# MONA

Matematik- og Naturfagsdidaktik
– tidsskrift for undervisere, forskere og formidlere

VIA University College

ABSALON
PROFESSIONS-
HØJSKOLEN
ABSALON

SYDDANSK UNIVERSITET

AARHUS
UNIVERSITET

DASG
Danske Science Gymnasier

KØBENHAVNS
PROFESSIONS
HØJSKOLE
KP

UCL
Erhvervsakademi og
Professionshøjskole

DET NATUR-OG BIOVIDENSKABELIGE FAKULTET
KØBENHAVNS UNIVERSITET

2022-4

116885_mona_04-2022_.indd 1 09-11-2022 13:19:30

MONA

**Matematik- og Naturfagsdidaktik – tidsskrift for undervisere, forskere og formidlere**

MONA udgives af Det Natur- og Biovidenskabelige Fakultet ved Københavns Universitet, i samarbejde med Det Tekniske Fakultet og Det Naturvidenskabelige Fakultet ved Syddansk Universitet, Hovedområdet Science & Technology ved Aarhus Universitet, Det Lærerfaglige Fakultet ved Københavns Professionshøjskole, UCL Erhvervsakademi og Professionshøjskole, Center for Skole og Læring ved Professionshøjskolen Absalon, VIA University College og Danske Science Gymnasier.

**Redaktion**
Jens Dolin, Institut for Naturfagenes Didaktik, Københavns Universitet (ansvarshavende)
Ole Goldbech, Københavns Professionshøjskole
Sebastian Horst, Institut for Naturfagenes Didaktik, Københavns Universitet
Magnus Boye, Institut for Naturfagenes Didaktik, Københavns Universitet

**Redaktionskomité**
Bjørn Johannsen, Københavns Professionshøjskole
Brian Krog Christensen, Danske Science Gymnasier
Jette Reuss Schmidt, Læreruddannelsen i Aalborg, University College Nordjylland
Karin Lilius, Center for Skole og Læring, Professionshøjskolen Absalon
Lars Brian Krogh, Læreruddannelsen i Aarhus, VIA University College
Martin Niss, Institut for Natur, Systemer og Modeller, Roskilde Universitet
Dorte Moeskær Larsen, Anvendt Forskning i Pædagogik og Samfund, UCL
Tinne Hoff Kjeldsen, Institut for Matematiske Fag, Københavns Universitet

MONA's kritikerpanel, som sammen med redaktionskomitéen varetager vurderingen af indsendte manuskripter, fremgår af www.science.ku.dk/mona.

**Manuskripter**
Manuskripter indsendes per mail, se www.science.ku.dk/mona. Medmindre andet aftales med redaktionen, skal der anvendes den artikelskabelon i Word som findes på www.science. ku.dk/mona. Her findes også forfattervejledning. Artikler i MONA publiceres efter peer-review (dobbelt blindt).

**Abonnement**
Abonnement kan tegnes via www.science.ku.dk/mona. Årsabonnement for fire numre koster p.t. 225,00 kr., for studerende 100 kr. Henvendelser vedr. abonnement, adresseændring, mv., se hjemmesiden eller ring til tlf 70 25 55 13 (kl. 9-16 daglig, dog til 14 fredag) eller mail til mona@portoservice.dk

**Produktionsplan og deadlines for indsendelse af bidrag til MONA**
MONA udkommer fire gange om året, normalt på onsdagen nærmest 5. marts, 5. juni, 5. september og 5. december.
Artikelmanuskripter og forslag til aktuelle analyser modtages løbende og behandles så hurtigt som muligt. Den redaktionelle proces (inkl. peer-review) tager mindst tre måneder. Deadlines aftales individuelt.
For kommentarer, litteraturanmeldelser og nyheder er deadline normalt 2 måneder før officiel udgivelsesdag.

Omslagsgrafik: Lars Allan Haugaard/PitneyBowes Management Services-DPU
Layout og tryk: Narayana Press

ISSN: 1604-8628. © MONA 2022

Citat kun med tydelig kildeangivelse

# Indhold


4 Fra redaktionen
6 Forord
*Hans Hagedorn*

**7 Artikler**
8 Fra STEM-faglighed til STEM-kompetencer
– et analytisk greb for STEM-undervisning i Danmark
*Maria Møller*
31 Matematik – STEM-uddannelsernes akilleshæl
*Laura Emtoft og Lene Beck Mikkelsen*
48 Undersøgelsesbaseret modellering i matematik og naturfag i skolen
*Claus Auning*

**71 Temabidrag**
72 STEM-undervisning i gymnasiet:
Integration af fysik og matematik
*Brian Krog Christensen*
87 M'et i STEM i spil på talentlinje på Absalon
*John Andersson, Mikael Scheby, Lars Bo Kinnerup og Andreas Hemmingsen*
97 Lektionsstudier på læreruddannelsen som lærerfaglig udvikling
*Mia Jürgensen*
108 I-STEM – en didaktisk model for integreret STEM-undervisning
*Emilie Skaarup Bruhn, Simon Funch og Anne Kranker Jensen*
122 Matematik i anvendelse
– undervisning med kobling til praksis
*Simon Funch og Caroline Bjerre-Bertelsen*

**127 Kommentarer**
128 Kunskaper i och om naturvetenskap som del av världsmedborgerlig bildning
*Jesper Sjöström*
135 Hvad blev der lige af perspektivet?
*Lars Brian Krogh og Ole Goldbech*
139 Om naturfaglige kompetencer – en replik
*Jørgen Løye Christiansen*

**143 Litteratur**
144 Scenariedidaktik
– en GUT-teori for elevers undersøgende arbejde med autentiske komplekse problemstillinger?
*Martin Krabbe Sillasen*


116885_mona_04-2022_.indd 3 09-11-2022 13:19:34

# Fra redaktionen

Efter to år med corona-dvale vendte Big Bang-konferencen i år tilbage for fuld udblæsning. På konferencen satte Tidsskriftet MONA fokus på formål og potentialer ved M'et i STEM – og det fortsætter vi med i dette temanummer.

For at sætte scenen overlader vi om lidt ordet til Hans Hagedorn, naturfags- og matematiklærer samt matematikvejleder på Skolen ved Søerne, der på forårets konference var med til at stille skarpt på muligheden for at skabe et meningsfuldt samspil mellem matematik og naturfagene.

Inden da kommer her en oversigt over årets sidste MONA der blandt andet rummer tre artikler og fem særlige temabidrag.

Der er en samfundsmæssig ambition om at flere børn og unge udvikler STEM-kompetence. I artiklen "Fra STEM-faglighed til STEM-kompetencer – et analytisk greb for STEM-undervisning i Danmark" kommer Maria Møller gennem et litteraturreview frem til en karakteristik af STEM-faglighed. Derfra kommer Maria Møller frem til 7 STEM-faglige kompetencer der uddybes med eksempler på undervisningsaktiviteter.

Matematik udgør en hjørnesten i STEM-uddannelserne men den udgør også en stor udfordring, når det kommer til studerendes muligheder for at gennemføre uddannelserne. I "Matematik – STEM-uddannelsernes akilleshæl" viser Laura Emtoft og Lene Beck Mikkelsen hvordan studenterdrevet undervisning giver positive resultater på den front.

Modelleringskompetencen i naturfag blev indført i skoleåret 2015/16 men ifølge undersøgelser er det tilføjelse, der giver udfordringer for lærere. I artiklen "Undersøgelsesbaseret modellering i matematik og naturfag i skolen" viser Claus Auning hvordan man kan arbejde tværfagligt med matematik og naturfag ved brug af en undersøgelsesbaseret modelleringstilgang.

I det første temabidrag – "STEM-undervisning i gymnasiet: Integration af fysik og matematik" – præsenterer Brian Krog Christensen resultaterne af et udviklingsprojekt i gymnasiet, hvor fagene matematik C og fysik C forsøgsvis er blevet integreret i ét fag.

Herefter følger "M'et i STEM i spil på talentlinje på Absalon" hvor John Andersson, Mikael Scheby, Lars Bo Kinnerup og Andreas Hemmingsen fortæller, hvordan lærerprofilen SciTek arbejder med STEM-udfordringer.

I "Lektionsstudier på læreruddannelsen som lærerfaglig udvikling" fortæller Mia Jürgensen om hvordan lærerstuderende har udviklet og afprøvet tværfaglige lektioner inden for biologi og matematik.

Emilie Skaarup Bruhn, Simon Funch og Anne Kranker Jensen giver i "I-STEM – en didaktisk model for integreret STEM-undervisning" deres bud på en ny didaktisk model



116885_mona_04-2022_.indd 4 09-11-2022 13:19:36

for integreret STEM-undervisning. Endelig kan du læse om undervisningsforløbet "Den klimavenlige skole" i artiklen "Matematik i anvendelse – undervisning med kobling til praksis" af Simon Funch og Caroline Bjerre-Bertelsen.

I kommentarsektionen skriver Jesper Sjöström på sit modersmål en kommentar til Jette Reuss Schmidt og Jens Dolins "Refleksioner over naturfaglig dannelse og kompetence – på baggrund af et forskerseminar" fra MONA, 2022(3).

Lars Brian Krogh kommenterer sammen med Ole Goldbech på Jørgen Løye Christiansens "Naturfaglige kompetencer i grundskolen – hvilke bør der fokuseres på?" fra MONA, 2022(3). Forfatterne går med egne ord i rette med artiklens anbefaling om at forsimple naturfagenes kompetencemålskategorier fra fire til to – navnlig empirikompetence og modelleringskompetence.

Jørgen Løye Christiansen giver i en replik svar på kommentaren og understreger, at færre kompetencemålskategorier reducerer kompleksiteten hvad angår rammesætning og evaluering af naturfagsundervisningen i grundskolen.

Vi runder af med en anmeldelse af "Håndbog i Scenariedidaktik". Her spørger Martin Krabbe Sillasen om scenariedidaktikken kan sammenlignes med fysikkens såkaldte Grand Unified Theory – en samlet teori for elevers undersøgende arbejde med autentiske komplekse problemstillinger.

God læsning.



116885_mona_04-2022_.indd 5 09-11-2022 13:19:37

# Forord



Hans Hagedorn, naturfags- og matematiklærer samt matematikvejleder ved Skolen ved Søerne

*Hvordan kan dansk energiforsyning sikres i fremtiden uden russisk gas?*
Måske en lignende formulering kunne have dannet rammen for en problemstilling ved den fælles naturfaglige afgangsprøve hvis den var blevet afholdt i dette skoleår.

I Folkeskolen har vi efterhånden i en del år erfaringer med tværfaglige forløb i naturfagsundervisningen. Måske er tiden moden til at integrere M'et fra STEM i undervisningen? Vi ønsker en matematikundervisning der er virkelighedsnær og undersøgende. Men måske bliver det desværre (for) ofte ikke-autentiske konstruktioner over virkeligheden?

Naturfagsundervisningen rummer virkelighedsnære problemstillinger. Tænk hvis vi arbejdede med dataindsamling fra undersøgelserne i naturfag og dernæst kunne producere matematiske modeller i form af diagrammer, tabeller eller andre matematiske repræsentationer med de rette hjælpemidler? Eller bruger kompetencer som ræsonnement og kommunikation når vi vil beskrive, forklare eller sammenligne en eksisterende illustrationsmodel over dansk energiforsyning i 2022 med en fremskrivning for 2035. Begge dele gør vi jo i forvejen i matematikundervisningen!

Hvis M'et ægte skal integreres i undervisningen, skal rammerne på skolerne naturligvis understøtte det. Flere skoler har allerede ugentlige fagdage for naturfagene. Jeg ser et potentiale i at udvide den rammesætning med en STEM-fagdag. Her kunne en årgang på fx tre klasser have syv lektioner – to lektioner til hver af de tre naturfag og én til matematik. Lektionerne læses af tre forskellige naturfagslærere hvor mindst én også er matematiklærer. Hvis undervisningen skal være mest autentisk, vil nogle undervisningsforløb hen over året vægte M'et i STEM mere end andre. På samme måde vil nogle forløb ikke have den samme vægtning af de tre naturfag.

I nogle situationer vil det give mening at arbejde videre med M'et fra STEM i de fire af ugens resterende lektioner i matematik. I andre perioder er behov for at matematikundervisning kan fokusere på kompetencer og stofområder der måske ikke kan integreres i STEM.

Det centrale må være at M'et i STEM integreres hvor det giver mening!



116885_mona_04-2022_.indd 6 09-11-2022 13:19:39

# Artikler

I denne sektion bringes artikler der er vurderet i henhold til MONA's reviewprocedure og derefter blevet accepteret til publikation.
Artiklerne ligger inden for følgende kategorier:

- Rapportering af forskningsprojekt
- Oversigt over didaktisk problemfelt
- Formidling af udviklingsarbejde
- Oversættelse af udenlandsk artikel
- Uddannelsespolitisk analyse

116885_mona_04-2022_.indd 7 09-11-2022 13:19:42

# Fra STEM-faglighed til STEM-kompetencer

## – et analytisk greb for STEM-undervisning i Danmark



Maria Møller, Aarhus Universitet og University College Nordjylland (UCN)

**Abstrakt:** *Der er en samfundsmæssig ambition om at flere børn og unge udvikler STEM-kompetence, men STEM-faglig undervisning der understøtter dette, er ikke rammesat. I artiklens første del danner et litteraturreview baggrund for en karakteristik af STEM-faglighed. I artiklens anden del argumenteres der for at kompetencebeskrivelser kan være et meningsfuldt middel til at beskrive formålet med STEM-undervisning, hvis STEM-kompetencemålene vel at mærke karakteriseres og beskrives på en måde så de er både begrundelsesrettede og undervisningsbare. Artiklens bidrag er syv STEM-faglige kompetencer: STEM-modelleringskompetence, STEM-matematiseringskompetence, STEM-databehandlingskompetence, STEM-innovationskompetence, STEM-refleksionskompetence, STEM-samfundskompetence og STEM-problembehandlingskompetence. STEM-kompetencebeskrivelserne uddybes med eksempler på undervisningsaktiviteter.*

## EN STEM-ambition

Over hele verden er der på alle uddannelsesniveauer en voksende interesse for STEM (science, technology, engineering, mathematics), og interessen er særligt rettet mod STEM-uddannelse (se fx Caprile et al., 2015; Education Council, 2015 og Li et al., 2020). Ambitionen er at flere børn og unge tilegner sig STEM-kompetencer (European Union, 2019; Marope et al., 2017; Undervisningsministeriet, 2018). Argumenter herfor er *et personligt behov* for at kunne være en tilfreds, produktiv og velinformeret borger, *et samfundsmæssigt behov* for nye teknologiske og videnskabelige forbedringer og *et økonomisk behov* for national sikkerhed (Maass et al., 2019; Zollman, 2012).

Der er enighed om at det er gennem STEM-uddannelse at elever skal udvikle STEM-kompetencer (Bybee, 2010; Sanders, 2008), men mål og indhold for STEM-undervisning og hvilke fag der skal bidrage dertil, diskuteres ivrigt – også i Danmark (Larsen et al., 2022; Nielsen & Sillasen, 2020; Schmidt, 2019).

I forsøget på at rammesætte STEM-undervisning har det for STEM-interessenter været nærliggende at spørge om STEM-faglighed er noget andet end de enkelte di-



116885_mona_04-2022_.indd 8 09-11-2022 13:19:43

scipliner, science (S), technology (T), engineering (E) og mathematics (M), hver for sig – om STEM har sit eget særkende eller sin egen natur. Peters-Burton (2014) forsøger at identificere STEMs natur ved at undersøge karaktertræk fra hver af de fire STEM-discipliner. Hun lokaliserer idéer hvor hver af karakteristikaene overlapper, og hvor de er forskellige. Peters-Burton finder at STEMs kendetegn er generiske og kan gælde for de fleste andre fagområder. Reynante, Selbach-Allen & Pimentel (2020) finder lignende resultat da de foretager en kritisk undersøgelse af tværgående STEM-praksisser med disciplinernes epistemologi for øje. Det er ikke tydeligt om eller hvordan STEM har sin egen natur. Ifølge Akerson et al. (2018) er STEM da også i sig selv blot en socialt konstrueret betegnelse der er en reaktion på økonomisk og globalt pres.

I stedet for at lede efter fælles karaktertræk på tværs af de fire STEM-discipliner eller STEM-praksisser finder jeg det interessant at undersøge hvordan STEM-faglighed kan begrebssættes ud fra en samfundsmæssig ambition om flere unge med STEM-kompetencer. Faglighed kan ifølge Adamsen (2016) sidestilles med de planlagte og intenderede læreprocesser der sigter mod det formål som "samfundet" må forvente af deres kommende myndige borgere. For at kunne beskrive sådanne læreprocesser i forhold til mål og indhold for STEM-undervisning vil jeg undersøge hvordan STEM-faglighed karakteriseres i forskningslitteratur og i dokumenter fra interesseorganisationer, erhvervsliv og ministerier. En karakteristik af STEM-faglighed kan derefter oversættes til STEM-kompetencemål som skal kunne fungere som brobygger mellem en læringsmæssig STEM-ambition og STEM-undervisning.

Følgende to forskningsspørgsmål er styrende for artiklens opbygning:

*FS1: Hvad karakteriserer ifølge international forskning og dokumenter fra interesseorganisationer, erhvervsliv og ministerier STEM-faglighed?*

*FS2: Hvilke STEM-kompetencer kan identificeres og beskrives så de giver et bud på en samlet kompetencebeskrivelse af STEM-faglighed?*

## En karakteristik af STEM-faglighed

Jeg anvender et litteraturreview som metode til at udarbejde en karakteristik af STEM-faglighed, jf. FS1. Ifølge Fink (2019) er litteraturreview en systematisk og reproducerbar metode til at identificere, evaluere og fortolke eksisterende viden fra forskning og praksis, og litteraturreview kan ifølge Hart (2018) i særdeleshed anvendes til at sammenfatte og opnå nye perspektiver på et bestemt emne.

Litteraturreviewet er foretaget fra maj 2021 til maj 2022. Kriterierne for de inkluderede tekster er at de:



116885_mona_04-2022_.indd 9 09-11-2022 13:19:45

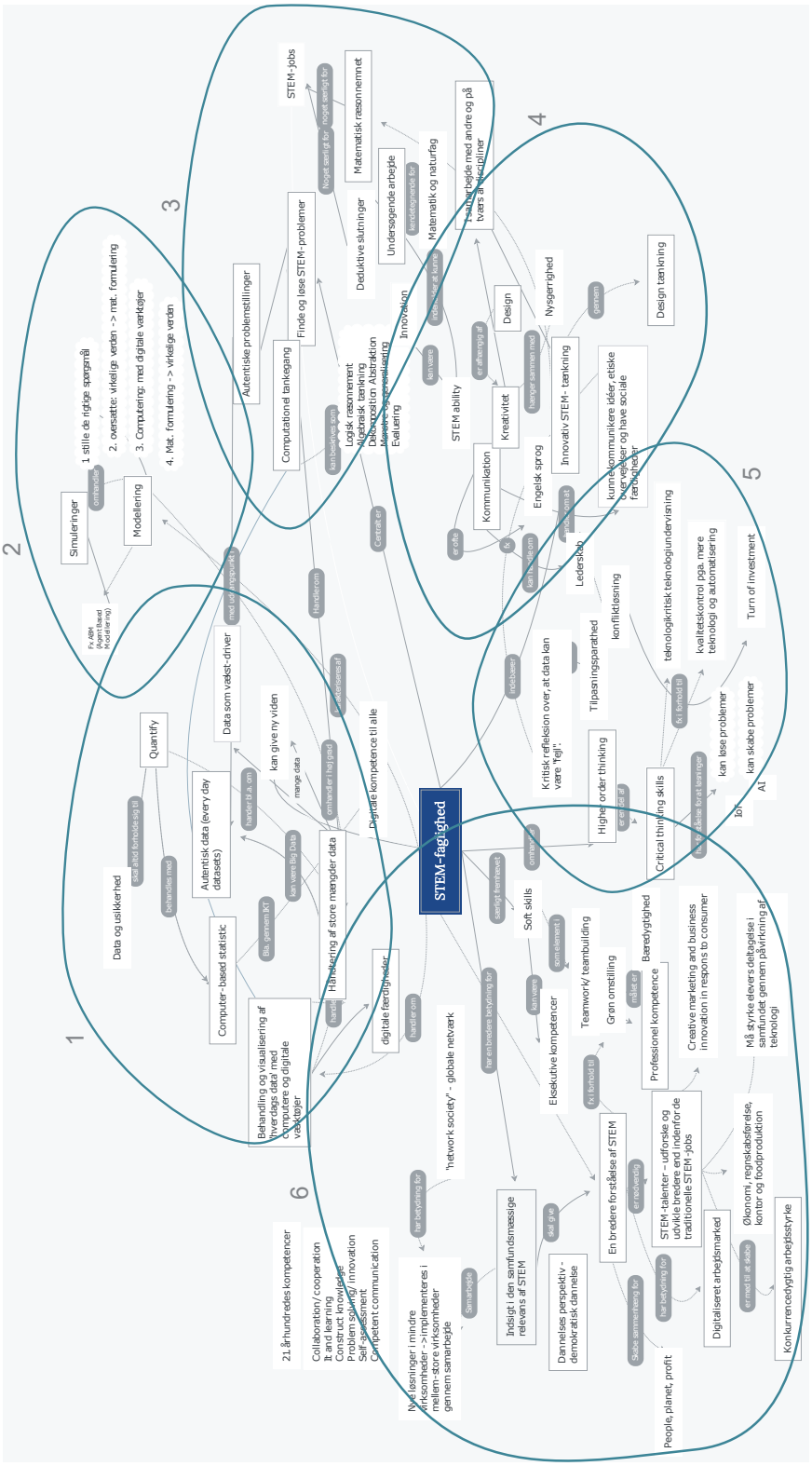
- er forskningsartikler eller dokumenter fra interesseorganisationer, erhvervsliv og ministerier
- relaterer sig til *mål med, mening om og initiativer for* STEM-uddannelse
- nævner science (S), technology (T), engineering (E) eller mathematics (M) i en uddannelseskontekst hvor S, T, E eller M optræder i kombinationer af to eller flere
- er skrevet på engelsk, dansk, norsk eller svensk
- er tilgængelige via biblioteker eller online databaser.

