redesign af visuelle STEM-kompetencemodeller giver matematik- og naturfagslærere et fælles afsæt for at udvikle kompetenceorienteret STEM-forløb. Artiklens forskningsbidrag til praksis er fire didaktiske anbefalinger til skoleledere og teams af lærere, der ønsker at komme i gang med kompetenceorienteret STEM-undervisning.

Nøgleord

STEM-undervisning, tværfaglighed, praksissamarbejde, empirisk casestudie, STEM-didaktiske anbefalinger

Abstract

The article explores how STEM education can be designed and implemented in primary schools. It explores the opportunities and challenges when a team of math and science teachers and a researcher collaborate to develop STEM education based on developing students' competence to process data (STEM data handling competence). The study is based on an ethnographic case study where interviews and observation are used to collect empirical material. Through inductive analysis, two themes emerge: 1) Joint preparation supports teachers in developing ownership of a selected STEM competence goal, and 2) Redesign of visual STEM competence

Årg. 10 | nr. 1 | 2025 | 24 sider

DOI: 10.7146/lup.v10i1.149726

Studier i læreruddannelse og -profession



models strengthen teachers' competence understanding. The article's research contribution to practice is four didactic recommendations for school leaders and teams of teachers who want to get started with competence-oriented STEM education.

Keywords

STEM education, interdisciplinarity, collaboration, empirical case study, STEM didactic recommendations

Indledning

STEM-faglig uddannelse er på den uddannelsespolitiske dagsorden

STEM er akronym for *Science Technology Engineering Mathematics*. STEM-akronymet har gjort sit indtog på den uddannelsespolitiske dagsorden både internationalt og nationalt. Årsagen hertil er dels at øge antallet af børn og unge, der uddanner sig inden for STEM og får job indenfor STEM-området. Og dels at imødekomme børn og unges behov i deres fremtidige liv – uanset karrierevalg. Alle borgere i det moderne samfund må kunne forholde sig til den verden, de lever i, og det betyder, at alle må have færdigheder, viden og kompetence indenfor STEM (Johnson & Sondergeld, 2020; Siu & Lam, 2005). Men det er ikke entydigt, hvordan akronymet skal fortolkes ind i en uddannelseskontekst (Bybee, 2018).

Internationale aktører adresserer, at flere børn og unge skal udvikle kompetence indenfor STEM. For eksempel præsenterer Rådet for Den Europæiske Union otte nøglekompetencer for *lifelong learning*. Én af dem er "mathematical competence and competence in science, technology, and engineering" (European Commission, 2019, s. 8). FN's organisation for uddannelse, videnskab og kultur (UNESCO) pointerer i en af sine rapporter, at "alle lande skal identificere specifikke STEM-kompetencer, som deres borgere bør erhverve, ikke blot for at imødekomme fremtidige krav fra arbejdsmarkedet, men også for at sikre en bæredygtig livskvalitet for alle" (Ng, 2019, s. 10, min oversættelse).

Nationale aktører har også fokus på STEM. For eksempel præsenterer regeringen rapporter, hvor fokus er at styrke danskernes STEM-kompetence. Eksempler herpå er Strategi for Danmarks digitale vækst (Erhvervsministeriet, 2018), hvor særligt Teknologipagten (teknologipagten.dk) skal sikre at få flere til at interessere sig for STEM, uddanne sig indenfor STEM og anvende STEM i job. Også regioner og kommuner (Grunwald & Kronvald, 2018; Madsen & Poulsen, 2023) og interesseorganisationer som fx Dansk Industri (danskindustri.dk) og ingeniørforeningen IDA (ida.dk) forsøger at påvirke mål og indhold mod et stærkere fokus på STEM.

Men ikke alle er for, at det massive fokus på udvikling af børn og unges STEM-kompetence bringes ind i skole og uddannelse, og den måde, det foregår på. Fx problematiserer Schmidt (2019), at erhvervslivet anvender en STEM-kriseretorik til at sikre fokus på teknologi og engineering i forbindelse med unges arbejdsmarkedsparathed. Schmidt argumenterer for, at der bør fastholdes en opmærksomhed på, at den almene dannelse er af afgørende betydning for undervisning, og at den økonomiske interesse i at uddanne flere teknologer og ingeniører ikke skal sætte den indholdsmæssige dagsorden for fremtidig uddannelse. Blackley & Howell (2015) påpeger, at den måde, hvorpå STEM-uddannelse er blevet praktiseret de seneste 15 år, ikke er lykkedes, og at det måske kalder på en differentieret tilgang. Fx at der i højere grad fokuseres monofagligt, eller at STEM-uddannelse kun skal være for nogle udvalgte elever.

Hvordan skal folkeskolen forholde sig til STEM-faglig uddannelse?

Den store opmærksomhed på STEM er et udtryk for, at akronymet har gjort sit indtog i uddannelsesdebatten. Men der er ikke enighed om, i hvilken form STEM skal implementeres i grundskolen.

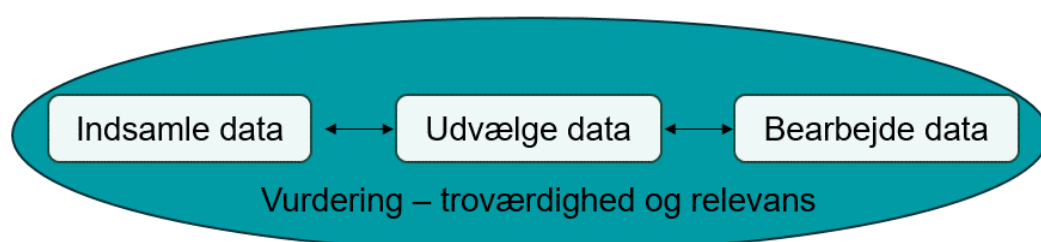
Problemstillingen stiller skoler og lærere i en svær situation. For hvordan skal de imødekomme internationale og nationale aktører, der er optaget af, at flere børn og unge udvikler STEM-kompetence, når STEM ikke er rammesat i skolens styredokumenter? Og hvis lærerne i givet fald vil forsøge at tilrettelægge og gennemføre undervisning med et STEM-fagligt fokus, hvordan skal det så foregå?

Kompetence til at behandle data er særligt STEM-fagligt

I min ph.d., *Kompetenceorienteret STEM-undervisning* (Møller, 2024), fastslår jeg, at én tilgang til STEM-undervisning er at have udvalgte STEM-kompetencer som pejlemærke for sin matematik- og naturfagsundervisning. Én af disse kompetencer er *STEM-databehandlingskompetencen*.

STEM-databehandlingskompetence handler om elevers parathed til at kunne *indsamle, udvælge og bearbejde* relevant datamateriale og til at kunne *vurdere og evaluere troværdighed og relevans* af data i en given sammenhæng (Møller, 2022).

For at illustrere, hvordan de forskellige elementer hænger sammen, udvikler jeg en visuel model af STEM-databehandlingskompetencen. Den kan ses i figur 1.



Figur 1. En Model af STEM-databehandlingskompetencen

Konkret handler STEM-databehandlingskompetencen altså om, at elever skal kunne overskue mulige datakilder til en given STEM-problemstilling, så de kan foretage en kvalificeret indsamling og udvælgelse. Dernæst skal de kunne bearbejde de indsamlede data ved at organisere, visualisere og systematisere dem. Desuden handler kompetencen også om, at elever kan evaluere og reflektere over datas udsagnskraft.

Kan STEM-undervisning have fokus på databehandling?

Ifølge Bybee (2018, s. 75) kan STEM forstås som reference for S (science) og M (mathematics). I en dansk kontekst kan det oversættes til naturfags- og matematikundervisningen (Svabo et al., 2024).