I alt 64 tekster er inkluderet i reviewet, 35 tekster fra forskning og 29 tekster fra interesseorganisationer, erhvervsliv og ministerier. Teksterne relaterer sig til STEM-uddannelse fra førskole til erhvervsrettede og akademiske videregående uddannelser. De inkluderede tekster repræsenterer 16 lande, og knap halvdelen af teksterne repræsenterer USA. Godt en tredjedel repræsenterer europæiske lande, og Danmark repræsenterer ni af dem. Den ældste tekst er fra 1989, og de nyeste er fra 2021. Reviewprocessen er foregået med en hermeneutisk tilgang gennem fire søge- og analyseprocesser (Boell & Cecez-Kecmanovic, 2014). Formålet med søgeprocesserne er at identificere tekster som kan bidrage med viden om STEM-faglighed. Opfylder abstraktet inklusionskriterierne, læses hele teksten med det formål at få forståelse for tekstens indhold sammenholdt med argumenterne om et personligt, et samfundsmæssigt og et økonomisk behov for STEM-faglige kompetencer. Alle inkluderede artikler er læst fuldt ud. I analysen af teksterne er formålet at dokumentere hvad der ifølge "samfundet" karakteriserer STEM-faglighed. Samfundet repræsenteres her af forskningslitteratur, interesseorganisationer, erhvervsliv og ministerier. Begrænsningen af antal tegn i artikler i *MONA* gør at jeg ikke her i artiklen kan beskrive søge- og analyseprocesserne i detaljer. For en udfoldning heraf henvises til Møller (2022).

I tråd med Boell & Cecez-Kecmanovic (2014) betragter jeg tilegnelse og oparbejdelse af viden som en hermeneutisk forståelsesproces. Det betyder at jeg veksler mellem identifikation af enkelte relevante tekster og udvikling af overblik over disse tekster gennem analyser. Vekselvirkningen leder til et dybere og mere vidtspændende overblik og en dybere og mere vidtspændende forståelse af relevante tekster om STEM-faglighed. Jeg håndterer læsningen af de enkelte tekster ved at udfylde et skema med følgende kategorier: reference, land, titel, teksttype og resumé af indhold. Jeg bearbejder de læste teksters indhold ved at lægge mærke til relationer mellem STEM-faglige pointer, begreber og temaer. Inspireret af Steen, Madsen & Højgaard (2020) anvender jeg et begrebskort til at strukturere relationerne. Udarbejdelsen af begrebskortet har til formål at håndtere de enkelte teksters bidrag og deres komplekse indbyrdes sammenhænge. Ved læsning af teksterne benytter jeg mig af en åben kodning hvor min forforståelse af STEM-faglige begreber er en forudsætning for hvordan jeg læser teksterne.



116885_mona_04-2022_.indd 10 09-11-2022 13:19:47




**Figur 1.** *Endelig version af begrebskort.*



116885_mona_04-2022_.indd 11 09-11-2022 13:19:49

Jeg organiserer de inkluderede teksters bidrag kronologisk på begrebskortet, og efterhånden som jeg inkluderer flere tekster, tilføjer jeg nye bidrag samt deres relationer til de eksisterende. Gennem processen opstår der forskellige former for grupperinger på begrebskortet. Ingen grupperinger er fastlagt på forhånd, men udspringer af teksterne, og derved udvikler begrebskortet sig gennem reviewprocessen. Jeg er bevidst om at min egen forforståelse har betydning for hvordan grupperingerne former sig. Jeg forsøger at være loyal mod de enkelte teksters bidrag til STEM-faglighed ved at lade de enkelte tekster i sig selv give en forståelse af hvordan STEM-faglighed kan karakteriseres, men også ved at fortolke de mange tekster i relation til hinanden. En illustration af de inkluderede tekster sammenstillet med begrebskortets udvikling findes i Møller (2022). En gengivelse af den endelige version af begrebskortet ses i figur 1 hvor jeg har indrammet grupperingerne med kredse der peger på seks overordnede enheder. Inden for hver enhed udkrystalliserer der sig mindre analytiske enheder som jeg kalder *temaer*. Temaerne inden for samme enhed fortolker jeg som en *kategori* for STEM-faglighed.

## *Seks kategorier af STEM-faglighed*

Begrebskortet fremhæver seks kategorier af STEM-faglighed, og jeg vil i det følgende analysere de inkluderede teksters bidrag til STEM-faglighed. En oversigt over de inkluderede tekster og deres bidrag til temaer og kategorier kan ses i tabel 1, som findes på dette link: https://www.ucviden.dk/ws/portalfiles/portal/165358992/Tabel_med_tekster_inkluderet_i_review_fordelt_p_temaer_og_kategorier.pdf

I det følgende refererer jeg til de inkluderede tekster med deres nummer i tabellen.

## *STEM-databehandling*

Som et eksempel på hvordan begrebskortet anvendes til at udlede temaer, tager jeg udgangspunkt i grupperingen omringet af kreds 1. Analysen tager, jf. tabel 1, afsæt i 22 tekster. De fremhævninger der er rammet ind, adresserer på forskellig vis egenskaber til at håndtere store mængder data fra "den virkelige verden" (26, 43). Flere tekster fremhæver at det er nødvendigt at anvende computere og digitale værktøjer for at kunne arbejde med og håndtere store datamængder (7, 18, 51). Teksternes fremhævninger forstår jeg som værende udtryk for at håndtering af en stor datamængde er særligt i en STEM-kontekst, hvorfor dette bliver det første tema. Tilgang til data kan ske enten ved at indsamle dem selv eller ved at anvende andres, og en måde at få et overblik over data på er at visualisere det med grafer og computerbaseret statistik. At håndtere digitale værktøjer der kan behandle denne type af data, kræver digitale færdigheder (12, 28, 41, 64). Teksternes understregning af at digitale færdigheder er særlig vigtige i en STEM-sammenhæng, gør at det også bliver et tema. De to temaer adresserer at det er særlig STEM-fagligt at kunne håndtere og visualisere "hverdags-data" med computere og digitale værktøjer. Jeg samler de to temaer i kategorien *STEM-databehandling*.



116885_mona_04-2022_.indd 12 09-11-2022 13:19:51

## *STEM-modellering*

Grupperingen omkranset af kreds 2 beskriver hovedsageligt modellering. Modellering bliver derfor et tema. Modellering i en STEM-sammenhæng handler om at stille relevante spørgsmål, oversætte fra den virkelige verden til matematiske eller naturvidenskabelige formuleringer, beregne og visualisere og formulere et svar tilbage i den virkelige verden (1, 2, 14, 21, 32, 39). Simuleringer kan støtte STEM-modellering ved at efterligne mindre eller større dele af virkeligheden (29, 62). Det kan fx være en celles indre eller hvordan havenes økosystemer påvirkes af syreforurening. En indsigt i en aktiv repræsentation af virkeligheden kan bidrage til læring og forståelse af relativt abstrakte STEM-relaterede fænomener. Simuleringer bliver også et tema. Modellering står helt centralt i de 15 tekster fra denne analyse, og derfor fastsætter jeg kategorien *STEM-modellering*.

## *STEM-problemløsning*

De markerede fremhævninger i kreds 3 kredser om det at finde og løse STEM-problemer. De 36 tekster som denne analyse tager afsæt i, beskriver STEM-problemløsning som dels identifikation og dels løsning af problemer baseret på STEM-relaterede emner (1). En måde at udøve STEM-problemløsning på omfatter computational thinking (CT) (14, 41, 63). CT bliver det første tema i denne kategori. CT er en problemløsningsproces (47, 63) der omfatter flere dispositioner, fx logisk ræsonnement, algoritmisk tænkning, dekomponering, abstraktion, mønstre og generalisering samt evaluering (7). CT, modellering, simuleringer og håndtering af en stor mængde data med computere kan give ny viden til at finde løsninger på STEM-relaterede spørgsmål, fx sygdomsbekæmpelse, ernæring, global opvarmning, nye energikilder og forståelse af universet. Særligt fremhæves logiske ræsonnementer og deduktive slutninger (9, 10, 37, 44) som forudsætninger for at indgå i en problemløsningsproces, hvorfor dette bliver et tema. Med det matematiske, naturvidenskabelige og teknologiske sprog kan man argumentere på strengt logiske måder (33, 60). Løsning af komplekse problemer i en STEM-kontekst kræver en tværfaglig tilgang (1, 3, 18) og åbner for samarbejde mellem forskellige STEM-discipliner (6, 34, 44). En tværfaglig tilgang er det sidste tema. De tre temaer samler jeg i kategorien *STEM-problemløsning*.

## *STEM-innovation*

Fremhævninger i kreds 4 omhandler adskillige aspekter i og omkring innovativ STEM-tænkning. Når man ønsker at finde løsninger på STEM-problemer, er det vigtigt at tænke innovativt på en STEM-minded måde (9). Innovativ tænkning handler om at have en idé og føre den ud i livet. Men det handler også om at tænke på forskellige måder og involverer forskellige perspektiver. Kreativitet er en vigtig måde at tænke på i en STEM-sammenhæng (12, 24, 34, 38). Design og designtænkning kan være en



116885_mona_04-2022_.indd 13 09-11-2022 13:19:52

tilgang der tilskynder til forskellige perspektiver i forbindelse med at se på og løse problemer, og de er afgørende for kreativitet og innovation (15, 46, 55). Kreativitet samt design og designtænkning udledes som temaer. Når man arbejder kreativt og innovativt, er man nødt til at samarbejde med andre inden for og på tværs af fagområder (3, 25, 53). For at gøre dette bredt hjælper det hvis man kommunikerer sine idéer til andre og forstår inspiration og forklaringer fra internationale kilder (9, 11, 19, 38, 45), fx gennem internettet. I denne situation er det en fordel at beherske det engelske sprog (8). Kommunikation og tværfagligt samarbejde fremkommer som de to sidste temaer. Analysen bestående af 32 tekster samles i kategorien *STEM-innovation*.

## *STEM-refleksion*

Grupperingen i kreds 5 tager afsæt i 21 tekster. Analysen peger på at løsninger på komplekse spørgsmål kræver en øget evne til at tænke reflekterende og kritisk. Da STEM-relaterede produktioner og løsninger er blevet mere og mere automatiseret og baseret på teknologi, vokser behovet for kvalitetskontrol (15, 17, 45, 51). Når gigantiske datamængder danner grundlag for idéer til nye løsninger, fx Internet of Things (IoT) eller kunstig intelligens (AI), skal man turde stille spørgsmål og reflektere over hvordan en algoritme er nået frem til en bestemt konklusion (28). Man skal kunne evaluere og reflektere over om der kan være tale om bias, eller der kan være fejl i data (43). Kvalitetskontrol bliver det første tema fulgt op af datasikkerhed. Evnen til at forstå og forholde sig kritisk og konstruktivt til de digitale teknologier og medier er blevet central i vores liv som samfundsborgere (17). Det er vigtigt at forstå og håndtere digitale data og personlige oplysninger og yde beskyttelse mod internetkriminalitet og identitetstyveri (24, 25).

Løsninger på komplekse problemer er relevante i en STEM-sammenhæng, men det er også vigtigt at overveje hvorvidt nye løsninger skaber nye problemer. Der kan være etiske dilemmaer i forbindelse med nye løsninger (1), men der kan også være nyopståede praktiske udfordringer. Etiske overvejelser er det sidste tema.

De tre temaer handler overordnet set om at reflektere over både mulige udfordringer og etiske dilemmaer ved nye digitale løsninger, og jeg tildeler grupperingen kategorien *STEM-refleksion*.

## *STEMs samfundsbetydning*

De 20 tekster der i denne analyse tages afsæt i, er involveret i kreds 6. Analysen indikerer at STEM bør ses i en bredere kontekst end blot inden for naturvidenskab, teknologi, ingeniørvidenskab og matematik hver for sig (34). På et arbejdsmarked der bliver mere og mere digitaliseret, er der behov for en konkurrencedygtig arbejdsstyrke (13, 24, 54) – ikke kun inden for de fire områder af STEM (3, 11). Det første tema bliver at STEM er relevant for hele samfundet. Herunder også forskellige befolkningsgrupper



116885_mona_04-2022_.indd 14 09-11-2022 13:19:54

og minoriteter (30). Evnen til at forstå økonomi, regnskab og produktion er værdifuld (14). Ligeledes er det betydeligt at vide noget om processen bag at drive en virksomhed og omsætte nye idéer til virkelighed. I den grønne omstilling er der fx nogen der skal udtænke løsninger og omsætte dem til praksis (14, 59, 60). Digitalt arbejdsmarked og konkurrencedygtig arbejdsstyrke udgør det andet og tredje tema. I et større perspektiv handler STEMs samfundsmæssige relevans om at tilpasse sig samfundets udvikling (13, 51, 54) – både i forhold til at tænke innovativt og kreativt og i forhold til at samarbejde med andre fra andre brancher og med andre kompetencer end en selv (34, 51). Det sidste tema bliver derved teamwork. De fundne temaer omhandler allesammen at det er centralt at have indsigt i den samfundsmæssige relevans af STEM. Kategorien samles som *STEMs samfundsbetydning*.

Artiklens første bidrag er ovenstående seks kategorier der gennem 18 temaer karakteriserer STEM-faglighed. I artiklens kommende afsnit vil jeg argumentere for hvorfor kompetencebeskrivelser kan være et meningsfuldt middel til at beskrive mål og indhold i STEM-undervisning, og med udgangspunkt i karakteristikken af STEM-faglighed identificerer og beskriver jeg syv STEM-kompetencer. De syv kompetencebeskrivelser med tilhørende praksiseksempler bliver artiklens andet bidrag.

## En ambition om STEM-faglige kompetencer

På vegne af UNESCO, FN's organisation for uddannelse, videnskab og kultur, pointerer Boon Ng (2019) 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." (min oversættelse, fra Boon Ng, 2019, s. 10)

Én tilgang til *STEM-kompetenceorienteret undervisning* kan være at forsøge at identificere STEM-kompetencer som går på tværs af de fire STEM-discipliner. Ifølge Peters-Burton (2014) og Reynante, Selbach-Allen & Pimentel (2020) vil denne tilgang sandsynligvis resultere i kompetencer der bliver for generiske, hvorved de enkelte discipliners kendetegn og særegenheder bliver udvasket.

En anden tilgang er at oversætte STEM-faglighed til kompetencetermer. Det er denne tilgang jeg arbejder videre med.

## STEM-kompetencebeskrivelser

I Danmark er de fleste af folkeskolens fag beskrevet gennem kompetencer (Børne- og Undervisningsministeriet, 2020), og meget tyder på at det kan være meningsfuldt for



116885_mona_04-2022_.indd 15 09-11-2022 13:19:56

undervisere at undervise eksplicit efter kompetencemål (Hansen, 2018; Sølberg et al., 2015). Det er dermed nærliggende at tro at STEM-faglighed ligeledes meningsfuldt kan oversættes til *STEM-kompetencemål*. Formålet med at rammesætte STEM-undervisning gennem kompetencemål er at bygge bro mellem samfundets STEM-ambition og muligheden for at undervisere kan gennemføre undervisning eksplicit med henblik på at nå disse ambitioner. Højgaard & Sølberg (2022) påpeger at kompetencemål må være dobbelt meningsfulde. På den ene side skal et kompetencemål være meningsfuldt som et aspekt af at beherske STEM-faglighed, dvs. at målet er rettet mod den samfundsmæssige ambition med undervisningen – *begrundelsesrettet* – og på den anden side skal et STEM-kompetencemål være meningsfuldt for undervisere som et pejlemærke for tilrettelæggelsen af deres undervisning – *undervisningsbart* – fx ved at vejlede dem i deres søgen efter undervisningsaktiviteter som de kan anvende for at eleverne kan udvikle en given kompetence. Hvis ikke et kompetencemål har denne dobbelte meningsfuldhed, så forbliver kompetencer idealer uden konsekvenser for det der foregår i klasserummet.

I forsøget på at oversætte STEM-faglighed til STEM-kompetencer lader jeg mig inspirere af Niss & Højgaard Jensens (2002) arbejde med at anvende matematiske kompetencer som middel til fagbeskrivelser af matematik. Andre har ligeledes ladet sig inspirere. Det gælder bl.a. Andersen, Busch, Horst & Troelsen (2003) der begrebssætter fire naturfaglige kompetencer, og Achilles, Lind & Jensen (2007) der begrebssætter syv økonomi-kompetencer. Med udgangspunkt i min tidligere præsenterede karakteristik af STEM-faglighed vil jeg, jf. FS2, med et analytisk greb oversætte STEM-faglighed til STEM-kompetencer.

## *STEM-kompetence og STEM-kompetencer*

Jeg definerer "kompetence" som det gøres i KOM-rapporten (Niss & Højgaard Jensen, 2002, s. 43): *nogens indsigtsfulde parathed til at handle på en måde der lever op til udfordringerne i en given situation*.

Denne definition bygger på overvejelser om at "kompetence" er *orienteret mod handling* og er *et normativt* begreb, at "udfordringer" har en *iboende dobbelthed mellem subjektive og sociokulturelle aspekter*, og at "indsigtsfuld parathed" indfanger *personlig tilbøjelighed til at være kompetent til at handle* i situationer hvor det "kræves". For yderligere betragtninger om kompetencebegrebet henvises til Niss & Højgaard (2019).

Ved at adaptere ovenstående karakteristik af kompetencebegrebet definerer jeg STEM-kompetence som *nogens indsigtsfulde parathed til at handle på en måde der lever op til STEM-holdige udfordringer i en given situation*.

I et forsøg på at præcisere hvad der menes med at handle i forhold til "STEM-holdige udfordringer", begrebssætter jeg syv STEM-kompetencer.



116885_mona_04-2022_.indd 16 09-11-2022 13:19:57

De første fem STEM-kompetencer identificeres ved én til én-oversættelse af fem reviewkategorier:

- "STEM-databehandling" bliver til *STEM-databehandlingskompetence*.
- "STEM-modellering" bliver til *STEM-modelleringskompetence*.
- "STEM-innovation" bliver til *STEM-innovationskompetence*.
- "STEM-refleksion" bliver til *STEM-refleksionskompetence*.
- "STEMs samfundsbetydning" bliver til *STEM-samfundskompetence*.

Problemløsning er et centralt element i STEM-faglighed, hvilket understøttes i reviewet ved at godt halvdelen af de inkluderede tekster bidrager til STEM-problemløsningskategorien. Kategorien indkapsler flere forskellige tilgange til STEM-problemløsning. Fx handler STEM-problemløsning ifølge Bybee (2013) både om kompetence til at skifte løsningsstrategi, hvis den strategi "man plejer" at bruge, ikke virker, og også om den proces der er direkte involveret i engineering. National Research Council (2014) ser rigtige verdensproblemer som udgangspunkt for al STEM-undervisning. Ofte nævnes problemløsning også i forbindelse med STEM-modellering. Ifølge Ärlebäck & Albarracín (2019) er modellering af virkelighedens fænomener (her Fermi-problemer) omdrejningspunktet for STEM-undervisning, og elementer der i sådanne processer er særlig centrale, er matematisering. Det kan fx være at oversætte komplekse systemers indbyrdes relationer til variable og efterfølgende opstille deres relationer i matematiske udtryk (Gravemeijer et al., 2017). Jensen (2007) kalder sådanne udfordringer matematiserings-problemstillinger.

Problemløsning fremstår i reviewet altså både som noget "eksternt" som omhandler en tilgang til eller et udgangspunkt for STEM-undervisning generelt, og som noget "internt" med fokus på den enkeltes kompetence til at overveje, matematisere, udvikle og reflektere over egne problemløsningsstrategier. Blikket for både et eksternt og et internt perspektiv på STEM-problemløsning medvirker til at jeg oversætter STEM-problemløsningskategorien til to kompetencer: *STEM-problembehandlingskompetence* og *STEM-matematiseringskompetence*.

Oversættelsen af kategorier til kompetencer resulterer i syv STEM-kompetencer. De syv kompetencer udspænder tilsammen hvad det vil sige at have STEM-kompetence.

## *Udfoldning af de syv STEM-kompetencer*

For at læseren kan få en fornemmelse for STEM-kompetencernes kendetegn og særegenheder, vil jeg med inspiration fra Niss & Højgaard (2002) i det følgende beskrive, kommentere og eksemplificere STEM-kompetencerne enkeltvis.



116885_mona_04-2022_.indd 17 09-11-2022 13:19:59

## *STEM-modelleringskompetence*

Denne kompetence består i nogens indsigtsfulde parathed til dels at kunne *anvende* foreliggende STEM-modeller, herunder at kunne *analysere* disse modellers grundlag og egenskaber, og dels selv at kunne *bygge* STEM-modeller.

## *Kommentarer*

En model er en forsimplet fremstilling af virkeligheden hvis formål er at bringe overblik over sammenhænge eller forudsige en udvikling. En model defineres som triplet (A, f, S), hvor A er det system som danner udgangspunkt for modelopstillingen, og f er en afbildning der oversætter elementer fra A til elementer i det valgte repræsenterende system, S. Elementerne i S afhænger således af med hvilke midler repræsentationen foretages. I STEM-modelleringskompetencen kan S repræsentere naturvidenskab, og så er der tale om en model som naturvidenskaben bruger til at beskrive virkeligheden med. S kan også repræsentere andre STEM-relevante systemer. Derved kan afbildningen resultere i fx matematiske eller interaktive modeller eller animationsmodeller.

Aktiv modelbygning indeholder en række forskellige elementer. Først at kunne *strukturere* den problemstilling der skal modelleres. Dernæst at kunne gennemføre en *oversættelse* heraf, dvs. en oversættelse af STEM-relaterede objekter, relationer, forhold mv. til det repræsenterede system, fx naturvidenskaben. At kunne *behandle* den opståede model, herunder løse de problemer den måtte give anledning til, samt at kunne *validere* den færdige model, dvs. bedømme dens holdbarhed både internt (i forhold til modellens egenskaber) og eksternt (i forhold til den problemstilling og den situation modellen omhandler). STEM-modeller kan repræsentere forskellige STEM-faglige områder i højere eller mindre grad.

Det indgår tillige at kunne *analysere modellen kritisk*, både i forhold til dens brugbarhed og relevans og i forhold til mulige alternative modeller, og at kunne *kommunikere* med andre om modellen og dens resultater. Endelig indgår det i aktiv modelbygning at have *overblik over* og kunne *styre* den samlede modelleringsproces.

At kunne analysere modeller kritisk betyder at man er opmærksom på at modeller ikke har almen gyldighed, men bygger på givne forudsætninger.

## *Eksemplificering*

Når det gælder *anvendelsen og analysen af foreliggende modeller*, kan man fx

- betragte epidemikurver fra Statens Serum Institut om antal tilfælde af covid-19
- beskrive sammenhængen mellem *kinetisk, potentiel og termisk energi* med udgangspunkt i en interaktiv model af en dreng på et skateboard i en skaterpark[1].

1 https://phet.colorado.edu/sims/html/energy-skate-park-basics/latest/energy-skate-park-basics_da.html.



116885_mona_04-2022_.indd 18 09-11-2022 13:20:01

Når det gælder *aktiv modelbygning*, er det i alle tilfælde nødvendigt at foretage afgrænsninger, gøre antagelser eller indhente data for at behandlingen kan foretages. Her ses eksempler på nogle aspekter man kan bygge en model af:

- Delprocesser i vandets kredsløb – fx en interaktiv model i Scratch
- Befolkningssammensætning, fattigdom, klimaændringer, sundhed, uddannelse eller ligestilling mellem køn i forskellige lande, fx gennem grafer eller illustrationer der sammenligninger data fra to eller flere lande
- Hvor stor en del af energiforbruget i Danmark der kan dækkes af vindmøller, og hvor mange møller det ville give anledning til
- Hvordan vand fra ét lavtliggende område flyttes til et højtliggende område.

## *STEM-problembehandlingskompetence*

Denne kompetence består i nogens indsigtsfulde parathed til dels *at kunne opstille* (identificere, afgrænse, specificere og formulere) og dels *at kunne løse* STEM-problemer samt at kunne *kritisk analysere* og *vurdere* sine egne og andres forsøg på problemløsninger. Et centralt aspekt af denne kompetence er evnen til at udtænke og implementere strategier til at løse STEM-problemer.

### *Kommentarer*

Kompetencen fokuserer på STEM-problemer med særlige karaktertræk (Horst & Laursen, 2022; Pleasants, 2020). Disse karaktertræk omhandler følgende:

- Ny teknologi er i forgrunden.
- Viden om STEM er i forgrunden.
- STEM-metoder er i forgrunden.
- STEM-problemer er kontekstspecifikke.
- Det skal være muligt at håndtere STEM-problemer på et undervisnings- og læringsmæssigt overskueligt niveau.

## *Eksemplificering*

Eftersom problemløsning ofte er en kompliceret og langstrakt affære, er der grænser for hvor detaljerede eksempler jeg kan give. Her kommer ét eksempel:

A: "Hvordan kan man opsamle vand i områder som ofte er præget af tørke?"

B: "Der er flere muligheder for dette:

- Warka Water Tower er en konstruktion der er designet til at høste vand fra atmosfæren (regn, tåge, dug), hvilket giver en alternativ vandkilde til landbefolkninger der står over for udfordringer med at få adgang til drikkevand (Mishra, 2019).



116885_mona_04-2022_.indd 19 09-11-2022 13:20:02

- MOF er et kunstigt materiale der suger fugten ud af luften vha. solenergi (Hanikel et al., 2020).

Hvordan de to løsninger virker, og hvilke konsekvenser de kan have for en bestemt befolkning, bør undersøges nærmere".

## *STEM-matematiseringskompetence*

Denne kompetence består i nogens indsigtsfulde parathed til dels at kunne *udpege* relevante faktorer for en given STEM-problemstilling og *forholde sig til* og *beskrive* disse faktorers indbyrdes relationer i et matematisk sprog samt *evaluere* udtrykkets brugbarhed og dels at kunne *gennemskue* og *vurdere* andres matematiseringer af fænomener fra den virkelige verden.

## *Kommentarer*

Et STEM-problem af ikke-matematikkarakter skal i *en matematisering* organiseres og studeres så de faktorer der indgår i STEM-problemet, og deres relationer oversættes til et matematisk sprog, enten som logiske sproglige formuleringer eller som formel symbolholdig matematik.

De fremkommende udtryk skal evalueres i forhold til i hvor høj grad de giver overblik over eller er en relevant løsning på det givne STEM-problem.

I forhold til at forholde sig til andres matematiseringer af fænomener fra virkeligheden handler det om at afkode hvilke fænomener matematiseringen repræsenterer. Det kan være gennem symboler eller numeriske værdier. Det handler også om at gennemskue hvorfor fænomeners indbyrdes relationer er opstillet som de er. Endelig handler det om at vurdere matematiseringens rækkevidde og begrænsninger.

## *Eksemplificering*

Når det gælder det at *udpege* faktorer i en matematisering og *forholde sig til* og *beskrive* relationer i et matematisk sprog, kan man fx

- opstille et udtryk for materialeforbrug til Warka Water Tower
- finde forholdet mellem el- og benzinbiler
- forestille sig at der skal bygges en ny bro der går over byens jernbane, og udpege nogle af de faktorer der har betydning for byggeriet, fx broens funktion (bilbro, cykelbro, gangsti – eller alle tre), broens placering (inden for eller uden for byen), broens konstruktion (en skråstags-, bue- eller bjælkebro) – og helt konkret opstille et regneudtryk for broens bredde når der skal kunne køre både biler og lastbiler på vejen, og der skal være cykel- og gangsti i begge sider.



116885_mona_04-2022_.indd 20 09-11-2022 13:20:04

Når det gælder det at *evaluere* og *vurdere* egne og andres matematiseringer, kan man fx

- bedømme om det er matematisk korrekt at konkludere at der er en sammenhæng mellem atmosfærens $CO_2$-indhold og atmosfærens temperaturændringer
- diskutere udsagnet "På et århundrede er vandforbruget vokset mere end dobbelt så hurtigt som verdens befolkning, og denne tendens ser ud til at stige"
- vurdere hvilken matematik og viden om vejret der ligger bag overskriften "Vores klima rykker 1,6 meter i timen"[2].

## *STEM-databehandlingskompetence*

Denne kompetence består i 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.

## *Kommentarer*

Kompetencen handler om at kunne overskue mulige datakilder til en given STEM-problemstilling så der kan foregå en kvalificeret indsamling og udvælgelse. Dernæst handler det om at bearbejde de indsamlede data ved at organisere, visualisere og systematisere dem.

Ved indsamling af data der beskriver en STEM-problemstilling, forstås både indsamling af data som eksisterer i forvejen (sekundære data), og indsamling af data som fremstilles (primære data).

Desuden handler det om at kunne evaluere og vurdere både indsamling, udvælgelse og bearbejdning og reflektere over datas udsagnskraft.

## *Eksemplificering*

Når det handler om at *indsamle, udvælge* og *bearbejde* data, kan man fx

- finde populationsdata (befolkning, dyr, bakterier, planter mv.) og behandle dem i tabeller, figurer eller grafer
- indsamle data fra egen undersøgelse gennem et spørgeskema
- lave målinger af temperaturfald i en kop kaffe over tid
- bygge en regnmåler og måle nedbør i en måned og sammenholde målingerne med data fra DMI
- indsamle og sortere plast ved kysten og heraf visualisere med en linjetaksering og frekvensanalyse.

2 https://vejr.tv2.dk/2019-04-09-vores-klima-rykker-med-16-meter-i-timen



116885_mona_04-2022_.indd 21 09-11-2022 13:20:06

Når det handler om at *vurdere* data, kan man fx

- give grunde til at en alderspyramide fra Kina fordelt på køn har markant flere drenge end piger i alderen 0 og 20 år
- diskutere om dem der svarede på spørgeskemaet, repræsenterer populationen
- bedømme måleresultater og tidsintervallers betydning for udsagnet om hvornår kaffen i koppen kan drikkes.

## *STEM-innovationskompetence*

Denne kompetence består i nogens indsigtsfulde parathed til at kunne *stille* spørgsmål som er karakteristiske for idéudvikling inden for STEM-feltet, og have *blik for* hvilke muligheder og typer af løsninger som kan forventes. Det kan dreje sig om dels *at stille spørgsmål* til andres idéer inden for STEM-feltet og *analysere* deres løsningsforslag og dels at *gennemføre* egen designproces hvor nye perspektiver, kreative elementer, international inspiration og interdisciplinært samarbejde fører til værdiskabende løsninger.

## *Kommentarer*

STEM-innovation handler om at være i stand til at handle i forhold til forskellige STEM-problemer. Handlinger kan være at finde nye muligheder, være kreativ med egne styrker og bruge relevant STEM-faglig viden til at handle, løse problemer og igangsætte og fuldende innovationsprocesser.

## *Eksemplificering*

Når det handler om at *stille* spørgsmål og *gennemføre* egen designproces, kan man fx undersøge

- hvordan kantinen kan reducere sit pap- og plastikforbrug
- hvilken form og hvilke proportioner en kran lavet i Lego Spike kan have hvis den skal løfte en fyldt 40-fods container
- hvordan man kan hjælpe en sansehandicappet med at finde vej i dagligdagen.

Når det handler om at *stille spørgsmål* til og *analysere* andres idéer og løsningsforslag, kan man fx

- undersøge konstruktionen af Svendborgsundbroen og overveje hvorfor de er kommet frem til netop denne konstruktion
- besøge Rockwool-fabrikken og blive klogere på hvordan de fremstiller stenuld, og efterfølgende relatere stenulds egenskaber til nye bæredygtige isoleringsmaterialer.



116885_mona_04-2022_.indd 22 09-11-2022 13:20:07

## *STEM-refleksionskompetence*

Denne kompetence består i nogens indsigtsfulde parathed til at *skelne mellem* hvilke spørgsmål der *bør stilles* i vurderingen af og reflektionen over en konklusion eller løsning som er fremkommet ud fra brug af en algoritme, Internet of Things eller kunstig intelligens, og hvilke der ikke behøver at blive stillet. Kompetencen handler også om kritisk at *kunne stille* sådanne spørgsmål og *have blik* for hvilke typer af svar der kan forventes i en given sammenhæng. Det kan dreje sig om både bias i data og refleksion over at nye løsninger kan skabe nye problemer (etiske dilemmaer, praktiske udfordringer), og at genanvendelse og bæredygtighed er præmis for at udvikle nye teknologier og materialer.

## *Kommentarer*

Kritisk refleksion handler om selvstændigt at tage stilling til et givent udsagn, en given konklusion eller et givent løsningsforslag. Nye løsninger kan være værdiskabende, men de kan også forårsage nye udfordringer eller dilemmaer. Kritisk refleksion skaber et konstruktivt grundlag for at handle i verden og giver mulighed for at skifte eller revidere sine perspektiver på verden. Samarbejde med andre kan fremme kritisk refleksion over egne og andres konklusioner og løsninger.

## *Eksemplificering*

Når det handler om at *identificere* og *formulere* spørgsmål der lægger op til at reflektere over en konklusion eller løsning, kan man fx

- overveje og forklare fordele og ulemper ved at hverdagens elektroniske apparater (køleskabe, alarmsystemer, udluftningssystemer mv.) gøres intelligente
- stille ti spørgsmål om mulige etiske dilemmaer ved selvkørende biler eller selvbetjeningsløsninger ved borgerservice
- overveje og forklare hvordan digitale teknologier med fordel kan anvendes til at observere antal solgte kopper kaffe i kantinen, antal elever der cykler i skole, eller udbredelsen af kæmpebjørneklo i Thy
- fremsætte forskellige STEM-relevante dilemma-udsagn og lade eleverne tage stilling til udsagnene ved at stille sig på en linje der går fra helt enig til helt uenig – og udsagnene kan være: *Køb af cannabis bør lovliggøres; Reklamer for skønhedsoperationer bør forbydes; Alle bør automatisk være registrerede som organdonorer; Alle offentlige institutioner skal indføre mindst én ugentlig kødfri dag*.

To elevsvar på det sidste dilemma-udsagn kan være:

E1: "Ja, fordi kødproduktion skader miljøet, og det er en måde at lære danskerne at spise andet end kødretter på".



116885_mona_04-2022_.indd 23 09-11-2022 13:20:09

E2: "Nej, staten skal ikke blande sig i hvad den enkelte spiser, og der er også meget andet som skader miljøet eller folks sundhed. Skal det også "forbydes"?"

## *STEM-samfundskompetence*

Denne kompetence består i nogens indsigtsfulde parathed til dels at *redegøre for, vurdere og fortolke* STEMs indflydelse på samfundet og dels at *kommunikere og handle på* samfundets behov for STEM.

## *Kommentarer*

STEM skal i denne sammenhæng forstås bredt. Dvs. at STEM henviser til hver af de fire discipliner: science, technology, engineering, mathematics.

Udvikling inden for STEM har haft betydning for samfundet over tid og vil ligeledes have det fremadrettet. Det kan fx handle om at nye digitale teknologier fremkalder nye vaner og arbejdsprocesser, hvilket kan medføre nye behov, betingelser og muligheder både på arbejdsmarkedet og privat. Omvendt giver samfundets udvikling behov for at indtænke STEM. Dels i forhold til grøn omstilling og effektivisering og dels i forhold til at gå fra at have en STEM-orienteret idé til at drive en forretning (viden om entreprenørskab, økonomi, regnskab, produktion og markedsføring). Herunder at have indblik i hvordan virksomhedsinnovation kan ske som reaktion på forbrugerens efterspørgsel, og hvordan nye løsninger i små virksomheder implementeres i større virksomheder gennem udvidelse og eskalering.

## *Eksemplificering*

Når det handler om *STEMs indflydelse på samfundet*, kan man fx

- undersøge hvilken betydning opdagelsen af bakterier har haft for fx menneskers adfærd, behandlingsformer eller fødevareproduktion
- besøge en lokal virksomhed og
  - undersøge hvordan virksomheden har udviklet sig
  - analysere virksomhedens (digitale) løsninger
  - idégenerere med hensyn til hvilke løsninger der kan være værdifulde for andre virksomheder
- vurdere fremtidens kompetencekrav til teknologi på arbejdsmarkedet: *Nogen skal udvikle teknologi, nogen skal bruge teknologi i problemløsning, nogen skal implementere/sætte op, nogen skal drifte, og nogen skal bruge* og diskutere hvilke arbejdsopgaver og personlige kvalifikationer det kan/må føre til.

Når det handler om *samfundets behov for STEM*, kan man fx lave forløb med udgangspunkt i FN's verdensmål (figur 2). Her er et par eksempler:



116885_mona_04-2022_.indd 24 09-11-2022 14:10:15

*Nr. 3: Sundhed og trivsel*, med temaet: Din og andres sundhed.

- Undersøg digitale teknologier som indsamler data om sundhed. Det kan fx være søvnrytme, puls eller dagligt forbrug af sociale medier. Vælg én teknologi, og indsaml data om din egen sundhed. Giv forslag til og begrundelser for initiativer der kan ændre din egen sundhed.
- Undersøg mulige forklaringer på hvorfor der i Danmark er en stigning i unge som udvikler forstadier til diabetes, og giv begrundelser for mulige udfordringer ved og relevante tiltag til forebyggelse af diabetes.

*Nr. 11: Bæredygtige byer og lokalsamfund*, med temaet: Fremtidige vandstandsstigninger i dit lokalområde.

- Lad eleverne udvikle idéer til bæredygtige og realistiske løsninger for at sikre mod fremtidige vandstandsstigninger.
- Hør lokale synspunkter og løsningsforslag om vandstigninger (fx produktions- eller ingeniørvirksomheder eller kommunens teknik- og miljøudvalg).




**Figur 2.** *FN's verdensmål.*

*Nr. 14: Livet i havet*, med temaet: Et rent hav for alle.