For at imødekomme internationale og nationale uddannelsesinteresserede aktørers interesse for STEM vil det være relevant at undersøge, hvordan definitionen af STEM-databehandlingskompetence kan rammesætte STEM-undervisning, og hvordan det kan foregå som et samarbejde i matematik og naturfag. Og hvilke muligheder og udfordringer der kan være derved. Viden fra sådan en undersøgelse kan give inspiration til, hvordan skoler og lærere kan imødekomme de mange aktørers fokus på flere børn og unge med STEM-kompetence.

Følgende forskningsspørgsmål er styrende for artiklen:

Hvilke muligheder og udfordringer kan der opstå, når et team af matematik- og naturfagslærere samarbejder om at udvikle, gennemføre og evaluere STEM-undervisning, der sigter efter at udvikle elevers kompetence til at behandle data?

Metodiske overvejelser

For at finde svar på forskningsspørgsmålet gennemføres et etnografisk single casestudie (Baarts, 2015; Yin, 2018), som implementerer designbaseret forskning (Gravemeijer & Cobb, 2006). En etnografisk tilgang til en undersøgelse

af praksis giver en dyb forståelse af, hvad der sker i en given undervisnings-situation (Borgnakke, 2013), og elementer fra designbaseret forskning giver mulighed for at udvikle didaktiske anbefalinger til praksis (Bakker, 2019). Studiets videnskabelige tilhørsforhold ligger indenfor humanvidenskab-erne med særlig tilknytning til det fortolkningsvidenskabelige paradigme (Launsø et al., 2017). Derfor arbejdes der i studiet ud fra en præmis om, at viden om og indsigt i de sociale forhold, der undersøges, nødvendigvis må bygge på forståelse for og indlevelse i de sociale fænomener, der undersøges.

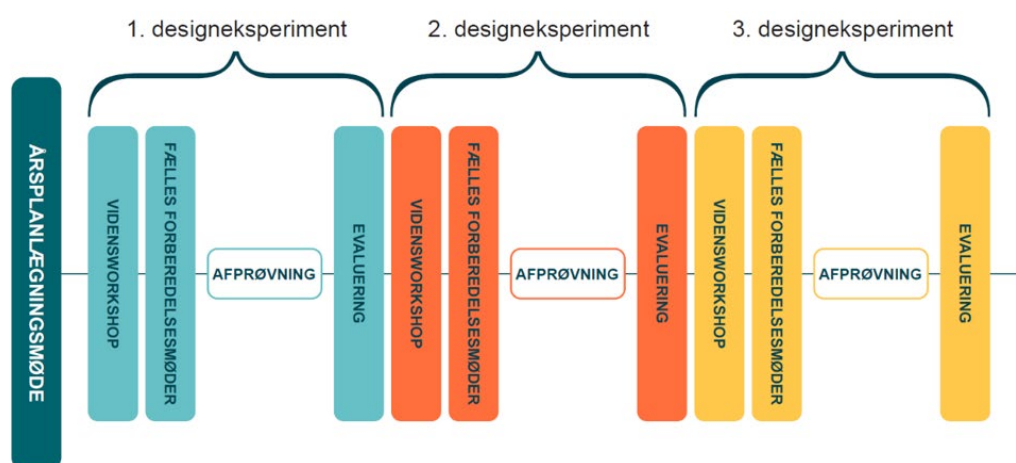
Et etnografisk casestudie med en designbaseret forskningstilgang

Et team af lærere på 7. årgang er valgt som case. Skolen, hvorpå lærerne arbejder, er en mellemstor skole med 650 elever, som har henholdsvis to og tre spor fra 0. til 9. klassetrin. På 7. årgang er der 63 elever fordelt i tre klasser. I den klasse, vi skal følge, er der 21 elever fordelt på 11 piger og 10 drenge.

Gennem tre designeksperimenter udvikler, afprøver og evaluerer lærerne og jeg undervisning, som sigter efter at udvikle elevernes STEM-kompe-tence. Jeg har forskellige roller gennem undersøgelsen. Jeg deltager dels som forsker, som ressourceperson og som medudvikler af undervisningsforløb. Jeg italesætter de forskellige roller overfor lærerne gennem samarbejdet.

Som ramme for udvikling af STEM-forløb har jeg (som forsker) i en teo-retisk analyse fundet fem didaktiske principper for kompetenceorienteret STEM-undervisning. Ét af dem er at lade undervisningen sigte eksplicit efter én STEM-kompetence ad gangen (se Møller (2024, s. 95) for nærmere uddyb-ning af de fem didaktiske principper). I de første to designeksperimenter tager lærerne og jeg afsæt i kompetencemålet for STEM-databehandling. I det sidste har vi fokus på at opstille STEM-problemer.

Hvert designeksperiment har en bestemt udviklingsrytme, som består af en vidensworkshop, fælles forberedelsesmøder, afprøvning og evaluering. De første to designeksperimenter gennemføres umiddelbart efter hinanden i efteråret 2022, og det tredje designeksperiment gennemføres i foråret 2023. Et årsplanlægningsmøde inden skoleårets start bidrager til, at afprøvningen ikke falder sammen med lejrskoler, skole-hjem-samtaler, ferier eller lignende rammesatte aktiviteter. En oversigt over det empiriske undersøgelsesdesign ses i figur 2.



Figur 2. Oversigt over det empiriske undersøgelsesdesign. Modellen er tilpasset fra Højgaard & Winther (2021).

Gennem designeksperimenterne er der forskellige faser, hvor lærernes og min rolle er forskellige. Det er mig som forsker, der har ansvaret for forskningsprocessen, herunder at være systematisk, så undersøgelsen kan karakteriseres som forskning. Samtidig er jeg også samarbejdspartner i forhold til at udvikle undervisningsforløbene. Lærerne er ligeledes samarbejdspartnere i udviklingen af forløbene, men de er også praktikere, hvilket betyder, at de varetager forsøgsundervisningen i klasserummet. Jeg italesætter vores forskellige roller for på den måde at synliggøre overfor lærerne, hvornår jeg er deltagende eller ikke deltagende i undersøgelsen.

Indsamling af empiri

Som metode til at indsamle empiri anvendes delvis og deltagende observation (Spradley, 2016), semistrukturerede interviews (Kvale & Brinkmann, 2015), feltnoter (Bundgaard et al., 2018) og elevartefakter. Konkret består empirien af lydoptagelser af fælles forberedelsesmøder, videoobservation af undervisning samt formelle og uformelle interviews med lærere og elever. Jeg indsamler også diverse dokumenter som elevprodukter og PowerPoint-præsentationer. Det empiriske materiale består i alt af 18 timers lydoptagelser fra fælles forberedelsesmøder og interviews, 15 timers video i 7. X samt adskillelige dokumenter samlet i en logbog.

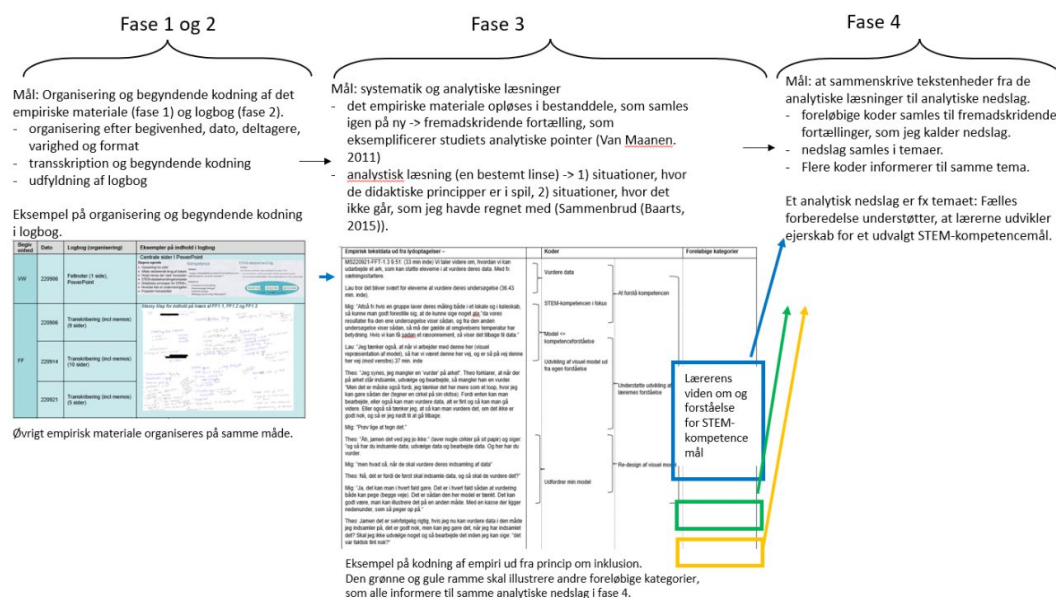
Analyseproces

En empiridreven analyse af det empiriske materiale foretages gennem fire faser. I fase 1 organiserer jeg det empiriske materiale efter begivenhed, dato

og format. Et eksempel på det kan være: "Fælles forberedelse; 220906; transskribering af samtale." I fase 2 skaber jeg mig et overblik over empirien ved at lave en logbog. Logbogen indeholder fx begrebskort og simpel transskribering af indhold og forløb.