- Undersøg hvordan spildevandsudledning og udledning af kvælstof og fosfor fra landbruget påvirker havmiljøet nær dig. Vælg fx vandløb, fjord, sund eller bælt i lokalområdet som case.
- Besøg et renseanlæg eller et landbrug, eller invitér en repræsentant fra teknisk forvaltning, og analysér de enkelte aktørers indsatser for et bedre havmiljø – lokalt og nationalt.



116885_mona_04-2022_.indd 25 09-11-2022 13:20:13

Ovenstående beskrivelser giver et indblik i de syv STEM-kompetencers kendetegn og særegenheder samt eksempler på aktiviteter der kan være pejlemærker for STEM-undervisning. Afslutningsvis vil jeg komme med et par bemærkninger om STEM-kompetencerne samt en opfordring til hvordan de kan implementeres.

## Afsluttende kommentar

- Bemærkninger om kompetencernes duale karakter, kognitive natur, relation til forståelse og proceduremæssige færdigheder samt fokus på *at gøre* er uddybet i Niss & Højgaard (2019). Jeg har selv tre supplerende bemærkninger:
- De syv STEM-kompetencer er mit bud på en kompetencebeskrevet faglighed, velvidende at ikke alle aspekter af STEM-faglighed indfanges som en selvstændig kompetence. Det gælder fx STEM-kommunikation og STEM-samarbejde. At kunne kommunikere er vigtigt i forhold til at udvikle STEM-kompetence, men i karakteristikken af STEM-faglighed fortolkes kommunikation ikke som en kategori, hvorfor den ikke begrebssættes som en *særlig* STEM-kompetence. Et lignende eksempel er samarbejde. Samarbejde på tværs af discipliner optræder centralt i flere analyser i litteraturreviewet, men forekommer ikke som en kategori, og derved identificeres samarbejde ikke som en STEM-kompetence.
- De syv STEM-kompetencer er forskellige, men ikke adskillelige. Hver kompetence har en defineret identitet som adskiller den fra andre kompetencer. Når én af kompetencerne er i fokus, vil nogle af de andre komme i spil i en hjælpefunktion, afhængigt af den konkrete situation og kontekst. Jeg har valgt at repræsentere STEM-kompetencernes indbyrdes forhold og relationer i en STEM-kompetencestjerne, se figur 3. Hver stjernespids er adskilt fra de andre, men overlapper også. Den enkelte stjernespids' identitet understreges af den varierende farveintensitet, der er størst i den centrale del og aftager mod spids og midte.
- De syv STEM-kompetencer giver mulighed for at implementere STEM-undervisning som et bredt samspil mellem (i første omgang) matematik og naturfagene. Med udgangspunkt i én STEM-kompetence kan matematik- og naturfagsundervisere i fællesskab planlægge, tilrettelægge og gennemføre undervisning som integrerer matematiske og naturfaglige begreber. Derved kan en kompetencebeskrevet STEM-faglighed være et bud på indhold i integreret STEM-undervisning fremadrettet.

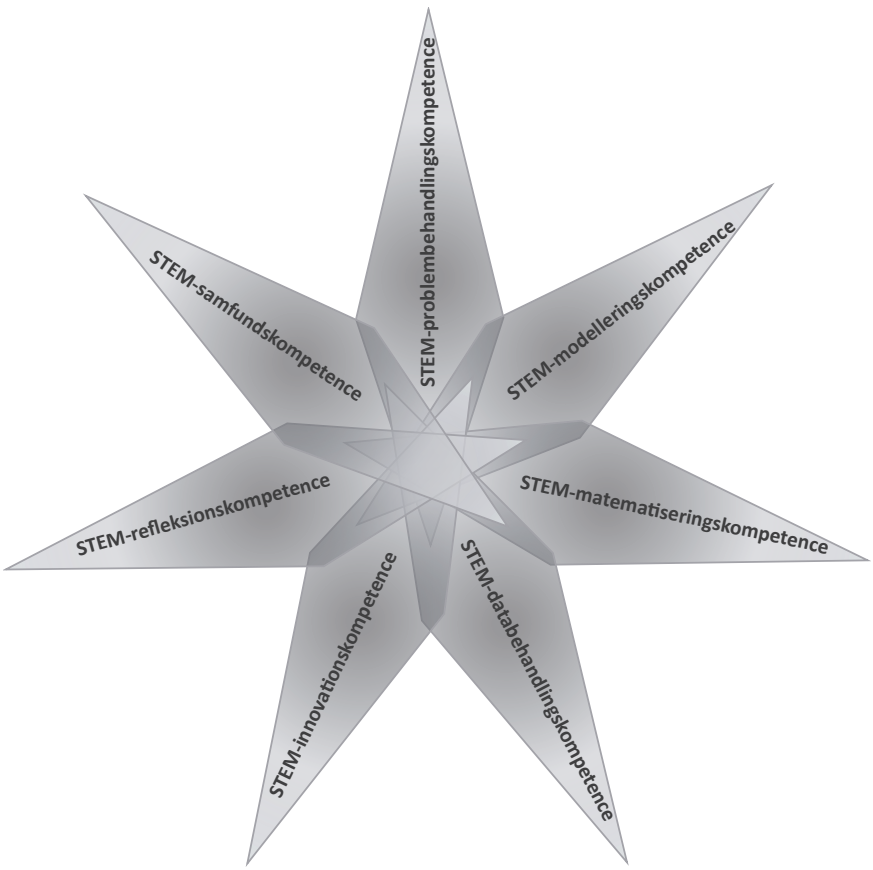
De syv STEM-kompetencebeskrivelser er anvendt som middel til at indfange en samfundsmæssig ambition om hvad det vil sige at beherske STEM-faglighed – de er begrundelsesrettede. Om STEM-kompetencebeskrivelserne også er undervisningsbare, må komme an på en prøve. Jeg vil hermed opfordre undervisere til at prøve at lade



116885_mona_04-2022_.indd 26 09-11-2022 13:20:14

STEM-kompetencerne være pejlemærker for STEM-undervisning og derigennem få erfaringer med om det er meningsfuldt.

Jeg vil selv som en del af mit ph.d.-projekt, i samarbejde med et team af lærere i matematik og naturfag, udvikle, afprøve og evaluere undervisningsforløb der eksplicit tager udgangspunkt i én STEM-kompetence ad gangen. Erfaringer herfra kan bidrage til viden om potentialer for og særlige opmærksomhedspunkter ved kompetenceorienteret STEM-undervisning.




**Figur 3.** *En visuel repræsentation af syv STEM-kompetencer.*

## Referencer

Achilles, M., Hansen, J. D., Lind, A., & Jensen, T. H. (2007). *Kompetencer i økonomi som undervisningsfag – med opgaveeksempler fra hhx*. Danmarks Pædagogiske Forlag. https://pure.au.dk/portal/files/220/THJ07-etal-Kompetencer_i__konomi_som_undervisningsfag-endelig-rapport.pdf



116885_mona_04-2022_.indd 27 09-11-2022 13:20:16

Adamsen, J. (2016). Faglighed–kvalitet, æstetik og undervisning. *Studier i Pædagogisk Filosofi*, *5*(1), 62-80. https://doi.org/10.7146/spf.v5i1.18137

Akerson, V. L., Burgess, A., Gerber, A., Guo, M., Khan, T. A., & Newman, S. (2018). Disentangling the meaning of STEM: Implications for science education and science teacher education. *Journal of Science Teacher Education*, *29*(1), 1-8. https://doi.org/10.1080/1046560X.2018.1435063

Andersen, N. O., Busch, H., Horst, S., & Troelsen, R. (2003). *Fremtidens naturfaglige uddannelser: Naturfag for alle – vision og oplæg til strategi*. Undervisningsministeriet. https://static-curis.ku.dk/portal/files/9855613/FNU-1.pdf

Ärlebäck, J. B., & Albarracín, L. (2019). The use and potential of Fermi problems in the STEM disciplines to support the development of twenty-first century competencies. *ZDM Mathematics Education*, *51*, 979-990. https://doi.org/10.1007/s11858-019-01075-3

Boell, S. K., & Cecez-Kecmanovic, D. (2014). A Hermeneutic Approach for Conducting Literature Reviews and Literature Searches. In *Communications of the Association for Information Systems* (Vol. 34, pp. 257-286). https://doi.org/10.17705/1CAIS.03412

Boon Ng, S. (2019). *Exploring STEM competences for the 21st century*. UNESCO International Bureau of Education. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000368485

Børne- og undervisningsministeriet. (2020). *Bekendtgørelse om formål, kompetencemål, færdigheds- og vidensområder og opmærksomhedspunkter for folkeskolens fag og emner (Fælles Mål), BEK nr 1217 af 19/08/2020*. https://www.retsinformation.dk/eli/lta/2020/1217

Bybee, R. W. (2010). Advancing STEM education: A 2020 vision. *Technology and Engineering Teacher*, *70*(1), 30. https://eric.ed.gov/?

Bybee, R. W. (2013). *The case for STEM education: Challenges and opportunities*. NSTA press.

Caprile, M., Palmén, R., Sanz, P., & Dente, G. (2015). *Encouraging STEM studies Labour Market Situation and Comparison of Practices Targeted at Young People in Different Member States*. Policy Department A. https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2015/542199/IPOL_STU(2015)542199_EN.pdf

Council, E. (2015). *National STEM school education strategy, 2016-2026*. Education Services Australia. https://www.dese.gov.au/education-ministers-meeting/resources/national-stem-school-education-strategy

Council, N. R. (2014). *STEM integration in K-12 education: Status, prospects, and an agenda for research*. National Academies Press. https://nap.nationalacademies.org/catalog/18612/stem-integration-in-k-12-education-status-prospects-and-an

European Union. (2019). *KEY COMPETENCES FOR LIFELONG LEARNING*. https://doi.org/10.2766/569540

Fink, A. (2019). *Conducting research literature reviews: From the internet to paper*. Sage publications.

Gravemeijer, K., Stephan, M., Julie, C., Lin, F.-L., & Ohtani, M. (2017). What mathematics education may prepare students for the society of the future? *International Journal of Science and Mathematics Education*, *15*(1), 105-123. https://doi.org/10.1007/s10763-017-9814-6



116885_mona_04-2022_.indd 28 09-11-2022 13:20:18

Hanikel, N., Prévot, M. S., & Yaghi, O. M. (2020). MOF water harvesters. *Nature Nanotechnology*, *15*(5), 348-355. https://doi.org/10.1038/s41565-020-0673-x

Hansen, R. (2018). *Målstyret kompetenceorienteret matematikundervisning*. DPU, Aarhus Universitet. https://www.ucviden.dk/files/124228968/Hansen_Rune_2018_M_lstyret_kompetenceorienteret_matematikundervising.pdf

Hart, C. (2018). *Doing a literature review: Releasing the research imagination*. Sage Publications.

Højgaard, T., & Sølberg, J. (2022). *Fostering Competence: A Case Story of Two-dimensional Curriculum Development in Denmark (in progress)*.

Horst, S., & Laursen, K. (2022). Hvordan kan STEM-undervisning håndteres? *MONA-Matematik-Og Naturfagsdidaktik*, *2*, 80-92.

Jensen, T. H. (2007). *Udvikling af matematisk modelleringskompetence som matematikundervisningens omdrejningspunkt–hvorfor ikke*. Tekster Fra IMFUFA. https://pure.au.dk/portal/files/227/THJ07-phd-dissertation.pdf

Larsen, D., Kristensen, M., Hjort, M., & Seidelin, L. (2022). STEM-didaktik–et internationalt, systematisk review om STEMundervisningens didaktik. *MONA-Matematik-Og Naturfagsdidaktik*, 6-22. https://tidsskrift.dk/mona/article/view/131923

Li, Y., Wang, K., Xiao, Y., & Froyd, J. E. (2020). Research and trends in STEM education: a systematic review of journal publications. *International Journal of STEM Education*, *7*(1), 11. https://doi.org/10.1186/s40594-020-00207-6

Maass, K., Geiger, V., Ariza, M. R., & Goos, M. (2019). The Role of Mathematics in interdisciplinary STEM education. *ZDM Mathematics Education*, *51*, 869-884. https://doi.org/10.1007/s11858-019-01100-5

Marope, M., Griffin, P., & Gallagher, C. (2017). *Future competences and the future of curriculum: A global reference for curricula transformation*. International Bureau of Education. http://www.ibe.unesco.org/sites/default/files/resources/future_competences_and_the_future_of_curriculum.pdf?fbclid=IwAR1Y3Ac0dNgpHqle02-OwYQ-b-eAZfwEHJ3PwnbUZa8T-XIa-PZQpTrMjnhU

Mishra, S. (2019). Warka Water Tower: An Innovative Method of Water Harvesting from Thin Air in Semi-Arid Regions. *International Journal of Scientific Engineering and Research*, *7*(1), 100-104. https://www.ijser.in/archives/v7i1/IJSER18578.pdf

Møller, M. (2022). *En karakteristik af STEM-faglighed (Et kapitel i ph.d.-afhandling, in progress)*. https://www.ucviden.dk/files/165358932/En_karakteristik_af_STEM_faglighed.pdf

Nielsen, K., & Sillasen, M. K. (2020). Teknoliogiforstyrelse: Hvad mener Børne-og Undervisningsministeriet, når de skriver "teknologi"? *MONA-Matematik-Og Naturfagsdidaktik*, 63-73. Hentet fra https://tidsskrift.dk/mona/article/view/121574

Niss, M., & Højgaard Jensen, T. (2002). *Kompetencer og matematiklæring: ideer og inspiration til udvikling af matematikundervisning i Danmark*. Uddannelsesstyrelsens temahæfteserie, nr. 18/2002. https://static.uvm.dk/publikationer/2002/kom/hel.pdf



116885_mona_04-2022_.indd 29 09-11-2022 13:20:20

Niss, M., & Højgaard, T. (2019). Mathematical competencies revisited. *Educational Studies in Mathematics*, *102*(1), 9-28. https://doi.org/10.1007/s10649-019-09903-9

Peters-Burton, E. E. (2014). Is there a "Nature of STEM"? In *School Science and Mathematics* (Vol. 114, Issue 3, pp. 99-101). Wiley Online Library. https://doi.org/10.1007/s11191-020-00150-6

Pleasants, J. (2020). Inquiring into the nature of STEM problems. *Science & Education*, *29*(4), 831-855. https://doi.org/10.1007/s11191-020-00135-5

Reynante, B. M., Selbach-Allen, M. E., & Pimentel, D. R. (2020). Exploring the promises and perils of integrated STEM through disciplinary practices and epistemologies. *Science & Education*, *29*(4), 785-803. https://doi.org/10.1007/s11191-020-00121-x

Sanders, M. E. (2008). *Stem, stem education, stemmania*. https://www.teachmeteamwork.com/files/sanders.istem.ed.ttt.istem.ed.def.pdf

Schmidt, J. R. (2019). Hvem definerer STEM i skolen og i skoleforskning? *MONA – Matematik- Og Naturfagsdidaktik*, *2019*(2), 70-88. https://tidsskrift.dk/mona/article/view/114698

Sølberg, J., Bundsgaard, J., & Højgaard, T. (2015). Kompetencemål i praksis–hvad har vi lært af KOMPIS? *Mona-Matematik-Og Naturfagsdidaktik*, *2*. https://tidsskrift.dk/mona/article/view/36308

Steen, N., Madsen, M. S., & Højgaard, T. (2020). Potentialer og begrænsninger ved anvendelse af lærebøger i matematikundervisningen: resultater fra et systematisk review. *Nordic Studies in Mathematics Education, 25*(2), 5-28. https://pure.au.dk/portal/files/191795314/THJ20_Steen_Madsen_NOMAD.pdf

Undervisningsministeriet. (2018). *National naturvidenskabsstrategi*. https://www.uvm.dk/publikationer/folkeskolen/2018-national-naturvidenskabsstrategi

Zollman, A. (2012). Learning for STEM literacy: STEM literacy for learning. *School Science and Mathematics*, *112*(1), 12-19. https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.2012.00101.

## English abstract

*There is a societal ambition that more children and young people develop STEM competence, but STEM teaching that supports this is not a set framework. The first part of the article forms a literature review based on a characterization of STEM professionalism. The second part of the article argues that competence descriptions can be a meaningful means of describing the aims and goals of STEM teaching if the STEM competence goals are described in such a way that they are both purposeful and teachable. The article's contribution is seven STEM competencies: STEM modeling competency, STEM mathematization competency, STEM data-handling competency, STEM innovation competency, STEM reflection competency, STEM society competency, and STEM problem-solving competency.*



116885_mona_04-2022_.indd 30 09-11-2022 13:20:21

# Matematik – STEM-uddannelsernes akilleshæl



Laura Emtoft,
Absalon, Center for Skole og Læring



Lene Beck Mikkelsen,
Absalon, Centre for Engineering and Science

**Abstract:** *I artiklen undersøger vi de studerendes oplevelse af fire understøttende indsatser: brushup-forløb, ekstra matematik, studiecafé og studiegrupper, som skal medvirke til at studerende på diplomingeniøruddannelser gennemfører matematiske grundelementer og på længere sigt gennemfører studiet. Undersøgelsen peger på at det kan have positiv betydning for de deltagende studerende at det er studerende som varetager undervisningen. Studerende som deltager i studenterdrevet undervisning, oplever i højere grad at de har indflydelse på indhold og valg. Samtidig vurderer de studerende at deres deltagelse i højere grad har været drevet af et aktivt tilvalg knyttet til den studenterdrevne undervisning, ud fra et ønske om at føle sig kompetent.*

## Indledning

I Danmark er der i lighed med i andre lande stort fokus på at tiltrække studerende til STEM-uddannelserne. Fx etablerede regeringen i 2018 Teknologipagten som bl.a. har en målsætning om at forøge rekrutteringen til de videregående STEM-uddannelser med 20 % over en tiårig periode.

I tillæg til rekrutteringsudfordringen har STEM-uddannelser udfordringer med at få de studerende til at gennemføre STEM-uddannelserne. Således afbryder 23 % af bachelorstuderende inden for STEM-området uddannelsen i løbet af det første år (Lind & Tiedemann, 2021).

Matematik er et af de fag som flere studerende har udfordringer med og har svært ved at bestå når de begynder på videregående professions- og erhvervsakademiuddannelser inden for STEM. For en del studerende er matematikken et fagområde de ikke har set som centralt eller relevant ved deres valg af uddannelse og fremtidige job (Holmegaard, Madsen & Ulriksen, 2015).

I denne artikel ser vi på fire iværksatte indsatser som skal hjælpe de studerende med at bestå matematik, idet diplomingeniøruddannelserne målrettet bioteknologi



116885_mona_04-2022_.indd 31 09-11-2022 13:20:24

og maskinteknologi på Absalon i Kalundborg anvendes som case. De fire iværksatte indsatser er et brushupkursus før studiestart, et ekstra matematikkursus på første studieår, en studiecafé undervejs i hele studiet og studenterledede studiegrupper for de studerende der ikke består matematik på første år. Indsatserne fremgår af tabel 1.

Konkret undersøges hvordan tiltagene opleves af de studerende, og hvilken betydning de har for de studerendes chancer for at gennemføre matematik på diplomingeniøruddannelsen og for at gennemføre uddannelsen generelt.

Indsatserne er gennemført under projektet Kompetencetilpasningsforløb, hvor partnere fra VUC og videregående uddannelser i Region Sjælland har afprøvet en række indsatser målrettet rekruttering og fastholdelse i STEM-uddannelser, herunder indsatser målrettet hjælp til studerende med at gennemføre matematik. Kompetencetilpasningsforløb støttes af Region Sjælland, Vækstforum Sjælland og Den Europæiske Socialfond og omfatter alle VUC'er i Region Sjælland – VUC Storstrøm, Nordvestsjællands HF og VUC, Hf og VUC Roskilde og HF & VUC Klar – samt de videregående uddannelsesinstitutioner Professionshøjskolen Absalon og Zealand Erhvervsakademi.

## Baggrund

### *Fravalg af og frafald på STEM*

Internationalt er der stor enighed om at matematik udgør en hjørnesten i STEM-uddannelserne, men samtidig at matematik udgør en stor udfordring. Udfordringen kommer til udtryk både ved valg eller fravalg af videregående STEM-uddannelser og i forhold til studerendes muligheder for at gennemføre uddannelserne.

Holmegaard, Madsen & Ulriksen (2014) finder i et studie om overgang fra gymnasiale uddannelser til STEM-uddannelserne at de unge oplever ikke at få indfriet deres forventninger, og at de forsøger at overkomme dette gennem tre forskellige strategier: at holde ud at ens forventninger ikke bliver indfriet, at blive ved med at afprøve om det man møder, kan tilpasses ens forventninger, og at indordne og tilpasse sine forventninger til det man møder.

Dwyer et al. (2020) og Meyer (2014) peger på at nyoptagne studerende på STEM-uddannelserne ofte finder matematikfaget særlig vanskeligt, og at de er umotiverede for faget og har svært ved at bestå de matematiske grundelementer.

### *Betydningen af studiegrupper er uklar*

Flere studier undersøger hvorvidt studiegrupper og en mere fokuseret støtte fra uddannelsesinstitutionen kan medvirke til at studerende gennemfører matematikelementer i uddannelserne og forbliver på studiet efter det første studieår.



116885_mona_04-2022_.indd 32 09-11-2022 13:20:25

Carlson et al. (2016) undersøger hvorvidt studiegrupper der er ledet af ældre studerende, og som arbejder med kollaborativ læring, kan være betydningsfulde. I studiet er det signifikant at jo mere avanceret matematikken bliver, desto mere opleves studiegrupperne som meningsfulde.

Sweeder et al. (2019) undersøger et tilsvarende tilbud hvor studerende med lave indgangskarakterer i matematik deltager i studiegrupper. Studiet finder at der er en lille stigning i antallet af studerende som består matematiske grundelementer, men finder ikke at der er en stigning i antallet af studerende der gennemfører uddannelsen.

I modsætning til dette resultat finder Morales et al. (2016) at studiegrupper for nytilkomne studerende, ledet af ældre studerende over tre semestre, får beståelsesraten i matematik til at fordobles (20-40 %), og at de studerendes selvværd stiger. Tilsvarende finder Achat-Mendes et al. (2020) at studiegrupper letter overgangen fra ungdomsuddannelse til videregående uddannelse, og at de studerendes faglige niveau i matematik stiger.

Kim (2018) undersøger om uddannelsesinstitutionens understøttelse af de studerende kan få betydning for de studerendes positive selvopfattelse i matematik og derigennem hæve deres faglige niveau. Den undersøgte indsats bestod bl.a. af studiegrupper, ekstra studievejledning og ekstra faglig feedback på det faglige arbejde i matematik. Studiet peger på at mandlige studerende har signifikant mere udbytte af indsatsen end kvindelige studerende.

### *Betydningen af motivation og self-efficacy i forhold til matematik*

En gruppe af studier fokuserer på de studerendes motivation og self-efficacy i forhold til matematik. Studierne peger samstemmende på at mange studerende har lav motivation for matematikfaget, og at deres self-efficacy i faget er lav. Self-efficacy er individets oplevelse af at kunne mestre de opgaver som han bliver sat overfor, og svarer til kompetencebehovet inden for selvbestemmelsesteorien, som denne artikel tager udgangspunkt i.

Kassaee et al. (2016) undersøger hvorvidt en øget indsats bestående af bl.a. ekstra kurser i matematik, studieteknik og adgang til øget faglig vejledning kan hæve de studerendes faglige niveau og derigennem deres motivation. Studiet peger på at de studerendes motivation stiger gennem indsatserne, hvilket fremhæves som en forudsætning for at få de studerende til at gennemføre uddannelsen.

Litzler et al. (2014) undersøger hvorvidt der er en sammenhæng mellem de studerendes self-efficacy i matematik og deres oplevelse af matematikundervisningen. Studiet peger på at dygtige undervisere, oplevelse af samarbejde mellem de studerende og mulighed for medbestemmelse har betydning for de studerendes oplevelse af self-



116885_mona_04-2022_.indd 33 09-11-2022 13:20:27

efficacy. Studiet finder dog en generel tendens til at kvindelige studerende har lavere self-efficacy i matematik end mandlige studerende.

Rodriguez et al. (2013) peger på at de studerendes selvtillid i forhold til matematik stiger når undervisningen er centreret omkring opgaver som de studerende kan se en "nytteværdi" i, og når de studerende selv får indflydelse på deres arbejdsform.

## Metode og analysestrategi

I denne undersøgelse har vi været interesseret i at få indblik i hvordan forskellige indsatser fra uddannelsesinstitutionen er blevet oplevet af studerende i deres forsøg på at overkomme de faglige krav inden for matematikfaget. Samtidig har vi været interesseret i undervisernes oplevelse af tiltagene og deres overvejelser i forbindelse med disse.

Det empiriske grundlag for artiklen er semistrukturerede, kvalitative interviews med otte studerende fra diplomingeniøruddannelserne der har deltaget i mindst én af de fire matematikunderstøttende indsatser, samt tre undervisere som har varetaget én eller flere af indsatserne. Studentergruppen bestod af fire studerende fra diplomingeniøruddannelsen i maskinteknologi og fire studerende fra diplomingeniøruddannelsen i bioteknologi. De studerende blev udvalgt ud fra kriterier om at de havde deltaget i én eller flere af de iværksatte indsatser: "brushup", "ekstra matematik", "studiecafé" og "studiegrupper". De studerende blev derefter spurgt om de ville deltage i interviews. Derudover er der foretaget tre kvalitative interviews med undervisere fra de samme uddannelser som har forestået "brushup-matematik", "ekstra matematik" og "studiecafé". Interviewene blev lydoptaget og transskriberet ordret. Kvalitative interviews er valgt fordi de giver adgang til den interviewedes oplevelser (Brinkmann & Tanggård, 2010).

### *Oversigt over de fire indsatser*

Analysen af data er fremkommet ved gentagne læsninger af data. Fokus i læsningerne har været de studerendes oplevelser af de fire indsatser, "brushup", "ekstra matematik", studiecafé" og "studiegrupper".



116885_mona_04-2022_.indd 34 09-11-2022 13:20:29

**Tabel 1.** *Oversigt over de fire indsatser i forhold til placering på studiet, omfang og varetagelse.*

| | Placering | Omfang | Forestået af |
|---|---|---|---|
| **Brushup** | Før studiestart | En uge<br>(30 lektioner) | Underviser |
| **Ekstra matematik** | Andet semester | Seks uger<br>(18 lektioner)<br>En eftermiddag efter endt undervisning | Underviser |
| **Studiecafé** | Alle semestre | En formiddag om ugen | Underviser og studerende |
| **Studiegrupper** | Andet semester | Lørdag og søndag i fem uger | Studerende |

Til at analysere og forstå de studerendes oplevelser af praksis anvender vi Ryan & Decis (2017) tre psykologiske behov: autonomi, kompetence og samhørighed, fordi det gennem disse er muligt at differentiere og kategorisere de studerendes oplevelser og derigennem pege på potentialer og barrierer i de iværksatte indsatser. Derudover anvender vi Schmidts (2015) begreb om sociofaglig inklusion for at begribe den dobbelthed der er i de studerendes bestræbelser på at gennemføre de matematiske elementer af deres uddannelse. Analysen vil her fokusere på den grundlæggende forbundethed der findes mellem social og faglig inklusion, og som kan give indsigt i nogle af de udfordringer der findes i forbindelse med de fire indsatser.

## Teori

### *Selvbestemmelsesteorien*

Ifølge selvbestemmelsesteorien er der tre psykologiske behov der har betydning for hvordan mennesket oplever sin praksis som meningsfuld og motiverende. Ryan & Deci (2017) identificerer tre psykologiske behov hos mennesker: autonomi, kompetence og samhørighed. Disse tre behov skal næres hvis man vil understøtte psykisk velbefindende og styrke motivation i en given praksis.

Det er interessant at undersøge hvorvidt støttende indsatser inden for matematik kan medvirke til at nære disse behov, fordi indsatserne derved kan være med til at øge psykosociale funktioner som læring, vedholdenhed og kreativitet. Med udgangspunkt i selvbestemmelsesteorien får vi mulighed for at differentiere og kategorisere



116885_mona_04-2022_.indd 35 09-11-2022 13:20:31

de studerendes oplevelser af de fire indsatsers betydning for deres mulighed for at dygtiggøre sig inden for det matematiske område.

Autonomi beskriver individets mulighed for frivilligt at kunne bestemme over sig selv og sine handlinger og kunne træffe valg som er i overensstemmelse med individets værdier og ønsker. Autonomi betyder ikke fuldstændig uafhængighed af andre. Derimod udvikles og understøttes autonomi i sociale kontekster og er dermed ikke en uafhængig, iboende egenskab hos det enkelte individ. Selve følelsen af valgfrihed fremstår dog central, da valgmuligheder matcher oplevelsen af at kvalificere og fremme ens egen søge- og beslutningsproces – og dermed ens autonomi (Ravn, 2021).

Kompetencebehovet er et stærkt intrinsisk behov for at opleve at kunne udrette noget og dermed udvikle sig. Det er væsentligt at understrege betoningen af det intrinsiske aspekt ved kompetencebehovet, som står i modsætning til at det er initieret udefra (Ryan & Deci, 2017). Når individet oplever at det kan udrette det det har sat sig for, får det en subjektiv fornemmelse af at kompetencebehovet tilfredsstilles. Omvendt generer det voldsom frustration at træne og øve noget hvis individet ikke oplever fremgang.

Samhørighed dækker over at individet har et eksistentielt behov for at interagere med, være forbundet med og opleve omsorg fra og for andre. Følelsen af samhørighed knytter sig til individets oplevelse af at være betydningsfuld og vigtig i andres øjne samt at de andre er det for en selv. Kernen i samhørighed er at få andre til at reagere med følsomhed og omsorg og dermed signalere at man er betydningsfuld og værdsat (ibid.: 96). Dermed vil individet opleve samhørighed i praksisser der styrker dets sociale relationer, giver det social status eller på anden vis bekræfter dets tilhørsforhold til dem omkring det.

## *Sociofaglig inklusion*

Ud over at kunne differentiere og kategorisere de studerendes oplevelser af de fire indsatser er det relevant at se på dette i et inklusionsperspektiv. Når man påbegynder en videregående STEM-uddannelse, starter der et identitetsarbejde der er centreret omkring at høre til. Dette må, for at være vellykket, indeholde både en faglig og en social dimension. Schmidt (2015) introducerer begrebet sociofaglig inklusion. Sociofaglig inklusion er de strategier som en studerende anvender til at blive inkluderet i en gruppe. Det særlige ved disse strategier er at de på en og samme tid er både socialt og fagligt funderet. Schmidt er inspireret af Bourdieus begreb socialkapital (Bourdieu, 1986), hvor han fremhæver hvordan mennesker gennem ritualer anerkender hinanden og bekræfter gruppemedlemskabet. Han omtaler deltagelsen i disse aktiviteter som investeringsstrategier der skaber kapital inden for gruppens sociale praksis.

Med dette perspektiv kan man se på de handlinger og forståelser som de studerende italesætter om deres deltagelse i de fire indsatser. Hvor og hvordan kan det betale sig



116885_mona_04-2022_.indd 36 09-11-2022 13:20:32

at investere i gruppen, og er der et afkast der er noget værd, ved disse investeringer? En vellykket investering i socialkapital skaber i dette perspektiv vedvarende socio-faglig inklusion i en gruppe som den studerende finder det værd at forblive en del af over en længere periode.

## Analyse

At søge ind på en videregående uddannelse må som udgangspunkt anses for at være et valg hvor den kommende studerende vil forsøge at gøre sig forestillinger om studiet og professionen.

De studerende der har deltaget i en eller flere af projektets indsatser, har haft forskellige forestillinger om matematikkens centrale rolle på uddannelserne. Der er en gruppe for hvem det kommer som en relativt stor overraskelse da de primært har fokuseret på selve professionen:

> "Jeg kom til åbent hus, og så syntes jeg bare det lød fedt, så jeg tænkte ikke så meget over matematikken – jeg tænkte mere på uddannelsen, at det var det jeg gerne ville" (studerende 1) og "Jeg vidste godt at der ville være nogle beregninger med statistik, men ikke mere end det – jeg havde ikke nogen idéer om hvad matematik egentlig gør for en maskiningeniør" (studerende 2).

Andre studerende forestillede sig at matematik var centralt, men oplever at matematik har betydning for stort set alle elementer på uddannelsen:

> "Det viste sig bare at det var næsten hele studiet" (studerende 3) og "Hvis man kigger på det på fagniveau, altså så kan man sige at matematik som fag fylder en tredjedel af første semester, men reelt så tror jeg at matematik fylder 80 % af vores første semester" (studerende 4).

Disse studerende beretter at de som indgang til uddannelsen har opfyldt kravet om matematik på A-niveau og dermed har haft en begrundet formodning om at de besad de nødvendige kompetencer, men de oplever at deres indgangsniveau måske ikke har været tilstrækkeligt:

> "Jeg dumpede faktisk min skriftlige eksamen, men jeg havde så fået 4 i standpunkt, og så blev det så 02, så jeg kunne lige komme ind" (studerende 1) og "Jeg tog matematik på A-niveau hen over en sommerferie, så jeg kom måske ikke så meget i dybden med matematikken" (studerende 4).



116885_mona_04-2022_.indd 37 09-11-2022 13:20:34

De interviewede studerende oplever at deres kompetencer inden for matematikfaget bliver udfordret, og at matematik er svært. Udtalelser om at matematik er svært, går igen og igen:

> "Jeg vidste godt at det ville være lidt sværere (end matematik på VUC), men det viste sig så at være meget, meget, meget sværere" (studerende 2) og "Jeg har altid godt kunnet lide matematik og været glad for det, men det her var anderledes og svært, og det fylder meget" (studerende 5) og "Det er nok den største udfordring der er på uddannelsen, det er matematikken" (studerende 6).

## *Oplevelser af "brushup"*

Som en del af projektet Kompetencetilpasningsforløb er de studerende blevet tilbudt at deltage i et brushupforløb som ligger før selve studiestarten. Forløbet strækker sig over en uge og har fokus på at gennemgå og opfriske elementer fra matematik på A-niveau og kemi. De studerende der har valgt at deltage i brushupforløbet, udtrykker at de var bekymrede for hvorvidt deres faglige niveau var højt nok i matematik, og oplevede at brushupkurset var en mulighed for at tjekke op på om deres niveau svarede til det forventede i matematik:

> "Man finder ud af minimumsniveauet, det var i hvert fald sådan jeg følte det var på brushup – det her skal I som minimum kunne for at komme videre" (studerende 7) og "Jeg syntes det var rigtig rart, jeg har jo personligt ikke gået på gymnasiet, jeg har jo taget en HF igennem en årrække" (studerende 6).

Derudover oplever de studerende at brushupforløbet er en reel mulighed for at få opfrisket matematikken fra A-niveau:

> "De (underviserne) tager de mest basale ting i matematik, sådan noget som differentialligninger som er stof fra matematik på A-niveau" (studerende 8).

Det ser ud til at de studerende som udgangspunkt søger brushupkurset for at få bekræftet deres kompetenceniveau. Brushupkurset bekræfter de kompetencer som de studerende allerede oplever at have, men samtidig ser det ikke ud til at der sker en faktisk opfyldelse af kompetencebehovet, da dette kræver en følelse af at udrette noget og flytte sig fra et sted til et andet. Brushupkurset ser derimod ud til at have et potentiale i forhold til at opfylde samhørighedsbehovet:



116885_mona_04-2022_.indd 38 09-11-2022 13:20:36

> "Der er jo det sociale" (studerende 1) og "Det er jo lidt at snyde på det sociale niveau at man ligesom får et lille forspring med at lære folk at kende" (studerende 5) og "Det kan godt være jeg ikke tager derned for undervisningen, men så kan jeg da i det mindste snakke med andre der også tager derhen, for man kender jo ikke folk når man starter" (studerende 3).

Underviserne bekræfter at der er et socialt udbytte for de studerende ved at deltage i brushupkurset:

> "De (de studerende) kommer jo herop sådan helt individuelt og kender ikke et øje, og jeg tror det er en god anledning til at de møder deres klassekammerater" (lærer 1) og "Der er også noget trygt ved faktisk at få lov at møde nogle af dem man skal gå på studie med. Det er sådan helt socialt i det" (lærer 2).

Samtidig påpeger underviserne at de studerende som måske ville få mest fagligt udbytte af kurset, ikke er tilmeldt:

> "Der kan så være den udfordring, hvis de (de studerende) er ekstra udfordrede i forhold til matematikken, at de slet ikke har lyst til at møde op tidligere end semestret starter, fordi de måske har lidt nederlag i matematikken allerede og derfor ikke vil udsætte sig selv for det igen" (lærer 1).

Når studerende får næret behovet for samhørighed, får det betydning for deres motivation og trivsel, og dermed er det rimeligt at formode at de studerende i højere grad vil finde det meningsfuldt at deltage aktivt i studiet og i de læringsaktiviteter der tilbydes, og dermed potentielt vil få et højere læringsudbytte.

Man kan sige at de investeringer de studerende laver i dette kursus, som udgangspunkt er ud fra en formodning om et fagligt afkast. Det er som sådan også rammen om og en forudsætning for det der foregår, men paradoksalt nok er udbyttet primært socialt, og det illustrerer hvordan sociofaglig inklusion er en sammenvævet praksis, hvilket yderligere bliver forstærket af undervisernes formodning om at de studerende der faktisk ville have gavn af et fagligt brushup, ikke får mulighed for et afkast grundet manglende investeringer i gruppen.

## *Oplevelser af "ekstra matematik"*

I et forsøg på at løfte de studerende der har svært ved at nå det matematiske niveau og derved er i farezonen for ikke at bestå matematik på første år, tilbydes de studerende et ekstra kursus i matematik. Kurset er placeret om eftermiddagen og løber over seks undervisningsgange og forestås af de samme undervisere som står



116885_mona_04-2022_.indd 39 09-11-2022 13:20:37

for brushupkurset. Nogle studerende bliver opfordret til at deltage i kurset. Alle studerende har adgang til kurset. Kurset har fagligt fokus på grundlæggende matematik og er ikke parallellagt med den undervisning der foregår på uddannelsen i øvrigt.

De studerende oplever ikke at der reelt er mulighed for selvbestemmelse:

> "Så sagde de man nok skulle tage ekstra matematik, og så gjorde man det …" (studerende 1) og "Altså man lavede nogle opgaver" (studerende 2).

De studerende oplever heller ikke at få opfyldt deres kompetencebehov ved at deltage i kurset:

> "Jeg tog det, og det gik sikkert også bedre end hvis jeg ikke havde taget det" (studerende 4) og "Det var det samme som matematik 1, men et halvt hak lettere" (studerende 3). "Det var bare ikke nok, og så var det på engelsk, og det gav jo heller ikke det optimale læringsudbytte" (studerende 6) og "Jeg dumpede alligevel, og jeg følte ikke rigtigt at jeg lærte noget, og det blev kørt på samme metode, altså samme måde som vi lærte alt det andet matematik på" (studerende 1).

Underviserne på kurset fremhæver at det er vanskeligt at lægge et niveau for kurset, da nogle studerende oplever at indholdet er for let, hvorimod andre studerende har behov for at gå yderligere tilbage:

> "Sådan fra mit synspunkt virkede det som om der var mange der var interesserede i det her med ekstra matematikkursus, den allerførste undervisningsgang vi lavede det, og der startede jeg med regnehierarki og at løse ligninger, hvilket egentlig stammer langt tilbage fra, og jeg tror måske der var mange af dem der måske tænkte, jamen hvis det er det, så kan jeg godt, og så var der andre for hvem man godt kunne have startet endnu langsommere op" (lærer 3).

Samtidig fremhæver underviserne at det er vanskeligt for de studerende at forstå både matematik og matematik i anvendelse på studiet:

> "Én ting er sværhedsgraden, men der er en udfordring i forhold til hvordan opgaven er stillet. Altså at de ikke decideret får ligninger, men at de får udfordringer i stedet for, det kan godt være at det har gjort det ekstra svært for dem" (lærer 2).