I fase tre gennemfører jeg analytiske læsninger (Plauborg, 2016). Hensigten med analytisk læsning er at se empirien gennem en bestemt linse. Min linse er situationer, hvor de didaktiske principper, som lærerne og jeg har for STEM-undervisning, er i spil. Derudover tillader jeg også at inkludere situationer, hvor det ikke går, som jeg havde regnet med (Baarts, 2020). (Se Møller (2024, s. 133) for nærmere uddybning af den analytiske proces).

I fase 4 sammenskriver jeg tekstenheder fra det empiriske materiale til analytiske nedslag. Resultatet fremstår som en fremadskridende fortælling, som eksemplificerer studiets analytiske pointer. En illustration af den analytiske proces ses i figur 3.



Figur 3. Illustration af analyseprocessen i fire faser

Analyseprocessen knytter sig til det fortolkningsvidenskabelige paradigme og resulterer i pointer, som bygger på forståelse og indlevelse i de sociale fænomener, der undersøges.

Undersøgelsens resultater

Analyseprocessen resulterer i to analytiske nedslag, som giver svar på mit forskningsspørgsmål. Jeg præsenterer her de to analytiske nedslag i to



temaer. De to temaer er udvalgt, fordi de giver indsigt i både muligheder og udfordringer ved, at matematik- og naturfagslærere arbejder sammen om at gennemføre STEM-undervisning, der har STEM-databehandlingskompetence som udgangspunkt.

Tema 1: Fælles forberedelse understøtter, at lærere udvikler ejerskab for et udvalgt kompetencemål

Det første tema handler om, hvordan matematik- og naturfagslærere gennem fælles forberedelse får forståelse for STEM-databehandlingskompetencen. Når lærerne sammen reflekterer over, hvordan STEM-kompetencens særlige egenskaber og karakteristika danner udgangspunkt for en konkret aktivitet, fremmes deres STEM-kompetenceejerskab. Grunden hertil er, at fælles refleksioner bidrager til ejerskab over STEM-kompetencen. Dermed opnår lærerne en forståelse, som medvirker til, at de får den særlige STEM-faglige kompetence ind under huden og engagerer sig i, hvordan udvikling af elevers kompetence til at behandle data kan bringes i spil i en konkret aktivitet. Det er i denne proces vigtigt, at der er en, der opretholder fokus på, at det er STEM-databehandlingskompetencen, der er pejlemærke for de aktiviteter, der sættes i gang. I den konkrete case er det mig i min rolle som ressourceperson og medudvikler.

Et samarbejde begynder

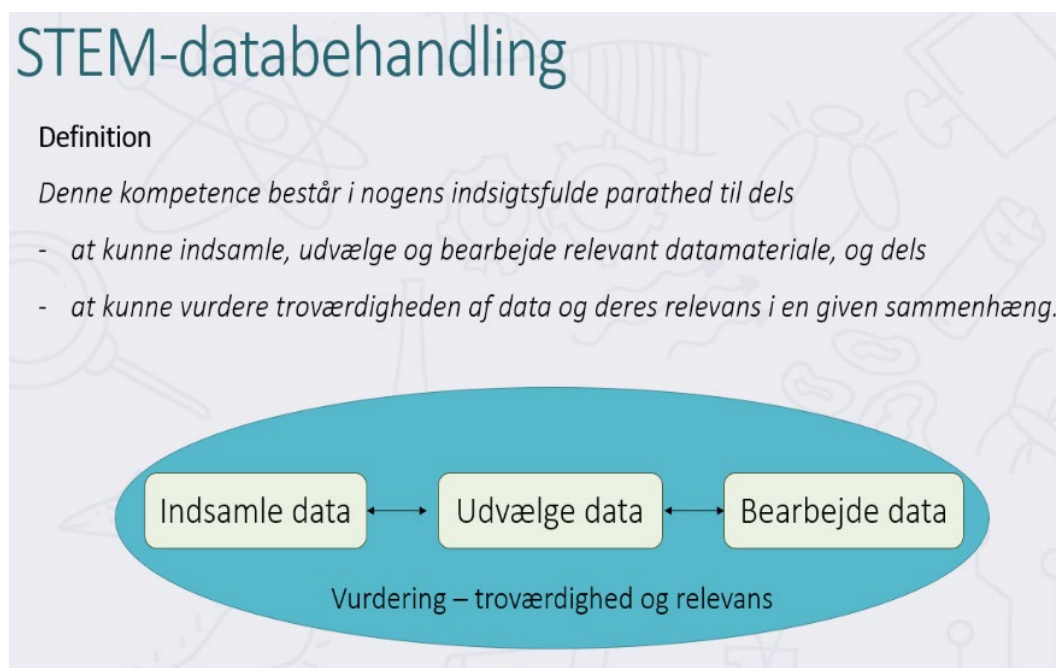
For at give et indblik i, hvordan lærerne og jeg i casen konkret samarbejder, præsenteres det første nedslag: *Workshop og fælles forberedelse*. Nedslaget viser, hvordan den første vidensworkshop sættes i gang, og hvordan jeg som ressourceperson introducerer STEM-databehandlingskompetencen for lærerne. Læg mærke til, hvordan jeg anvender en visuel model, når jeg skal forklare STEM-databehandlingskompetencen for lærerne. Læg ligeledes mærke til, at den vidensdeling, der foregår, hovedsageligt er envejskommunikation. Det er uheldigt. Det er alene mig, der holder et oplæg. Der er ingen fælles dialog om min versus lærernes individuelle kompetenceforståelse. Det skal senere vise sig, at dialogen mellem lærerne er særlig vigtig, når de skal udvikle forståelse for, hvad STEM-databehandling er for en størrelse. Dialogen kommer, når lærerne forbereder sig sammen, og når fokus på kompetencemålet fastholdes.

Nedslag 1: Workshop og fælles forberedelse

Klokken 8.00 ringer en klokke, og Lau, Theo og jeg går mod det mødelokale, Jens reserverede før sommerferien. Theo har rundstykker, smør og ost med. Lau tager kaffen. Charlotte og Rita kommer også. Charlotte og Rita underviser i fysik/kemi og biologi. Vi har til kl. 11.

På årsplanlægningsmødet før ferien aftalte vi, at vi i det første forløb ville have fokus på STEM-databehandlingskompetencen. Jeg har derfor forberedt et oplæg om STEM-kompetence generelt og STEM-databehandlingskompetence specifikt.

”STEM-databehandlingskompetence defineres som nogens indsigtsfulde parathed til dels at kunne indsamle, udvælge og bearbejde relevant datamateriale og dels at kunne vurdere og evaluere troværdighed og relevans af data i en given sammenhæng” læser jeg fra præsentationen. Med mine egne ord fortsætter jeg med at beskrive karakteristika for STEM-databehandling i relation til elever i folkeskolen. Jeg inddrager modellen for STEM-databehandling, figur 4 (Møller, 2024).



Figur 4. STEM-databehandlingskompetence, definition og model (Møller, 2024).

Jeg forklarer lærerne, at STEM-databehandlingskompetence for mig handler om, at eleverne kan overskue mulige datakilder til en given STEM-problestilling, så de kan foretage en kvalificeret indsamling og udvælgelse af data.



Mens jeg forklarer og giver eksempler, inddrager jeg modellen og peger på den.

Jeg peger på den nederste 'pind' i definitionen af STEM-databehandling og siger, at STEM-databehandlingskompetencen også handler om, at eleverne kan evaluere og vurdere deres indsamling, udvælgelse og bearbejdning samt reflektere over den udsagnskraft, deres behandling udtrykker.

Lærerne lytter, drikker kaffe og spiser rundstykker.

Nedslag 1 giver et indblik i, hvordan første workshop og fælles forberedelse sættes i gang (linje 2-7). Nedslaget viser, at jeg introducerer lærerne til kompetencen STEM-databehandling gennem et oplæg (linje 8-18). Jeg indtager i denne situation rollen som vidensressource. Lærerne og jeg har sammen aftalt, at vi vil fokusere på databehandling (linje 5-7). Jeg har forberedt et oplæg (linje 6), hvor jeg fremhæver STEM-kompetence generelt (linje 6) og STEM-databehandlingskompetence specifikt (linje 7). Jeg inddrager en visuel model (linje 13), og jeg påpeger, at det er centralt, at eleverne kan evaluere og vurdere deres indsamling, udvælgelse og bearbejdning samt reflektere over det (linje 18-22).

I min logbog reflekterer jeg over, at mit oplæg ikke er særligt workshop-agtigt, og at dialog og refleksion udebliver. Refleksionen inkluderes i mine analytiske læsninger og medvirker til en opmærksomhed på, hvordan lærere præsenteres for viden om STEM-faglighed. Manglende dialog er måske ikke i sig selv en udfordring, men det kan det blive, hvis denne tilgang til STEM-undervisning skal udbredes til andre skoler eller kommuner. For hvordan skal lærere få kendskab til særlige STEM-kompetence, hvis ikke de taler sammen derom?

Vi skal senere se, at det er gennem den fælles forberedelse, at lærerne sætter ord på, hvordan de fortolker kompetence til at behandle data. Det er derfor en pointe at sørge for, at det er muligt for lærerne at forberede sig sammen og, at fokus på STEM fastholdes.

Fælles forberedelse bidrager til kompetenceforståelse

Efter oplægget går vi i gang med at udvikle et forløb, der eksplicit sigter efter, at eleverne udvikler kompetence til at behandle data. Det er først under den fælles forberedelse, at lærerne begynder at forholde sig til STEM-databehandlings karakteristika.

Om lidt præsenteres andet nedslag: *Udvikling af forløb*. Vi skal se, at lærerne i denne aktivitet i højere grad forholder sig til, hvad det vil sige at

have kompetence til at behandle data. Særligt er det værd at bemærke Charlottes argumenter for, at et kogeforsøg kan understøtte, at elever udvikler kompetence til at behandle data, bl.a. fordi de ud fra målinger kan sammenligne resultater fra de øvrige klasser. Det er også værd at bemærke, at jeg som medudvikler er med til at holde fokus på kompetencemålet. Lærernes justeringer af aktiviteter er med til at eksemplificere, hvordan de udvikler ejerskab for STEM-kompetencens karakteristika.

Nedslag 2: Udvikling af forløb

Lærerne brainstormer ivrigt om indholdet i det kommende forløb på tværs af det ovale bord. Theo minder om, at de har et klassesæt med buer og pile fra Center for Undervisningsmidler (CFU) til rådighed i forsøgsperioden. Både Lau og Jens synes, at det er en god idé at inddrage bueskydning i projektet.

Rita foreslår, at undervisningsforløbet også kan handle om plasticforbrug. Eleverne kan så indsamle det plastic, der bruges på skolen, og sortere det. Theo synes, det lyder fint. Så bliver matematik et værktøj, som han mener, det skal være.

Jeg taler med og siger, at det må være muligt at tilrettelægge aktiviteter, hvor eleverne undersøger, hvordan de kan dele plastic op i forskellige kategorier, og hvad disse kategorier så kan sige noget om. Jeg nævner også, at undersøgelsen kan indeholde, at eleverne laver databehandling på deres indsamling.

Theo kan godt lide idéen om plasticindsamling og -sortering. Han får den idé, at eleverne så også kan designe en skraldespand. Lærerne taler videre om at få fat i en virksomhed, der kan producere skraldespandene. De foreslår, at det kan foregå på tre-d-printere eller med lasercutter. Lau byder ind med, at design af en skraldespand foregår gennem en designproces.

Lærerne diskuterer, om skraldespanden skal være pæn, og om den kan laves i pap. "Skal det så være en konkurrence om at lave den bedste?" spørger Theo. "Så kan vi finde en måde at få den designet på."

Jeg bryder ind og fastslår, at designprocessen må være noget, der skal foregå, efter at eleverne har arbejdet med at indsamle data.

[...]

Efter knap et kvarter siger Charlotte, at hun tænker på, om forsøget, hvor eleverne skal koge noget vand, kan anvendes som aktivitet. Hun nævner, at eleverne så kan måle temperaturen hvert minut, og så kan de sammenligne



resultater fra de tre klasser. Hun foreslår, at eleverne så kan overveje, hvorfor nogles vand koger hurtigt og andres langsomt.

Jeg foreslår, at eleverne så kan visualisere deres målinger i grafer og sammenligne, hvor de er ens, og hvor de er forskellige. Charlotte og Lau nævner, at det forsøg laver de jo alligevel i fysik.

Tema 1 om lærernes kompetenceejerskab handler om, at når lærerne engagerer sig i, hvordan STEM-kompetencemålets egenskaber og karakteristika kan bringes i spil i en konkret aktivitet, får de STEM-kompetencemålet ind under huden. De får en forståelse for og fornemmelse af, hvordan STEM-kompetencemål kan operationaliseres til undervisning. Det er i denne proces nødvendigt, at de holdes fast på, at det er databehandling, der er pejlemærket. Fx ses det, at jeg flere gange minder lærerne om, at de skal sigte efter, at eleverne arbejder med databehandling (linje 9-12 og linje 20). Lærernes refleksioner over og samtaler med mig om, hvordan aktiviteter afspejler, at eleverne kan arbejde med databehandlingskompetencen, medvirker til, at lærerne udvikler deres kompetenceejerskab.

Et eksempel herpå er Charlotte, der efter et kvarter kommer til at tænke på, om eleverne ved at koge vand kan måle temperaturen hvert minut og sammenligne resultater fra de andre klasser (linje 25). Charlotte forklarer, at eleverne efter forsøget kan overveje, hvorfor nogles vand koger hurtigt og andres langsomt (linje 26). Charlottes tanker vidner for mig om, at hun er opmærksom på de elementer af STEM-databehandlingskompetencen, der handler om at indsamle data og om at vurdere data, jf. nedslag 1, figur 2. Konkret forestiller Charlotte sig, at eleverne først indsamler data ved måling (linje 24) og derefter sammenligner de tre klassers resultater (linje 25). Jeg forstår Charlottes refleksioner som et tegn på, at hun aktivt forholder sig til de karakteristika for STEM-databehandlingskompetencen, jeg tidligere præsenterede (nedslag 1, linje 8-21). Jeg oversætter dette til, at Charlotte begynder at tage ejerskab over databehandlingskompetencen.

Nedslag 2 viser, at Charlotte reflekterer over sammenhængen mellem aktivitet og STEM-databehandling i forberedelsesfasen, og derfor foreslår hun at inddrage en aktivitet, hvor eleverne skal koge vand. Hun argumenterer ud fra forsøget for, hvordan eleverne kan arbejde med forskellige elementer af STEM-databehandlingskompetencen, indsamle, sammenligne og vurdere.