I stedet for at "ekstra matematik" opleves som et kompetenceløft af de studerende, kan man sige at kurset for disse studerende i bedste fald bliver oplevet som spild af



116885_mona_04-2022_.indd 40 09-11-2022 13:20:39

tid og i værste fald bidrager til at skabe yderligere frustrationer og bekræfte at de studerende ikke er kompetente – også selvom de får ekstra hjælp.

De studerende oplever at der er mangel på samhørighed med det øvrige på uddannelsen:

> "... man kan sige at lige da vi havde det, der fulgte ikke det matematik vi havde som almindelig undervisning. Det nævnte vi så også, at det kunne være rart hvis det sådan fulgte lidt, men det skete ikke" (studerende 1).

Underviserne forklarer den manglende samtidighed mellem ekstra undervisning og den almindelige undervisning med nødvendigheden af at gå tilbage i det faglige stof:

> "I den ordinære matematik der går vi jo frem i det vi selv opfatter som et normalt tempo, ikke? Og det er bare hu hej i forhold til hvad de studerende kan følge med i, så da de fik det der ekstra matematik, så var vi ligesom allerede langt forbi på det ordinære kursus" (lærer 3).

Sociofaglig inklusion har vanskelige vilkår i dette tiltag. Man kan sige at der er en faglig praksis som de studerende investerer i, men de får nærmest et negativt afkast. Man kunne tænke sig at de vanskelige betingelser også skyldes at tiltaget ses som separat fra den øvrige uddannelse og derfor kræver en separat investering. Tiltaget introducerer en ny faglig praksis, men den indeholder ikke en ny social praksis og er ikke integreret med den eksisterende sociale praksis på uddannelsen som helhed heller, eller opleves i det mindste ikke som sådan. Når de studerende efterfølgende ikke oplever et afkast af investeringer i tiltaget, er der derfor ikke meget der holder dem fast.

## *Oplevelser af "studiecafé"*

Et tredje tiltag i projektet har været at etablere en studiecafé. Studiecaféen tilbyder de studerende drop-in-hjælp til opgaver fra studiet. Studiecaféen forestås af undervisere fra matematik og kemi samt udvalgte studerende. Studiecaféen er placeret én formiddag hver uge, hvor de studerende ikke har undervisningslektioner.

Når de studerende beretter om studiecaféen, er de ældre studerende centrale. De ældre studerende opleves som kompetente og tilgængelige, og det ser ud til at samarbejdet mellem de yngre og de ældre studerende tilføjer de studerende håb om at kunne blive kompetente og kunne mestre studiet:

> "Hun (den ældre studerende) ræser bare derudaf, og jamen de er simpelthen bare så gode, og man finder også en eller anden tryghed i at sige: Okay, hvis hun er så god på det der



116885_mona_04-2022_.indd 41 09-11-2022 13:20:41

> semester, så er der også en chance for at jeg kan nå at blive nogenlunde god på det her semester, altså det skal nok gå" (studerende 6).

Samtidig ser det ud til at studiecaféen er med til at nære samhørighedsbehovet hos de studerende. De oplever at studiecaféen forbinder dem med andre på studiet og med hele studiet:

> "Det gode er at i sådan et tidsrum her kan du mødes, og der er også nogle der kommer bare fordi der er andre mennesker" og "altså det skal nok gå, så det giver en eller anden ro også, og hele uddannelsesstedet får en eller anden samhørighed ved at man alle sammen hjælper hinanden" (studerende 3).

Underviserne betoner den faglige del af studiecaféen:

> "Det er for at de (de studerende) gør en særlig indsats. Det er jo gået op for dem at der er et problem, så de gør en særlig indsats. Det giver dem noget ekstra lektiehjælp" (lærer 1).

Igennem indsatsen "studiecafé" ser det ud til at der er tale om sociofaglig inklusion. De studerende lærer sociale handlemåder der er gangbare på studiet, gennem deres interaktion med ældre studerende, samtidig med at de oplever at få et fagligt udbytte. Denne investering giver altså reelt afkast i form af social kapital der er væsentlig for den sociofaglige inklusion.

## *Oplevelser af "studiegrupper ledet af studerende"*

Efter at en stor procentdel af de studerende på maskiningeniøruddannelsen ikke bestod matematik på deres første studieår, blev der inden for projektets ramme etableret en studiegruppe. Denne studiegruppe blevet ledet af to studerende fra samme årgang som begge havde bestået faget matematik med fagligt overskud. Gruppen arbejdede intensivt lørdage og søndage i en periode på fem uger, og arbejdet var fokuseret på eksamensspørgsmål. Arbejdet i gruppen var tilrettelagt således at de studerende skiftedes til at gennemgå et emne for resten af gruppen, og de studerende stillede spørgsmål til hinanden, og derefter arbejdede de med opgaver og hjalp hinanden. Til den efterfølgende eksamen bestod alle de studerende.

Gennem deltagelse i denne studiegruppe ser det ud til at de studerende oplever autonomi. Det er bemærkelsesværdigt fordi oplevelse af autonomi ikke fremtræder centralt i oplevelsen af de lærerstyrede indsatser. En studerende peger på at det var et valg de havde truffet, at deltage og arbejde hårdt i studiegruppen:



116885_mona_04-2022_.indd 42 09-11-2022 13:20:42

> "Så valgte vi som ikke havde bestået første gang, ligesom at sige, okay, jamen lørdag og søndag fik vi lov til at komme op på campus, og så terpede vi alle eksamensspørgsmålene igennem" (studerende 1).

Samtidig peger de studerende på at det igennem arbejdet i studiegruppen var muligt at have indflydelse på tilegnelsesprocessen og være med til at styre læreprocesserne:

> "Det fede er når man selv er der, så skal man selv undersøge det, man skal selv gøre noget for at finde informationen, og det synes jeg også nogle gange er med til at lære én noget mere, at man selv sidder og ligesom prøver at finde det, frem for at der bare er en lærer der siger, nå, du skal bare gøre det sådan her" (studerende 3).

I denne proces ser det ud til at de studerende selv oplever at blive mere kompetente:

> "Altså der lærte vi også meget, for så var der fx sådan en som Albert der gik op, og så kørte han fx en af opgaverne igennem, og vi kunne sidde og diskutere opgaverne" (studerende 4) og "Det er sådan du lærer, det er netop ved at tale om opgaverne og vise dem for hinanden" (studerende 2).

Det ser ud til at studiegruppen er med til at nære behovet for samhørighed. For det første udtrykker de studerende i de ovenstående citater at der er et potentiale i at kunne arbejde sammen, men derudover udtrykker de også en samhørighed gennem den bekymring de oplever ved ikke at mestre et væsentligt fag på uddannelsen:

> "Det var virkelig godt, men der var også meget vi var uenige om, og det viser jo også at vi ikke havde forstået det til undervisningen. Vi var også bekymrede, og det var et kæmpe arbejde" (studerende 5).

At det er studerende der forestår studiegruppens arbejde, ser ud til at være væsentligt i forhold at opleve sig som kompetent, men det ser også ud til at være med til at nære samhørighedsbehovet:

> "Jeg tror også nogle gange at når det er elever der snakker til elever, så forklarer man det måske på en anden måde end når lærerne gør det, for de kan det jo bare" (studerende 2).

Arbejdet i studiegrupper udmærker sig ved at det nærer alle tre psykologiske behov – autonomi, kompetence og samhørighed – på samme tid. Derved peger det hen imod et stort potentiale for øget læring og dermed øget beståelsesgrad i faget matematik. De studerendes investeringsstrategier, som er både sociale og faglige, understøtter



116885_mona_04-2022_.indd 43 09-11-2022 13:20:44

at der sker reel sociofaglig inklusion, hvilket potentielt er med til at lære dem både faglige og sociale handlemåder der øger deres faglige niveau her og nu, og som på sigt kan medvirke til at fastholde dem på studiet. Hvorvidt dette sker, er det for tidligt at sige noget om, da uddannelsen stadig er ny.

## Diskussion

De studerende der har deltaget i undersøgelsen, oplever individuelt at have vanskeligheder ved matematik, men det ser ud til at være et kollektivt problem for en del studerende. Det bliver problematisk da STEM-uddannelserne som udgangspunkt har svært ved at rekruttere studerende nok til uddannelsen, og når en del af dem der kommer ind, oplever at de har svært ved at imødekomme kravene på så centralt et område som matematik, forøges risikoen for frafald.

I denne artikel har vi undersøgt fire forskellige indsatser: "brushupforløb", "ekstra matematik", "studiecafé" og "studiegrupper". Det er interessant at de to indsatser der er forestået af undervisere – brushupforløb og ekstra matematik – og som er fokuseret på at bringe de studerendes niveau i matematik op på et niveau så de kan følge med i matematikundervisningen, er de indsatser som de studerende finder mindst hjælpsomme. Det kan hænge sammen med at de studerende oplever en meget lille grad af autonomi, de har ikke indflydelse på indholdet, og når de spørger om det kan sammentænkes med den øvrige matematikundervisning, føler de sig ikke mødt. Derudover oplever de en begrænset opfyldelse af deres kompetencebehov. De oplever ikke at de rykker sig tilstrækkeligt fagligt, samtidig med at opfyldelse af samhørighedsbehovet ikke er medtænkt i disse tiltag.

Anderledes virksomt oplever de studerende de to indsatser studiecafé og studiegruppe. Deltagelse i disse ser ud til grundlæggende at være båret af et selvstændigt tilvalg som forstærkes af et ønske om at føle sig kompetent og at den studerende har indflydelse på både indhold og form. Samtidig peger de studerende på at de igennem deres deltagelse i disse to tiltag håber på – og lykkes med – at udvikle deres kompetencer. Dette er væsentligt fordi det understreger det intrinsiske aspekt ved kompetencebehovet. Den intrinsiske effekt ser ud til at være særlig udbredt ved deltagelse i studiegruppen, da de studerende betoner at de har udrettet det de har sat sig for.

I studiecaféen og studiegruppen ser det ud til at samarbejdet og samværet med mere kompetente studerende nærer behovet for samhørighed, samtidig med at det skaber håb om at kunne opnå kompetencer. Studiegruppen udmærker sig i særlig grad ved at de studerende oplever samhørighed i det fælles projekt med at dygtiggøre sig til at kunne bestå eksamen. Læreren i studiecaféen spiller en mindre rolle i de studerendes fortællinger og fremstår som en vidensperson som legitimerer den faglige dimension. De positive erfaringer med studenterdrevne studiegrupper gen-



116885_mona_04-2022_.indd 44 09-11-2022 13:20:46

findes i forskningslitteraturen (Morales et al., 2016, Achat-Mendes et al., 2020, Kim, 2018), som netop peger på at der sker en højnelse af de studerendes faglig niveau i matematik, samtidig med at deres selvtillid stiger. Carlson et al. (2016) peger på at jo vanskeligere det faglige indhold bliver, desto mere virksomt oplever de studerende at studiegruppen er, hvilket jo netop er tilfældet i dette projekts studiegruppe der er lavet på baggrund af en stor gruppe studerende som ikke har bestået faget.

Fremadrettet peger erfaringerne fra de fire indsatser på at indsatser der nærer de studerendes behov for både autonomi, kompetence og samhørighed, ser ud til at kunne medvirke til at fastholde de studerende på uddannelsen, da individer der oplever at deres behov støttes, vil være mere motiverede. Det ser ud til at fungere gennem både studiecafé og studiegrupper. Samtidig kan det tænkes at brushupkurset og ekstra matematik kan gøres relevante, men form og indhold må gentænkes således at de studerende oplever større grad af sammenhæng, indflydelse og udvikling af kompetencer.

Man kan sige at denne analyse illustrerer at social og faglig inklusion ikke er to adskilte størrelser, men derimod sammenhængende og sammenvævede. De studerendes investeringer i indsatserne skaber i bedste fald vedvarende socialkapital der kan være med til at fastholde dem i studiet, samtidig med at de også inkluderes i et fagligt fællesskab der fordrer læring. Indsatserne er mindre virksomme når de studerendes investeringsstrategier ikke fungerer i forhold til skabelse af sociofaglig inklusion.

I forskningslitteraturen peges der i flere studier (Kim, 2018, Kassaee et al., 2016) på at en bred vifte af indsatser ser ud til at have den største effekt. Det er derfor relevant til stadighed at undersøge og udvikle tiltag der får de studerende til at opleve sig som kompetente inden for matematikfaget og dermed muliggør at de gennemfører deres uddannelser inden for STEM.

## Referencer

Achat-Mendes, C., Anfuso, C., Johnson, C., Shepler, B., Hurst-Kennedy, J., Pinzon, K., Simmons, R., Dekhane, S., Savage, J., Sudduth, E., D'Costa, A., Leader, T., Pursell, D., Runck, C. & Awong-Taylor, J. (2020). Adaptation of the Supplemental Instruction Model to Improve STEM Success and Build Transferable Skills in Undergraduate Courses and Beyond. *Journal of STEM Education: Innovations & Research, 20(2)*, s. 14-23.

Al-Zoubi, A.M. & Suleiman, L.M. (2021). Flipped Classroom Strategy Based on Critical Thinking Skills: Helping Fresh Female Students Acquiring Derivative Concept. *International Journal of Instruction, 14(2)*, s. 791-81.

Bourdieu, P. (1986). The Forms of Capital. I: J.G. Richardson (red.), *Handbook of Theory and Research for the Sociology of Education* (s. 241-258). New York: Greenwood Press.



116885_mona_04-2022_.indd 45 09-11-2022 13:20:47

Brinkmann, S. & Tanggaard, L. (2010). Interviewet: Samtalen som forskningsmetode. I: S. Brinkmann & L. Tanggaard (red.), *Kvalitative metoder*. København: Hans Reitzels Forlag.

Carlson, K., Celotta, D.T., Curran, E., Marcus, M. & Loe, M. (2016). Assessing the Impact of a Multi-Disciplinary Peer-Led-Team Learning Program on Undergraduate STEM Education. *Journal of University Teaching & Learning Practice, 13(1)*, s. 1-21.

Dwyer, J.H., González-Espada, W.J., de la Harpe, K. & Meier, D.C. (2020). Factors Associated with Students Graduating with STEM Degrees at a Military Academy: Improving Success by Identifying Early Obstacles. *Journal of College Science Teaching, 50(1)*, s. 28-35.

Holmegaard, H.T., Madsen, L.M. & Ulriksen, L. (2014). Når forventningerne ikke stemmer overens med virkeligheden. En undersøgelse af de studerendes valg og strategier i overgangen til de længere videregående teknat-uddannelser. *Dansk Universitetspædagogisk Tidsskrift, 9(16)*, s. 44-57.

Holmegaard, H.T., Madsen, L.M. & Ulriksen, L. (2015). Hvorfor vælger de unge ikke naturvidenskab? *MONA, 2015(3)*, s. 43-59.

Kassaee, A.M. & Rowell, G.H. (2016). Motivationally-Informed Interventions for At-Risk STEM Students. *Journal of STEM Education: Innovations & Research, 17(3)*, s. 77-84.

Kim, Y.K. & Sax, L.J. (2018). The Effect of Positive Faculty Support on Mathematical Self-Concept for Male and Female Students in STEM Majors. *Research in Higher Education, 159(8)*, s. 1074-1104.

Meyer, M. & Marx, S. (2014). Engineering Dropouts: A Qualitative Examination of Why Undergraduates Leave Engineering. *Journal of Engineering Education, 103(4)*, s. 525-548.

Lind, B. & Tiedemann, A. (2021). *Frafald på universitetsbacheloruddannelserne*. DI-analyse. Lokaliseret den 11. april 2022 på https://www.danskindustri.dk/arkiv/analyser/2021/8/frafald-pa-universitetsbacheloruddannelserne/ https://www.danskindustri.dk/contentassets/f5444756dd6842afb1a9f4aaa89e3638/frafald-pa-bacheloruddannelserne1.pdf/.

Litzler, E., Samuelson, C. & Lorah, J. (2014). Breaking It Down: Engineering Student STEM Confidence at the Intersection of Race/Ethnicity and Gender. *Research in Higher Education, 55(8)*, s. 810-832.

Morales, E., Ambrose-Roman, S. & Perez-Maldonado, R. (2016). Transmitting Success: Comprehensive Peer Mentoring for At-Risk Students in Developmental Math. *Innovative Higher Education, 41(2)*, s. 121-135.

Ravn, I. (2021). *Selvbestemmelsesteorien: Motivation, psykologiske behov og sociale kontekster*. København: Hans Reitzels Forlag.

Rodriguez, S., Romero-Canyas, R., Downey, G., Mangels, J. & Higgins, E.T. (2013).

When School Fits Me: How Fit Between Self-Beliefs and Task Benefits Boosts Math Motivation and Performance. *Basic & Applied Social Psychology, 35(5)*, s. 445-466.

Ryan, E.L. & Deci, R.M. (2017). *Self-Determination Theory: Basic Psychological Needs in Motivation, Development, and Wellness*. New York: Guilford Press.



116885_mona_04-2022_.indd 46 09-11-2022 13:20:49

Schmidt, M.S. (2015). Sociofaglig inklusion og elevfællesskaber: Til didaktiseringen af kammerathjælp i matematikundervisning på folkeskolens begyndertrin. *Nordic Studies in Mathematics Education*, 20(2), s. 27-52.

Sweeder, R.D., Kursav, M.N., Cass, S.M.F. & Matz, R.L. (2019). Understanding the Impact of Learning Community Support for STEM Students with Low Mathematics Placement. *Learning Communities: Research & Practice, 7(2)*, s. 1-30.

## English abstract

*In the article, we examine students' experiences of four supportive interventions, which will help students in the diploma engineering program, complete basic mathematical elements and in the longer term complete the study. The study indicates that it can have a positive effect on the participating students that it is students who handle the teaching. Students who participate in student-driven teaching experience a greater extent that they have an influence on content and choice. At the same time, the students assess that their participation is to a greater extent driven by an active choice based on a desire to feel competent.*



116885_mona_04-2022_.indd 47 09-11-2022 13:20:51

# Undersøgelsesbaseret modellering i matematik og naturfag i skolen



Claus Auning, UC SYD

**Abstrakt:** *Denne undersøgelse viser at en undersøgelsesbaseret modelleringstilgang (UBM) kan fungere som en god ramme for elevernes forståelse, idet de igennem denne modelleringsproces løbende udvikler deres viden om og forståelse af komplekse fænomener. Artiklen undersøger endvidere hvordan matematisk modellering kan medvirke til at udvikle og styrke denne forståelse. Artiklen kommer med designprincipper for hvordan UBM-forløb kan planlægges og gennemføres, og kommer med et bud på et sådant tværfagligt forløb til overbygningen. Resultater fra den tilhørende case viser at eleverne kommer igennem hele den matematiske modelleringscyklus ad flere omgange, og eleverne fremhæver at den matematiske modelleringsproces giver mening for dem, og matematik er efter elevernes opfattelse medvirkende til en større forståelse af det komplekse fænomen. Denne UBM-tilgang med særligt fokus på matematisk modellering får nogle implikationer for undervisningen som skitseres sidst i artiklen.*

## Indledning

Modelleringskompetencen i naturfag blev indført i skoleåret 2015/16 (UVM, 2014). Undersøgelser peger dog forsat på at lærere har udfordringer med at implementere centrale aspekter af modelleringskompetencebegrebet i deres undervisning (Nielsen & Nielsen, 2019). Modelleringskompetence inkluderer forståelse af matematiske repræsentationer såsom funktioner, opstilling af algebraiske ligninger og geometriske objekter. Dette kræver en viden om matematisk modellering samt en forståelse af hvordan man udvikler forklaringer og løsninger matematisk. Imidlertid er der inden for naturfag og matematikfaget kun ganske få praktiske vejledninger til rådighed som peger på hvordan dette kan gøres (Gilbert & Justi, 2016), og samtidig har det vist sig at integration af matematik i naturfag er en udfordring for eleverne (Pajchel, Ramton & Sollid, 2019).