I et bredt vue ud over det empiriske materiale er der flere tegn på, at lærerne gennem den fælles forberedelse får forståelse for kompetencemålet,

og at deres forståelse har indflydelse på de valg om aktiviteter, de træffer. For eksempel dropper Theo bueskydningsemnet, da han hører Charlottes argumentation. Theos forslagsændring tolker jeg, som om også han er begyndt at få greb om STEM-databehandlingskompetencen. Vi skal senere se, at Theo også viser tegn på ejerskab, idet han redesigner den visuelle model i figur 4 og med egne ord kan forklare kompetencens karakteristika.

Opsummering af tema 1

Konklusionen for tema 1 bliver, at når lærerne sammen reflekterer over og holdes fast på, hvordan STEM-kompetencemålets særlige egenskaber og karakteristika kan danne udgangspunkt for en konkret aktivitet, kan det fremme deres kompetenceejerskab.

STEM-kompetenceejerskab kan føre til en erkendelse af, at andre aktiviteter må på banen, og føre til implementering af en kompetenceorienteret aktivitet. Kompetenceejerskab betyder også, at lærerne kan fortsætte kompetenceorienteringen, selv når uventede situationer dukker op.

Udfordringer ved at udvikle en ny kompetenceforståelse handler om, at det kan være vanskeligt for lærerne at forholde sig til ny viden om STEM-databehandlingskompetencen, alene ud fra et oplæg. Det kræver engagement og tid at få tilstrækkelig viden og forståelse for STEM-kompetencemål, til at den kan operationaliseres til undervisning.

Denne pointe giver anledning til en opmærksomhed på, hvordan lærere introduceres til de STEM-kompetencemål, de i deres undervisning vil sigte efter. Ét oplæg er ikke nok. Det er nødvendigt, at fokus på kompetenceelementet fastholdes gennem den fælles forberedelse. Fx ved at en forsker eller anden ressourceperson fungerer som faglig fokusfastholder.

I næste tema nuanceres begrebet kompetenceejerskab og samarbejde på tværs af fag. Det sker ved, at lærerne redesigner og inddrager visuelle modeller af kompetencens karakteristika i både forberedelse og evaluering. Disse modeller er med til at rammesætte deres samarbejde om at udvikle et STEM-forløb.

Tema 2: Redesign af visuelle STEM-kompetencemodeller giver lærere et fælles afsæt for at samarbejde om at udvikle kompetenceorienteret STEM-forløb

Tema 2 handler om, hvordan redesign af visuelle modeller kan understøtte lærernes kompetenceforståelse og derved bliver afsæt for sammen at

udvikle et STEM-fagligt forløb. Årsagen er, at lærerne i og efter redesignfasen sammen overvejer sammenhængen mellem STEM-kompetencens enkelte elementer og med sigte på en visualisering forholder sig til STEM-kompetencens karakteristika. Denne forståelse danner ramme for udvikling af undervisningsforløb.

På hver af de tre vidensworkshops præsenterer jeg i forlængelse af kompetencedefinitionen lærerne for mit udkast til en visuel model af den udvalgte STEM-kompetence. Modellen, fx figur 1, er udgangspunkt for de samtaler, vi har om målet med undervisningen, og for beskrivelsen af de aktiviteter, vi forestiller os, eleverne skal lave.

Theo designer sin egen model

Allerede i første designeksperiment viser særligt Theo et behov for at visualisere STEM-kompetencemodellen (figur 1) på en ny måde. Han stiller spørgsmål til min model, i forhold til hvordan de enkelte delelementer af kompetencen indvirker på hinanden. På et stykke papir begynder han at skitsere forslag til en alternativ repræsentation. I både første og anden designeksperiment udvikles skitserne til farverige modeller.

Som et eksempel på, hvordan min model af STEM-databehandlingskompetence, figur 1, bliver redesignet, præsenteres her nedslag 3: *Redesign af STEM-kompetencemodel*. Nedslaget er fra andet designeksperiment, hvor fokus stadig er på at udvikle elevers kompetence til at behandle data.

Læg i nedslaget særligt mærke til, hvordan Theo ændrer opstillingen i den visuelle model af *at indsamle data, at udvælge data og at bearbejde data*, og hvordan han argumenterer for sammenhængen mellem dem. Ændringen vidner om, at Theo er blevet mere fortrolig med kompetencens karakteristika.

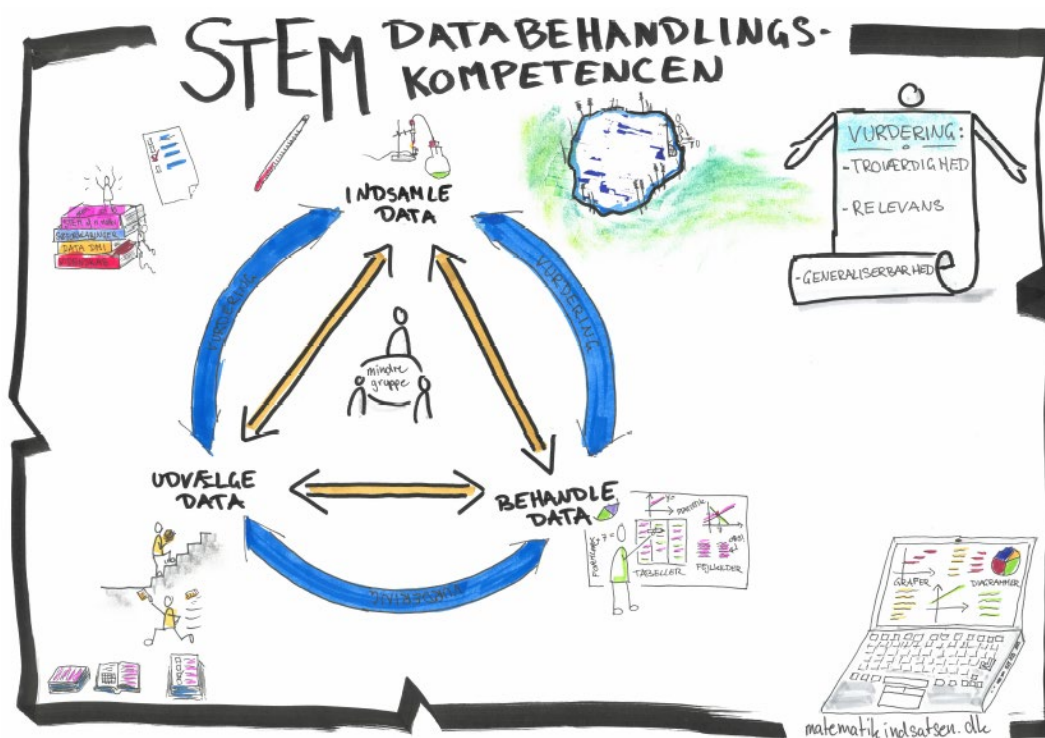
Nedslag 3: Redesign af STEM-kompetencemodel

Sidst på formiddagen påpeger jeg, at det eneste, vi lige mangler, er det med at gøre kompetencen synlig for eleverne. Jeg uddyber: "Altså invitere dem [eleverne] ind i, at kompetencen er målet for aktiviteten, evt. med nogle modeller." Jeg henvender mig særligt til Theo, da han har siddet og tegnet på en model for STEM-databehandlingskompetence. Theo viser en skitse af en model, hvor 'indsamle', 'udvælge' og 'bearbejde' er opstillet i en trekant. "Det er den trekant, som du [i din model] har som flad," forklarer han og henviser til modellen i figur 4 (Nedslag 1). Theo forklarer, at han har lavet

modellen rund, med 'vurdering' som den ring, som slutter om de tre faser: indsamle, udvælge og behandle.

Theo og jeg skriver de kommende dage sammen om modellens udformning. Theo skriver bl.a., at han i den første sort-hvide-udgave af modellen er i tvivl om, om vurderingspilene skal være dobbeltrettede. Jeg svarer, at jeg synes, "det virker godt med dobbeltpile. Det illustrerer den dobbelte frem-og-tilbage-proces." Jeg tilføjer: "Men måske også ind på de andre pile [processen mellem fx at udvælge og bearbejde]. Det kommer lidt an på, hvad det er, de skal vurdere. Måske vi kan blive lidt klogere på det på onsdag."

Om onsdagen har Theo selv truffet beslutningen om at lave pilene dobbeltrettede. Han har ligeledes lavet de små associationstegninger samt farvelagt hele arket. Den endelige model af STEM-databehandlingskompetencen ses i figur 5.



Figur 5. Theos model af STEM-databehandlingskompetencen

Til det næste fælles forberedelsesmøde spørger jeg Theo, om han vil forklare sin model for Lau, Jens og mig. Theo forklarer: "Den er lavet ud fra de tanker, som vi snakkede om sidst. At vi skal lave noget dataindsamling, vi skal have noget behandling af data og noget udvælgelse af data. Og det er

ikke nødvendigvis i den rækkefølge, vi har sagt. Hvis man udvælger noget data, så kan man godt finde ud af "uh, jeg mangler faktisk noget," og så er man nødt til at gå tilbage og så finde ud af, "hvordan indsamler jeg så de data, jeg har brug for." Ligesom når man er i gang med at behandle noget data, så kan det være, at man finder ud af, at man faktisk har valgt noget forkert, og så er jeg nødt til at gå tilbage til udvælgelsen og så vælge. Og så har jeg prøvet at putte ind i modellen, at hvert trin, som man skal igennem, der er man nødt til at vurdere. Man er nødt til at vurdere, "hvorfor vælger jeg det her," og det har jeg taget ud fra det her med vurdering, troværdighed og relevans. Og så har jeg puttet det her generaliserbarhed på, fordi det er de her tre step, du [mig, som oplægsholder] sagde, at det er det, vurdering indeholder. Og så har jeg valgt at sige, at generaliserbarhed, det gør vi måske ikke så meget ved, så den har jeg bare sat ned på flappen her [peger øverst til højre]. Og så er det de to andre [troværdighed og relevans], der ligesom er mere i fokus. Og så har jeg bare været ved at tegne et eller andet, hvor man kan sige, at her prøver man at indsamle noget data af en eller anden art og at bearbejde noget, og så prøver man at udvælge ud fra nogle store bunker [peger på de små tegninger]. Så det er sådan det. Jeg ved ikke, om der skal mere på, eller om der mangler noget, eller hvis der er noget, der skal laves om. Men det er mit udkast, jeg kunne stykke sammen."

Det fremgår i nedslag 3, at Theo på forberedelsesmødet tegner en illustration af en ny model af STEM-databehandlingskompetencen (linje 5). Til forskel fra den model, jeg har vist i figur 4, er 'bearbejde data' byttet ud med 'behandle data,' og hvor elementerne indsamle, udvælge og bearbejde data i figur 4 står vandret, er de i Theos model sat op i en trekant (linje 7).

Da Theo forklarer modellen for os andre, er han konkret på STEM-databehandlingskompetencens karakteristika. Han giver eksempler på, hvordan eleverne kan gå frem og tilbage mellem elementerne indsamle, udvælge og behandle data (linje 23). Han er bevidst om, at det ikke nødvendigvis behøver at være i en bestemt rækkefølge, så hvis eleverne fx er i gang med at udvælge noget data og opdager, at de mangler noget, så kan de gå tilbage og indsamle noget mere data (linje 26). Denne forklaring relaterer sig til den gule dobbeltrettede pil i figur 3 mellem at indsamle og at udvælge data. Ligeledes udfolder Theo relationen mellem at behandle og at udvælge data (linje 28). Theo er tydeligvis klar over, hvordan modellen af STEM-databehandlingskompetencen hænger sammen med hans forståelse af kompetence til at behandle data.

I den sparring, jeg har med Theo mellem forberedelsesmøderne, er han i tvivl om, om vurderingspilen skal være dobbeltrettede (linje 11). Han beslutter selv, at de skal være dobbeltrettede (linje 31). Jeg føler mig overbevist om, at Theos engagement i at redesigne STEM-kompetencemodellerne medvirker til, at han overvejer vurderingspilenes betydning og med sigte på en visualisering bliver konkret på først pilenes rolle og derefter deres udformning. Visualiseringen er dermed med til at udvikle Theos egen STEM-kompetenceforståelse.

Lau henviser til Theos model

Selvom Lau ikke aktivt forholder sig til og er en del af processen om at redesigne den visuelle model af STEM-databehandlingskompetencen, så støtter han sig til den, når han skal forklare sin forståelse deraf. Det får vi indblik i med kommende nedslag 4: *Lau støtter sig til Theos model*.

Læg særligt mærke til, at Lau foretrækker at have modellen (figur 5) foran sig, når jeg spørger til, hvordan han forstår kompetence til at behandle data.

Nedslag 4: Lau støtter sig til Theos model

Lau og jeg sidder i et af skolens forberedelseslokaler. Anden forsøgsundervisning er gennemført, og jeg gør klar til at interviewe Lau om hans oplevelse heraf.

Jeg finder mine forberedte interviewspørgsmål frem. Jeg forklarer, at der er flere elementer, som jeg gerne vil have hans perspektiv på, bl.a. hans forståelse STEM-databehandlingskompetencen.

Lau: "Lige i forhold til STEM-kompetencer, der har vi det der papir [visuel model af STEM-databehandlingskompetencen] ... det henter jeg lige."

Lau henter papiret med figur 5 i sit forberedelseslokale.

Jeg spørger, om han vil forklare, hvordan han forstår STEM-databehandlingskompetence, og mens han gør det, peger han på at indsamle data, udvælge data og behandle data i figur 5.

I situationen i nedslag 4 sidder Lau og jeg sammen i et af skolens forberedelseslokaler. Jeg er nysgerrig på, hvordan Lau forstår STEM-databehandlingskompetencen, og spørger derfor ind dertil. Inden Lau vil svare, henter han den model, Theo har redesignet (linje 7). Han forklarer derudfra, at databehandlingskompetencen har tre pejlemærker: at indsamle, at udvælge og at behandle data (linje 10).



Nedslaget fremhæver den pointe, at den fælles forberedelse har betydning for, hvordan lærerne forstår STEM-databehandlingskompetence. Det er i den fælles forberedelse, at Theo redegør for modellen, og det er Theos forklaring, Lau trækker på i sin egen forklaring.

Opsummering af tema 2

Konklusionen for tema 2 bliver, at redesign af visuelle modeller for STEM-kompetencerne kan være omdrejningspunkt for at samarbejde om STEM-undervisning. Når lærerne indgår i en proces med at redesigne en visuel model af en STEM-kompetence, så bliver de nødt til at forholde sig til STEM-kompetencens karakteristika. Dette kan føre til tilretninger i modellen, som medvirker til, at de sammen kan drøfte sammenhængen mellem model og aktiviteter. Dermed får lærerne et fælles afsæt for at gennemføre STEM-undervisning med fokus på en bestemt STEM-kompetence.

Diskussion

I dette afsnit forholder jeg mig som forsker til, i hvilken grad de to temaer indfanger muligheder og udfordringer ved, at matematik- og naturfagslærere samarbejder om at gennemføre STEM-undervisning, som sigter efter at udvikle elevers kompetence til at behandle data. Jeg forholder mig i afsnittet både til mine metodiske valg og temaernes generaliserbarhed.

Er det risikabelt at udvikle en STEM-uddannelsespraksis gennem en designbaseret forskningstilgang?

Buhl et al. (2022) påpeger, at der i designbaseret forskning er en risiko for, at deltagende praktikere ikke i tilstrækkelig grad involveres i undersøgelsesprocessen. De påpeger, at dette kan medføre, at praktikere i stedet for at være medudviklere bliver testpersoner.