> "Altså, jeg er ikke så glad for matematikdelen, men jeg synes det er fedt at man sådan kan beregne det på den måde." (9B6S2)



116885_mona_04-2022_.indd 48 09-11-2022 13:20:53

> "Når man ikke er så god til matematik, så er det jo lidt sværere. Men hvis det er noget man synes er fedt, så prøver man jo at forstå det, man prøver jo at gøre det så godt man kan. Ja, lige meget om tallene er forkerte, men du prøvede i det mindste". (9B6S1)

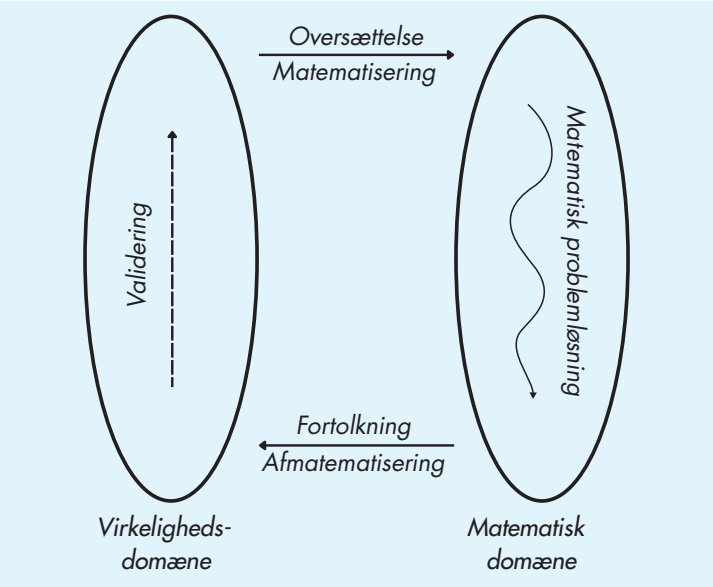
Disse to citater kommer fra elever i 9. klasse der har været igennem et undervisningsforløb om klimatilpasning der omhandler et komplekst naturfænomen, et lokalt skybrud, hvor der eksplicit benyttes matematiske modelleringsprocesser der knytter sig til disse fænomener. Begge elever udtrykker usikkerhed over for matematik, men at det alligevel har givet mening for dem at anvende matematikken. I denne artikel vil jeg på baggrund af en case fra denne 9. klasse udfolde hvordan man kan arbejde tværfagligt med matematik og naturfag i et ligeværdigt samarbejde ved brug af en undersøgelsesbaseret modelleringstilgang. Først gennemgår jeg mit teoretiske ståsted når det gælder matematisk modellering og UBM. Derefter følger et metodeafsnit hvor jeg vil beskrive forskningsdesignet og efterfølgende redegøre for de designprincipper der er blevet brugt til at planlægge undervisningsforløbet med. Derefter beskriver jeg det konkrete undervisningsforløb anvendt i denne undersøgelse, efterfulgt af en analyse af forløbet, hvorefter jeg til sidst i artiklen diskuterer og konkluderer på baggrund af mine resultater.

## Teori

Inden for matematik forstås matematisk modellering som det at kunne beskrive noget matematisk der i sit udgangspunkt ikke er matematisk (Højgaard, 2009). Det centrale for den matematiske modelleringsproces er forholdet mellem den virkelige verden og det matematiske domæne. Modelleringsprocessen forløber igennem en lang række delprocesser. Disse delprocesser i den matematiske modellering er beskrevet af eksempelvis Blomhøj & Jensen (2007), Blum & Ferri (2009), Galbraith & Stillman (2006) og Niss (2010). Centralt for dem alle er at kunne beskrive den virkelige verden med matematiske begreber igennem en matematisering for igen at vurdere det matematiske resultat tilbage til den virkelige verden. Jeg vil i denne artikels analyse tage udgangspunkt i Mogens Niss & Uffe Thomas Jankvists (2021) enkle modelleringscyklus (figur 1) og deres fem processer (figur 2).



116885_mona_04-2022_.indd 49 09-11-2022 13:20:54




**Figur 1.** *Den simple matematiske modelleringscyklus. Niss & Jankvist (2021).*

## Processer i modelleringscyklussen

Præ-matematisering (L1)
En fælles betegnelse for de processer, herunder specificering og idealisering, der foregår inden en virkelig situation oversættes til matematik, altså inden matematisering foretages.

Matematisering (L2)
Den egentlige oversættelse af den idealiserede situation til matematiske begreber, fx gennem valg af funktioner, opstilling af algebraiske ligninger, differens- eller differentialligninger, geometriske objekter mv.

Problemløsning (L3)
Den matematiske aktivitet der består i at finde matematiske løsninger og svar på den matematiserede problemstilling.

Afmatematisering (L4)
Processen med at fortolke det matematiske resultat i termer af den virkelige kontekst, i første omgang måske den idealiserede situation.

Validering (L5)
Den proces hvor svarene fra den opstillede model valideres i forhold til svar vedrørende den virkelige situation.

**Figur 2.** *Processer i modelleringscyklussen, efter Mogens Niss & Uffe Thomas Jankvist (2021).*



116885_mona_04-2022_.indd 50 09-11-2022 13:20:56

Undersøgelsesbaseret modellering (UBM, på engelsk: model-based inquiry) er kendetegnet ved at være en flerfaset iterativ proces (Clement, 2000; Gilbert, 2004; Louca & Zacharia, 2012; Schwarz et al., 2009), og denne undersøgende modellering fungerer som en epistemologisk proces der hjælper eleverne med at synliggøre deres tænkning og gøre den tilgængelig for andre. Eleverne får indsigt i egen progression mod en forståelse af idéer, forudsigelser, forklaringer og løsninger af komplekse fænomener (Schwarz, Passmore & Reiser, 2017; Gilbert & Justi, 2016; Windschitl, Thompson & Braaten, 2018; Auning, 2020). Modellering kan tjene som et redskab for eleven til at udtrykke sin tænkning og visualisere og teste dele af teorier. Det kan hjælpe eleven med at sætte abstrakt teoretisk viden i en sammenhæng. I undervisningen udvikler eleverne modeller som svar på et problem eller spørgsmål ved hjælp af deres forudgående viden og erfaringer. Disse første elevgenererede modeller er fysiske udtryk for elevernes begrebsmæssige forståelse på det givne tidspunkt. Modellerne kan bruges af eleverne og læreren til at forstå elevernes nuværende forståelse af hvordan og hvorfor fænomener opstår eller fungerer på den måde de gør. Modellen udgør således en støtte for elevernes epistemologiske proces. Elevernes forklaringer af fænomenet med udgangspunkt i deres model bliver således deres modelbaserede forklaring. I den efterfølgende modelleringsproces bygger eleverne yderligere kausale forklaringer fra undersøgende arbejde på deres model. Dette kan gøres i form af ekspressiv modellering, hvor de igennem deres egne undersøgelser og observationer modellerer deres resultater og derigennem udtrykker deres egen opfattelse af fænomenet. Man kan også bruge en eksplorativ modellering, hvor eleverne undersøger og anvender eksisterende modeller såsom undervisningsmodeller eller konsensusmodeller (Lijnse, 2008). Undervejs i processen evalueres modellen af eleven. Modellen revideres efterfølgende for at afspejle ny forståelse. Forståelsen sker gennem det dialogiske forhold mellem eleven og modellen, når eleven løbende anvender, evaluerer og reviderer modellen på baggrund af ny viden (Zangori et al., 2017; Gilbert, 2004; Louca & Zacharia, 2012; Auning, 2020). Hvert trin i denne modelleringsproces understøtter eleverne i at udforme deres tænkning og ræsonnement og synliggøre dette (Forbes et al., 2015; Zangori & Forbes, 2016). Elevernes modeller er således fysiske udtryk for en udvikling af den konceptuelle forståelse hos eleverne (Clement, 2000; Nersessian, 2002), og hver modeliteration fungerer som et historisk artefakt der kan bruges til at identificere elevernes forståelse over tid (Zangori et al., 2017). Modellering kan således være den styrende faktor for det undersøgende arbejde: Igennem modelleringsprocessen opstår spørgsmål der kan danne grundlag for opstilling af en hypotese der kan testes empirisk både induktivt og deduktivt. Resultatet af undersøgelsen anvendes igennem modellering, hvor løsningen eller forklaringen kobles til det komplekse fænomen der undersøges.



116885_mona_04-2022_.indd 51 09-11-2022 13:20:58

Men hvordan kan UBM og matematisk modellering sammentænkes? Dette har ledt frem til følgende undersøgelsesspørgsmål:

*Hvorledes kan elevernes forståelse af komplekse fænomener i naturen udvikles og styrkes gennem matematisk modellering ved brug af en undersøgelsesbaseret modelleringstilgang?*

# Metodeafsnit

## *Forskningsdesign*

Dette forskningsspørgsmål har jeg arbejdet med som deltager i et projekt hvor vi med udgangspunkt i de udviklede designprincipper til et fælles rammeværk i matematik og naturfag, som er beskrevet i næste afsnit, planlagde og afprøvede et undervisningsforløb med en 8. klasse med 24 elever og en 9. klasse med 16 elever på to syddanske folkeskoler. Forløbet blev afprøvet i foråret 2020 og bestod af 12 lektioner fordelt over en uge, hvor samtlige matematik- (N = 5) og naturfagstimer (N = 7) indgik. Metodisk er der foretaget to kvalitative analyser. Den første analyse er foretaget ved at kode elevernes modeller (N = 13) med udgangspunkt i Niss & Jankvists (2021) model for matematisk modellering. Og en deduktiv kodning af modellerne med udgangspunkt i de faglige aktiviteter anvendt i UBM-forløbet. Efterfølgende har jeg fulgt principperne for tematisk analyse beskrevet af Braun & Clarke (2006) på baggrund af semistrukturerede interviews (N = 7) med tilfældige grupper efter endt forløb. Artiklen tager særligt udgangspunkt i en gruppe på tre elever fra 9. klasse, idet denne gruppe kommer igennem hele den matematiske modelleringscyklus ad flere omgange, samtidig med at jeg har et meget fyldestgørende interview med gruppen. Der er i alt 5 ud af 13 grupper der som denne gruppe kommer igennem hele den matematiske modelleringscyklus, og da artiklen her vil belyse hvordan forståelse af komplekse fænomener i naturen udvikles og styrkes gennem matematisk modellering, har jeg derfor valgt en af de grupper som kommer igennem alle faser.

## *Designprincipper til planlægning af undervisningsforløbet*

Det afprøvede undervisningsforløb er planlagt ud fra designprincipper til et fælles rammeværk i matematik og naturfag inden for modellering (figur 3) (Auning, 2021) der består af to plan: et horisontalt plan, hvor eleverne undersøger et komplekst fænomen der skal kunne forklares eller løses ved anvendelse af matematisk modellering, og et vertikalt plan bestående af matematisk modellering, naturvidenskabelige undersøgelser og undersøgelsesbaseret modellering.

Matematisk modellering: Der skal vertikalt i undervisningen arbejdes med matematiske modelleringsprocesser der knytter sig til det komplekse fænomen. Et eksempel

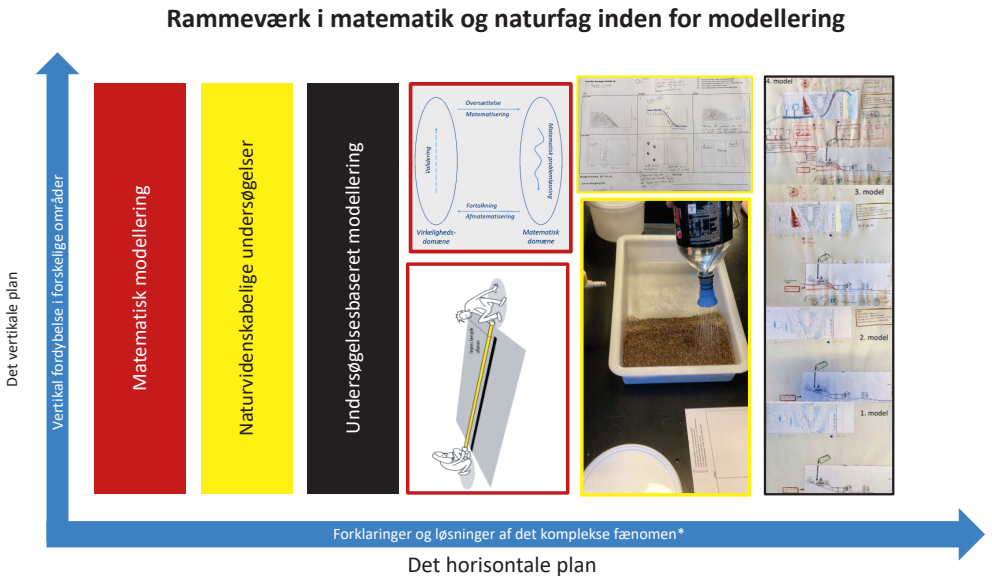


116885_mona_04-2022_.indd 52 09-11-2022 13:20:59

fra dette forløb er at vi brugte to matematiklektioner i forløbet på at undersøge hvor mange liter vand 36 mm regn ville fylde på skolens parkeringsplads. Opgaven var derefter fri, eleverne valgte selv undersøgelsesmetode, fik matematiske resultater og validerede disse tilbage til virkeligheden. Alle trin i den matematiske modelleringsproces blev diskuteret og bearbejdet på klassen.

Naturvidenskabelige undersøgelser ser vi som mangfoldige, og der kan i forløbene bruges varierede naturfaglige aktiviteter såsom faglig læsning, eksperimenter, observationer og modeller, herunder simulationer, drama, illustrationer, animationer og forsøg. Vi har tilsvarende i den matematiske modellering anvendt en cyklisk iterativ proces hvor eleverne har stillet spørgsmål, opstillet hypoteser, undersøgt og analyseret data og fået et resultat som de efterfølgende har kunnet bruge som en brik i den samlede forklaring og til løsning af det komplekse fænomen. Eleverne har igennem dette vertikale arbejde med delprocesser, teorier og love fået en praktisk indsigt som de kan anvende i deres forklaringer og løsninger.

Undersøgelsesbaseret modellering er omdrejningspunktet for planlægning af undervisningen og vil blive tydeligt udfoldet i næste afsnit.




**Figur 3.** *Rammeværk i matematik og naturfag inden for modellering indeholdende de tre vertikale fordybelsesområder samt tre eksempler på disse fra undervisningsforløbet (Auning, 2021).*

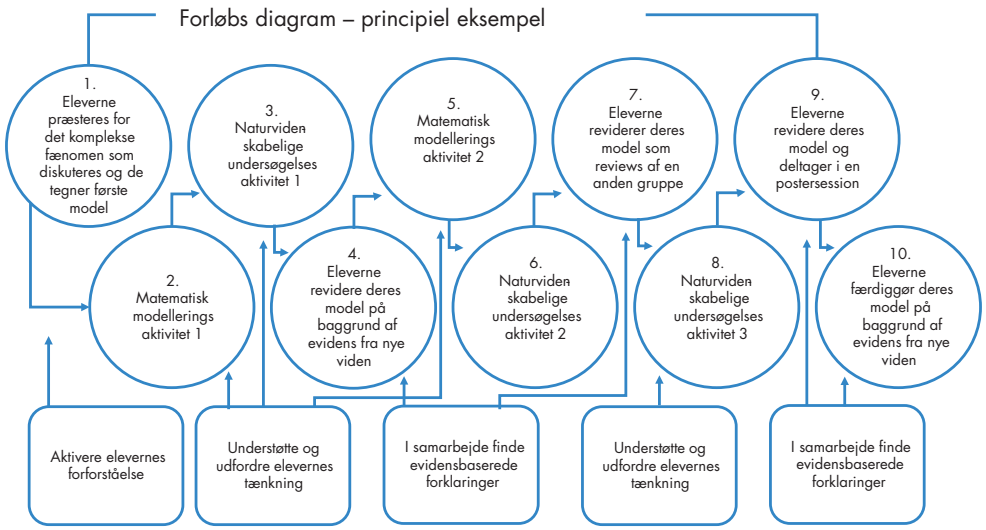
## Det undersøgelsesbaserede modelleringsforløb

Undervisningsforløbet er udviklet i samarbejde med de to klassers matematik- og naturfagslærer (N = 4) samt en underviser fra UC SYD og følger designprincipperne



116885_mona_04-2022_.indd 53 09-11-2022 13:21:01

til det fælles rammeværk skitseret ovenfor. Forløbets omdrejningspunkt er en undersøgelsesbaseret modelleringstilgang og er inspireret af "ambitious science teaching" (Windschitl, Thompson & Braaten, 2018). Jeg har her i figur 4 skitseret hvordan et sådant undervisningsforløb kunne struktureres.




**Figur 4.** *Eksempel på hvordan et undervisningsforløb kunne struktureres ved en sammentænkning af det fælles rammeværk (Auning, 2021) og UBM, inspireret af Windschitl et al. (2018, s. 270).*

Det centrale for denne UBM-tilgang er at man arbejder med et komplekst fænomen. Karakteristisk for et komplekst fænomen er at den fulde forklaring kræver en bred vifte af naturvidenskabelige idéer for at kunne besvares. Man skal forestille sig et puslespil hvor man først kan se hvad billedet forestiller, når alle brikker er sat sammen. Man kan dog ikke forvente at alle elever er lige gode til at lægge dette puslespil. Men som vi kender det fra puslespil, så behøver man ikke altid at lægge alle brikker for at kunne se hvad billedet forestiller. Således vil eleverne kunne komme med mange forskelligartede forklaringer på det komplekse fænomen, og det kræver ofte at eleverne hjælper hinanden med at samle puslespillet. Dette forløb starter med spørgsmålet: Hvorfor skete dette I jeres by? Det komplekse fænomen er en skybrudsevent i den lokale provinsby eleverne bor i. Herefter ser klassen en film[1] fra Flensborg der bliver udsat for et skybrud – 36 mm nedbør på 30 minutter. Dette er et komplekst fænomen idet det kræver en forståelse af vandbalanceligningen, det vil sige forholdet mellem på den ene side (af ligningen) nedbør og på den anden hvordan nedbøren afstrømmer både overfladisk og underjordisk, og hvis nedbøren så nedsiver, hvilke konsekvenser

1 https://youtu.be/H5eoqvFBodA



116885_mona_04-2022_.indd 54 09-11-2022 13:21:03

har dette så for forskellige overflader såsom hård belægning og jordbundstyper? Det kræver yderligere viden om vandkredsløb, grundvandsstrømning og grundvandsspejl samt kloaksystemer at kunne komme med en fuld forklaring på det komplekse fænomen. Begge klasser kunne fint relatere til denne event. Den ene skole ligger ganske få kilometer fra Flensborg, og den anden skole ligger i Kolding, hvor der 14 dage før undervisningsforløbet havde været et skybrud, og flere elever kendte til familier der havde fået vand i kælderen i den forbindelse. Først tegnede eleverne på deres skabelonmodeller for at få deres forhåndsviden aktiveret (Windschitl et al. 2018) (se et eksempel på en sådan første model i figur 7). Disse første modeller diskuterede vi på klassen for at finde ud af hvad eleverne manglede for at kunne besvare det komplekse fænomen. Vi anvendte i dette forløb en modelskabelon, en "big picture"-skabelon (Fowler, Windschitl & Auning, 2021). På skabelonen er der fire bygninger, veje, bro og strand, og området ses både ovenfra og fra siden. Modelskabelonen har fortrykt målestok og udvalgte længde-, bredde- og højdemål. Eleverne fik skabelonen i A3-størrelse som de klippede ud og limede på et A1-papir så der var plads til at tegne deres undersøgelser ind på modellen (se figur 7).

I den efterfølgende lektion bliver eleverne introduceret til og læser en tekst om vandets kredsløb. I denne tekst og den efterfølgende diskussion er der særligt fokus på vandbalanceligningen, og i næste lektion anvendes denne i praksis. Der er således to vigtige mål for disse to lektioner: for det første at de arbejder med nedbør og nedbørsmængder for et udvalgt område – et vigtigt element i deres forståelse af vandbalanceligningen – og for det andet at de ved hjælp af den matematiske modelleringsproces beregner mængden af nedbør på et udvalgt område, nemlig skolens parkeringsplads. Windschitl et al. (2018) kalder disse elementer af forløbet for at understøtte og udfordre elevernes tænkning, og da dette er ny viden for eleverne, kræver det også en grundig drøftelse af det undersøgte på klassen. Efter en sådan sekvens struktureres klassesamtalerne om følgende spørgsmål til den enkelte aktivitet (Auning, 2020; Windschitl et al., 2018, s. 189):

- Hvad observerede vi?
- Hvad lærte vi?
- Hvad hjalp det os til at forstå om skybruddet?