For at imødekomme denne udfordring var jeg i de forskellige faser i forskningsprocessen tydelig omkring, hvornår jeg ønskede at afprøve bestemte tilgange, og hvornår jeg var nysgerrig på lærernes idéer og praksis. En tydelighed herom medvirkede til, at lærerne var klar over, at det var et ønske fra min side, at vi tilrettelagde forløb med udgangspunkt i de fem didaktiske principper. Men at det var deres valg, hvordan det konkret skulle foregå.

Jeg var ligeledes tydelig omkring, at jeg gennem didaktiske analyser af det empiriske materiale kom frem til didaktiske pointer, som jeg i min forsk-

ning ville præsentere som studiets vidensbidrag. Jeg fremlagde pointerne for lærerne, hvor de havde mulighed for at kommentere og udfolde.

På trods af denne form for *member checks* (Lincoln & Guba, 1985) er jeg bevidst om, at de to temaer må betragtes med en passende forsigtighed. De afspejler naturligvis kun den linse, hvormed jeg gennemfører de analytiske læsninger.

Kompetenceejerskab – er det muligt og realistisk?

I første tema påpeger jeg, at når lærerne sammen reflekterer over, hvordan STEM-kompetencemålets særlige egenskaber og karakteristika kan danne udgangspunkt for en konkret aktivitet, fremmes deres kompetenceejerskab. Denne pointe er central, når hensigten er, at matematik- og naturfagslærere skal samarbejde om at tilrette STEM-undervisning. For hvis det skal lykkes at udvikle et forløb, der eksplicit sigter efter at udvikle elevers kompetence til at behandle data, så må lærerne have en fælles forståelse af, hvad det betyder.

Når jeg kigger i anden forskning, som beskæftiger sig med kompetenceorienteret matematik- eller naturfagsundervisning (Hansen, 2018; Sølberg et al., 2015), er det velkendt, at det kan være en udfordring for lærere at have kompetencemål som sigte. Bl.a. er det ifølge Hansen (2018) en udfordring for matematiklærere at udvikle en faglig og fagdidaktisk fortrolighed med matematiske kompetencer, så de kan anvende dem på reflekteret vis.

Det vil være naturligt at antage, at det samme gælder undervisning, som har udvalgte STEM-kompetencemål som pejlemærke. For hverken matematik- eller naturfagslærere har nødvendigvis viden om, hvad der karakteriserer STEM-kompetencer, idet disse ikke er adresseret i nogen styredokumenter.

En pointe fra forsknings- og udviklingsprojektet KOMPIS (KOMpetencemål i PraksIS) (Sølberg et al., 2015) er, at det kan være givende i kompetenceorienteret undervisning at anvende ressourcer på eksterne konsulenter eller forskere til at understøtte udviklingen. Denne pointe ligger i tråd med tema 1, hvor det bliver tydeligt, at der er behov for én, der fastholder fokus på den udvalgte kompetence. Det er således ikke nok, at lærerne får viden om STEM-kompetence gennem et oplæg. Der er behov for, at de gennem deres samarbejde fastholdes på, at målet er at tilrettelægge undervisning, der sigter efter at udvikle elevers databehandlingskompetence.

Ifølge Hargreaves & Fink (2012) kan det tage lang tid at forankre og udbrede ny praksis. Det kan derfor være en vanskelig opgave for lærere at



fastholde fokus på STEM-kompetence, når jeg som forsker ikke længere er til stede.

Hvis ambitionen er, at matematik- og naturfagslærere skal samarbejde om at implementere kompetenceorienteret STEM-undervisning, så er det nødvendigt, at ansvaret over tid overdrages til lærerne. Ifølge Hansen (2018) er dette en udfordring, og derfor kan det være en ide, at der efteruddannes lærere med kompetence til at være STEM-faglig fokusfastholder.

Lærere vil gerne samarbejde om tilrettelæggelse af undervisning

I casestudiet sidder lærerne og jeg sammen, når vi forbereder forløbet om databehandling. Jeg er fleksibel, og derfor fastsætter vi tidspunktet, så det kan passe i både Laus, Theos og Jens' kalender. Det fungerer godt. I andre tilfælde kan det være en udfordring at finde et tidspunkt for dette.

I et forskningsprojekt om lærernes erfaringer med at samarbejde om naturfagsundervisningen finder Daugbjerg et al. (2018), at organisatoriske støttestrukturer er nødvendige for at muliggøre samarbejde. To hovedpointer er, at der afsættes tid til og mulighed for fælles forberedelse og planlægning, og at ledelsen involveres i planlægningen og støtter op om lærernes samarbejde på tværs af fag. Det er derfor en pointe, at skolelederen bakker op om de teams, der vil forsøge sig med at gennemføre kompetenceorienteret STEM-undervisning. Daugbjerg et al. (2018) finder, at lærere generelt gerne vil samarbejde om faglig integration på tværs.

I de seneste år har skoleudviklingsinitiativer haft fokus på meningsfuldt samarbejde mellem lærere. Særligt har det i mange kommuner været hensigten at etablere professionelle læringsfællesskaber (EVA, 2018). Det professionelle læringsfællesskab har et fælles ansvar for undervisningen og elevernes læring. Litteraturen peger på, at udviklingen af professionelle læringsfællesskaber kan styrke de professionelles læring, dvs. deres viden om og indsigt i deres egen undervisningspraksis, og derigennem udvikle deres undervisning og skabe endnu bedre muligheder for elevernes læring (Albrechtsen, 2016).

Noget tyder derfor på, at det også i tilrettelæggelse og gennemførelse af STEM-undervisning er relevant at indtænke arbejdet i professionelle læringsfællesskaber. Figur 2 kan være et realistisk bud på en model, som kan strukturere et STEM-kompetenceudviklingsforløb i professionelle læringsfællesskaber, og modellen kan være relevant at anvende for skoler og teams, der ønsker at fokusere på kompetenceorienteret STEM-undervisning. Fx ved at bestemme 2-3 uger i løbet af et skoleår, hvor der er fokus på STEM.

Konklusion og fire didaktiske anbefalinger

Artiklen her udforsker, hvilke muligheder og udfordringer der kan opstå, når et team af matematik- og naturfagslærere og en forsker samarbejder om at udvikle STEM-undervisning, der tager afsæt i at udvikle elevers kompetence til at behandle data.

En analyse af det empiriske materiale påpeger følgende muligheder og udfordringer:

- læreres STEM-kompetenceejerskab fremmes, når de sammen med mig som medudvikler reflekterer over, hvordan STEM-kompetencemålets særlige egenskaber og karakteristika kan danne udgangspunkt for en konkret aktivitet
- fælles forberedelse støtter lærerne i at operationalisere STEM-kompetencemål til en forløbsplan, som de kan tage udgangspunkt i, når de sammen skal tilrettelægge og gennemføre STEM-undervisning
- redesign af visuelle modeller for STEM-kompetencerne er med til at udvikle lærernes STEM-kompetenceforståelse og give et fælles afsæt for forløbsudvikling
- det kan være en udfordring at forankre og udbrede ny praksis, derfor er det givende at have en ressourceperson tilknyttet den fælles forberedelse som STEM-faglig fokusfastholder.

Med afsæt i disse punkter er artiklens bidrag til praksis fire anbefalinger til skoleledere og teams af lærere, der vil gennemføre STEM-undervisningsforløb, der sigter efter at udvikle elevers STEM-kompetence.

Anbefalinger til skoleledere

- 1) Når du som skoleleder bakker op om, at et team af lærere skal gennemføre STEM-undervisning med fokus på en bestemt STEM-kompetence, kan det være en god idé at se tiltaget som et kompetenceudviklingsforløb, der udover at give lærerne mulighed for at øve sig også bidrager til udviklingen af skolens STEM-faglige kultur. For at understøtte en sådan udvikling er det hensigtsmæssigt, at du støtter op om, at lærerne kan forberede sig sammen.
- 2) Det er væsentligt, at du anerkender, at det tager tid at forandre praksis, derfor er det relevant i begyndelsen at have en ressourceperson, der har ansvaret for at fastholde fokus på den udvalgte STEM-kompetence. Over tid overdrages ansvaret til lærerne eller en uddannet STEM-vejleder.



Anbefalinger til team af lærere

- 3) Når I som team vil samarbejde om at udvikle et kompetenceorienteret STEM-undervisningsforløb, skal I beslutte jer for at sigte efter én STEM-kompetence ad gangen (se i Møller (2022) for en udfoldning af syv STEM-kompetencer). Overvej sammen, hvordan STEM-kompetencemålet kan sætte retningen for jeres undervisning. Lad en undersøgende tilgang danne ramme om at skabe meningsfuld forbindelse mellem kompetencemålet og elevernes selvstændige arbejde.
- 4) Det er en god ide, at I forbereder jer sammen. Fælles forberedelse støtter jer i at operationalisere STEM-kompetencemålet til undervisningsaktiviteter. Det er vigtigt, at I sammen reflekterer over og forestiller jer, hvordan undervisningen konkret kan se ud. 2-3 lektioners forberedelse til et undervisningsforløb på 4-7 lektioner er realistisk.

Referencer

- Albrechtsen, T. R. S. (2016). *Professionelle læringsfællesskaber og fagdidaktisk viden*. Dafolo.
- Baarts, C. (2015). *Introduktion til etnografisk metode*. Syddansk Universitetsforlag.
- Baarts, C. (2020). Autoetnografi. I S. Brinkmann & L. Tanggaard (red.), *Kvalitative metoder: En grundbog* (s. 153-163) (3. udg.). Hans Reitzels Forlag.
- Bakker, A. (2019). Design research in education. *Design Research in Education: A Practical Guide for Early Career Researchers* (s. 3–22). Routledge.
- Blackley, S., & Howell, J. (2015). A STEM narrative: 15 years in the making. *Australian Journal of Teacher Education*, 40(7), 102–112.
- Blomhøj, M. (2019). En undersøgende tilgang til undersøgende matematikundervisning. *Matematik*, 47(3), 4–9.
- Borgnakke, K. (2013). *Etnografiske metoder i uddannelsesforskningen: Mellem klassiske traditioner og senmoderne udfordringer*. Institut for Medier, Erkendelse og Formidling, Københavns Universitet.
- Buhl, M., Hanghøj, T., & Henriksen, T. D. (2022). Reconceptualising Design-Based Research: Between Research Ideals and Practical Implications. *Nordic Journal of Digital Literacy*, 17(4), 205–210. <https://doi.org/10.18261/njdl.17.4.1>
- Bundgaard, H., Rubow, C., & Overgaard Mogensen, H. (2018). *Antropologiske projekter: En grundbog*. Samfundslitteratur.
- Bybee, R. W. (2018). *STEM Education Now More Than Ever*. NSTA Press.
- Daugbjerg, P. S., Krogh, L. B., & Ormstrup, C. (2018). Læreres udfordringer ved ny fællesfaglighed i naturfagene i Danmark. *NorDiNa: Nordic Studies in Science Education*, 14(2), 203–220.
- Erhvervsministeriet (2018). *Strategi for Danmarks digitale vækst*. https://www.regeringen.dk/media/4766/strategi-for-danmarks-digitale-vaekst_online.pdf
- European Commission. (2019). *Key Competences for Lifelong Learning*. <https://doi.org/10.2766/569540>
- EVA, Danmarks Evalueringsinstitut (2018). *Professionelle læringsfællesskaber – tættere på undervisningen*. <https://eva.dk/udgivelser/2018/nov/professionelle-laeringsfaelleskaber-taetere-paa-undervisningen>
- Gravemeijer, K., & Cobb, P. (2006). Design research from a learning design perspective. I *Educational design research* (s. 29–63). Routledge.

- Grunwald, A., & Kronvald, O. (2018). *STEM og Regional udvikling: Vidensopsamling til en samlet Nordjysk indsats*. Aalborg Universitet.
- Hansen, R. (2018). *Målstyret kompetenceorienteret matematikundervisning*. DPU, Aarhus Universitet. https://www.ucviden.dk/files/124228968/Hansen_Rune_2018_M_Istyret_kompetenceorienteret_matematikundervisning.pdf
- Hargreaves, A., & Fink, D. (2012). *Sustainable Leadership*. John Wiley & Sons.
- Højgaard, T., Sølberg, J., Bundsgaard, J., & Elmose, S. (2010). Kompetencemål i praksis –foranalysen bag projektet KOMPIS. *MONA – Matematik- Og Naturfagsdidaktik*, 10(3).
- Højgaard, T., & Winther, N. (2021). Facilitering af kompetencemålstyret matematikundervisning: Erfaringer med kommunalt forankret, skolebaseret udvikling af lærerkompetencer. *MONA – Matematik- Og Naturfagsdidaktik*, 2021(1), 19.
- Johnson, C. C., & Sondergeld, T. A. (2020). Outcomes of an integrated STEM high school: Enabling access and achievement for all students. *Urban Education*, 58(8), 1772-1798.
- Kvale, S., & Brinkmann, S. (2015). *Interview: Det kvalitative forskningsinterview som håndværk* (3. udg.). Hans Reitzels Forlag.
- Lincoln, Y. S., & Guba, E. G. (1985). *Naturalistic inquiry*. SAGE.
- Madsen, C. D., & Poulsen, S. H. (2023). *Implementering af Engineering i Skolen: erfaringer og anbefalinger til kommende kompetenceudviklingsdesigns målrettede lærere i grundskolen*. VIA University College.
- Møller, M. (2022). Fra STEM-faglighed til STEM-kompetencer. *MONA – Matematik- Og Naturfagsdidaktik*, 22(4). <https://tidsskrift.dk/mona/article/view/134910/179690>
- Møller, M. (2024). *Kompetenceorienteret STEM-undervisning*. Ph.d.-afhandling. DPU, Aarhus Universitet.
- Ng, S.B. (2019). *Exploring STEM Competences for the 21st Century*. UNESCO International Bureau of Education. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000368485>
- Nielsen, B. L., Pontoppidan, B. S., Sillasen, M. K., Morgensen, A., & Nielsen, K. (2013). QUEST – et storskalaprojekt til udvikling af naturfagsundervisning. *MONA – Matematik- Og Naturfagsdidaktik*, 2, 49-66.
- Plauborg, H. (2016). *Klasseledelse gentænkt*. Hans Reitzels Forlag.
- Schmidt, J. R. (2019). Hvem definerer STEM i skolen og i skoleforskning? *MONA – Matematik- Og Naturfagsdidaktik*, 2019(2), 19, 70–88. <https://tidsskrift.dk/mona/article/view/114698>
- Siu, K. W. M., & Lam, M. S. (2005). Early childhood technology education: A sociocultural perspective. *Early Childhood Education Journal*, 32(6), 353–358.
- Sølberg, J., Bundsgaard, J., & Højgaard, T. (2015). Kompetencemål i praksis – Hvad har vi lært af KOMPIS? *Mon – Matematik- Og Naturfagsdidaktik*, 15(2). <https://tidsskrift.dk/mona/article/view/36308>
- Spradley, J. P. (2016). *Participant observation*. Waveland Press.
- Svabo, C., Moeskær Larsen, D., Borch, K. B., Kristensen, M. A., & Svendsen, M. W. H. (red.)(2024). *STEM didaktik med fokus på matematik til grundskole, gymnasie og dagtilbud*. Syddansk Universitetsforlag.
- Yin, R. K. (2018). *Case study research and applications: Design and methods*. SAGE Publications.

Maria Møller
lektor, ph.d.
læreruddannelsen, UCN
maml@ucn.dk