I dette forløb er der tre af disse sekvenser:

- Lektion 2-4: vandets kredsløb, vandbalanceligningen, matematisk modellering; case: opmåling og rumfangsberegninger af skolens parkeringsplads



116885_mona_04-2022_.indd 55 09-11-2022 13:21:05

- Lektion 6-8: afstrømning og nedsivningsundersøgelser af forskellige jordbundstyper, GIS-undersøgelser af lokale forhold for den hydrauliske ledningsevne og grundvandsspejl[2].
- Lektion 10: faglig læsning om kloakteori og undersøgelse af den lokale kloakering ved anvendelse af kommunale GIS-kort.

I lektion 6-8 undersøger eleverne forskellige jordbundstyper – moræne, ler/asfalt og sand – for deres porøsitet, infiltration og vandkapacitet. Og de simulerer nedbørens indvirkning på et landskab der er meget lig dette fra deres model, igen med forskellige jordbundstyper.






**Figur 5.** *Eleverne modellerer deres observationer.*

Eleverne modellerer deres observationer i forbindelse med disse jordbundsundersøgelser, og disse modeller danner udgangspunkt for den efterfølgende opsamling på klassen, jf. ovenfor. Her perspektiveres også til elevernes undersøgelse af lokale jordbundsforhold, som de har udført ved brug af online GIS-kort. Vi har således – ud over det undersøgende arbejde – fokus på den ekspressive modellering i disse to lektioner (Lijnse, 2008).

I 10. lektion har vi til gengæld fokus på den eksplorative modellering (Lijnse, 2008). Eleverne læser her en faglig tekst om kloakteori. Denne tekst indeholder mange modeller af hvordan en kloakering fungerer, og de problemer der kan opstå når kloakken tilstoppes af fx store vandmængder. De undersøger ligeledes deres lokale kloakforhold ved brug af kommunens GIS-korttjeneste. Formålet med denne lektion er at eleverne finder faglige argumenter for eksempelvis deres hypoteser om vand i kældrene.

I 5., 9., 11. og 12. lektion reviderer eleverne deres model på baggrund af den nye

2 https://miljoegis.mim.dk/spatialmap?&profile=miljoegis-klimatilpasningsplaner



116885_mona_04-2022_.indd 56 09-11-2022 13:21:07

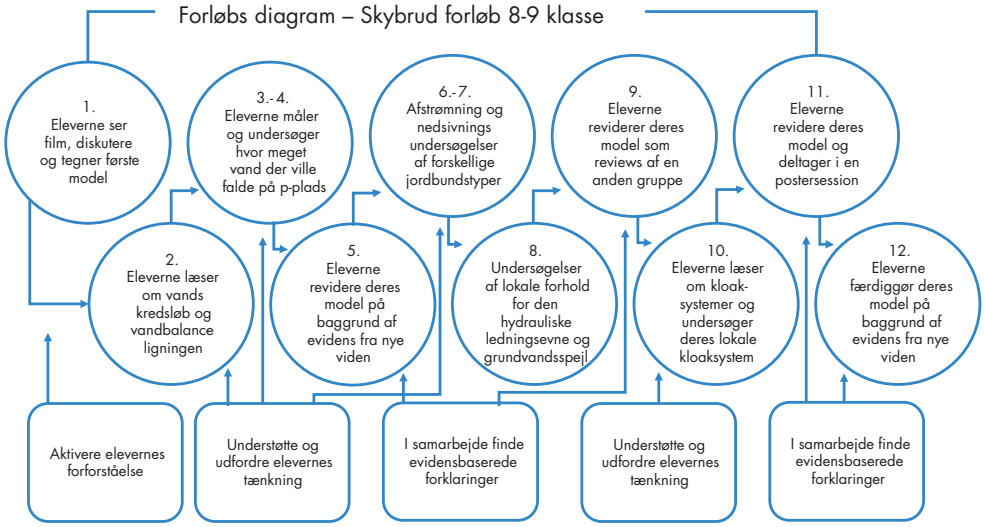
viden og forståelse de har fået fra deres undersøgelser. Windschitl et al. (2018) bruger begrebet at man "i samarbejde finder evidensbaserede forklaringer", om disse elementer af forløbet. I 7. lektion, altså tredje gang de reviderer deres model, reviewes deres model af en anden gruppe. Dette gør gruppen ved hjælp af post-its. Her skriver gruppen hvad den ikke forstår, og kommer med nye forslag til forbedringer. Før sidste lektion, hvor eleverne færdiggør deres model, deltager eleverne i en postersession. Her præsenterer de kort deres model, og de bemærkninger gruppen får, indarbejder de på deres afsluttende model i lektion 12. I forbindelse med de tre gange eleverne reviderer deres model, cirkulerer læreren mellem grupperne og stiller spørgsmål til gruppernes modeller. Dette gør læreren ved at variere mellem tre typer af spørgsmål, alt efter hvor gruppen p.t. er i denne proces:

- Til at hjælpe dem i gang, fx:
  - Hvor tror I vandet bevæger sig hen når det falder der på jeres model?
  - Hvor meget vand snakker vi om at der falder på dette område?
- Til at presse dem videre i deres forklaring, fx:
  - Hvor løber vandet hen når det løber ud af den tagrende som I har tegnet der?
  - Hvordan er der kommet vand i denne kælder?
- Opfølgningsspørgsmål:
  - Kan I fortælle mere?
  - Er I alle enige i det?
  - Hvorfor mener I det?

Forløbet er på den måde opbygget efter designprincipper til det fælles rammeværk med vertikale fordybelsesområder. Lektion 2-4 har særligt fokus på matematisk modellering, 6.-8. og 10. lektion på naturvidenskabelige aktiviteter, og 5., 9., 11. og 12. lektion på undersøgelsesbaseret modellering. Disse vertikale fordybelsesområder skal således gerne give eleverne de brikker de mangler for at kunne lægge et helt puslespil og dermed komme med en forklaring på det komplekse fænomen de undersøger.



116885_mona_04-2022_.indd 57 09-11-2022 13:21:09




**Figur 6.** *Det planlagte undervisningsforløb.*

## Analyse

Jeg vil i denne analyse gennemgå hvorledes elevernes forståelse af det komplekse fænomen vedrørende skybrud udvikles og styrkes i brugen af en UBM-tilgang. Dette gør jeg ved at analysere de fire modeller eleverne har lavet igennem forløbet. Jeg vil have særligt fokus på hvordan den matematiske modelleringsproces hjælper eleverne med denne forståelse, med udgangspunkt i Niss & Jankvists (2021) model for matematisk modellering. Gruppe 5 fra 9. B er et godt eksempel på en gruppe der har gennemført alle faser af den matematiske modelleringsproces, men deres vej igennem denne proces er ikke lineær, men springer frem og tilbage imellem det virkelige og det matematiske domæne.



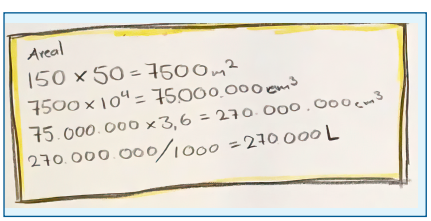
116885_mona_04-2022_.indd 58 09-11-2022 13:21:11




**Figur 7.** *Gruppe 5's første modeltegning.*

## *Efter første modeltegning*

På gruppens første model (figur 7) ses det at gruppen bliver i hvad Niss & Jankvist (2021) kalder præ-matematiseringsfasen (se beskrivelse i figur 2). På modellen set ovenfra indtegner de deres forudsigelse af hvor der vil være meget og lidt vand på overfladen efter skybruddet. Lyseblå betyder lidt og mørkeblå betyder meget vand. På modellen set fra siden indtegner de hvor de vil forvente der vil opstå oversvømmelse og vandpytter som konsekvens af skybruddet. Gruppen illustrerer også at jorden må absorbere noget at vandet, ved hjælp af en pil til skrænten hvor de to villaer er placeret. Det er dermed en mulig forklaring på hvorfor der er mindre vand på overfladen på de to villagrunde. Der forekommer ingen tegn på matematisering på denne første model. Modellen viser således elevernes forhåndsviden og de hypoteser gruppen har om eventen på det pågældende tidspunkt.



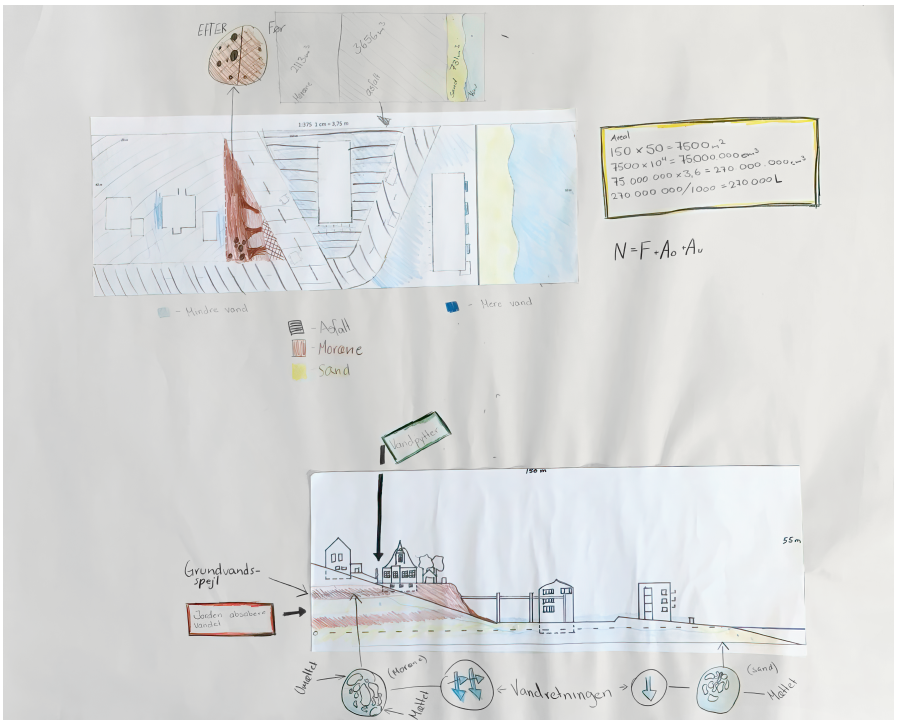

**Figur 8.** *Et nyt element tilføjet på gruppe 5's anden modeltegning.*



116885_mona_04-2022_.indd 59 09-11-2022 13:21:16

## *Efter anden modeltegning*

På modeltegning 2 tilføjer gruppen kun ét nyt element til deres oprindelige model (figur 8). En beregning af hvor mange liter vand der vil falde på hele modellen ved 36 mm nedbør. Gruppen bevæger sig således fra præ-matematiseringsfasen igennem en matematisering, hvorefter de får et matematisk resultat der giver svar på den matematiserede problemstilling. Der er med denne beregning ingen tegn på at gruppen kommer til en endelig afmatematisering af deres resultat og igen forholder sig til virkelighedsdomænet.




**Figur 9.** *Gruppe 5's tredje modeltegning.*

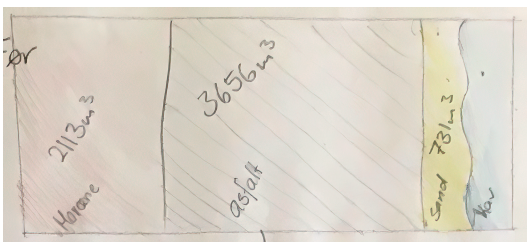
## *Efter tredje modeltegning*

Der sker rigtig meget på gruppens tredje model (figur 9), hvor gruppen på baggrund af forsøg de har lavet i modul 6-8, finder ud af at der er forskel på afstrømning på forskellige overflader, herunder moræne, asfalt (hård belægning) og sand. Den ene af eleverne fra gruppen udtaler således i interviewet efter forløbet at "forsøget hvor vi skulle undersøge forskellige jordtyper og vandets nedsivning, gav rigtig meget indhold vi kunne putte ind på modellen. Det gav rigtig stor forståelse af hvordan jorden optager vand, og hvordan det afstrømmer". Eleven siger endvidere: "Det med morænen og hvordan vandet løber igennem forskellige slags jord, det vidste jeg ikke så meget om i starten". Dette indikerer at gruppen har fået mere viden igennem det undersøgende arbejde og

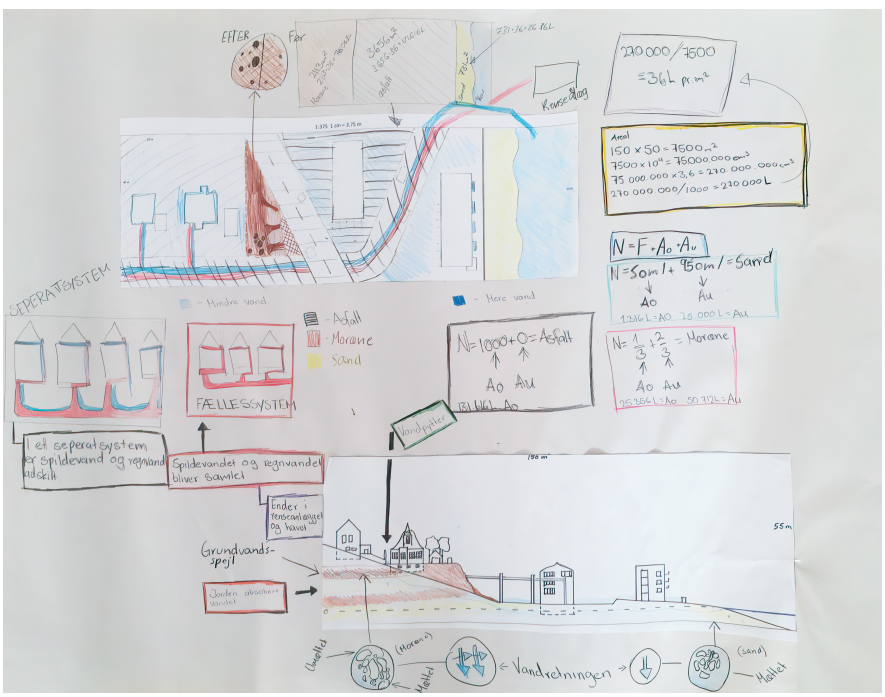


116885_mona_04-2022_.indd 60 09-11-2022 13:21:22

derefter har valgt at simplificere og inddele modellen i fire områder: et moræne-, et asfalt-, et sand- og et vandområde (se figur 10). De har også valgt at beregne arealet af disse områder på nær vandområdet. Derved kommer de igennem hele den matematiske modelleringsproces, de kobler deres løsning af det matematiske problem, arealberegning, med en afmatematiserings- og valideringsfase, idet de fortolker det matematiske resultat i termer af den virkelige kontekst, og modellen valideres i forhold til svar vedrørende den virkelige situation. De beregner ikke bare arealet, som på deres anden model, men de laver beregninger på baggrund af den overflade der er på det givne område på modellen, som er gjort ud fra de forsøg de har lavet vedrørende afstrømning og nedsivning på forskellige jordbundstyper. Endvidere introducerer de også vandbalanceligningen på deres model, men den bliver ikke yderligere anvendt på denne model.




**Figur 10.** *Gruppe 5's simplificering og inddeling af fire områder: et moræne-, et asfalt-, et sand- og et vandområde fra gruppens tredje modeltegning, som kan ses i toppen af figur 9.*



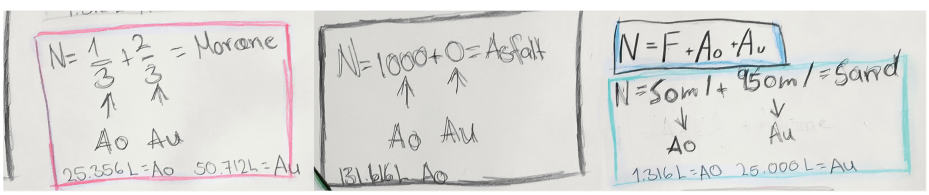

**Figur 11.** *Gruppe 5's fjerde og sidste modeltegning.*



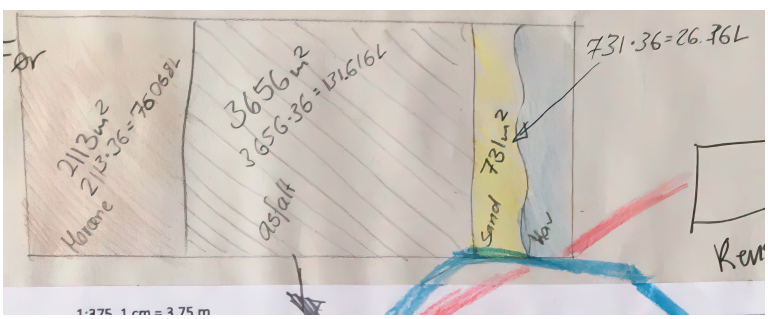
116885_mona_04-2022_.indd 61 09-11-2022 13:21:29

## *Efter fjerde modeltegning*

På gruppens fjerde og sidste model (figur 11) kommer de igen igennem hele den matematiske modelleringsproces – fra præ-matematiseringsfasen til valideringsfasen. De anvender nu deres viden om afstrømning på forskellige overflader og bruger disse undersøgte værdier sammen med vandbalanceligningen i deres beregning af Ao (overfladeafstrømning) og Au (underjordisk afstrømning), idet de jo kender nedbørsmængden og arealet for de forskellige typer af overflader på deres model. De anvender ikke nogen værdi for F (fordampning), da klassen har fravalgt at medtage fordampning. Dette har klassen gjort fordi ikke alle forhold fra virkeligheden kan komme med i den matematiske model, og klassen er blevet enig om at fordampningen må være minimal i de 30 minutter skybruddet varer (se deres beregninger af de forskellige områder på figur 12). Gruppen har også indtegnet deres nye viden om kloaksystemer og forklarer det således: "Vi har lidt af det hele, som vi har lært, med. Vi har nogle beregninger, og vi har nogle illustrationer om hvordan de forskellige ting foregår, som kloaksystemet og jorden der optager vandet."




**Figur 12.** *Gruppe 5's beregninger ved hjælp af vandbalanceligningen fra gruppens fjerde model.*




**Figur 13.** *Gruppens beregning af mængden af vand der falder på de forskellige områder, fra gruppens fjerde model.*

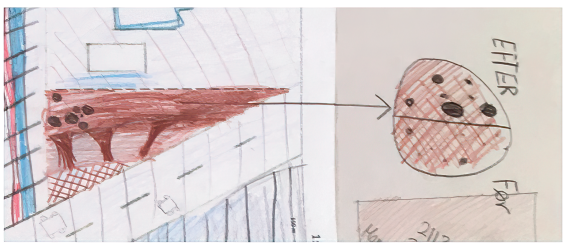
Gruppen bruger således deres model som et forståelsesværktøj, hvor de forsøger at samle al den viden de har genereret under arbejdet med problemstillingen. På den lille oversigtsmodel (figur 13), som gruppen tilføjede på den tredje model, har de nu også tilføjet beregninger af hvor meget vand i liter der falder på tre af de fire områder, og de har tilføjet tre bokse (figur 12), hvor de bruger værdierne fra figur 13 og deres



116885_mona_04-2022_.indd 62 09-11-2022 13:21:33

viden om afstrømning og nedsivning fra deres jordbundsforsøg til at beregne vandbalanceligningen for disse tre områder.

Gruppen er således i stand til at validere konsekvenserne af deres beregninger. Som det ses på figur 12, beregner gruppen at 1/3 af den nedbør (25.356 liter ifølge gruppens beregninger) som falder på området med morænejord, vil afstrømme overfladisk. Gruppens hypotese er nu at de 25.356 liter vand vil løbe ned ad skrænten til området nedenfor (asfaltområdet). Dette bevirker at vandet vil tage jord med sig, og jorden vil aflejres på asfalten neden for skrænten, og idet vandet kun har energi til at tage de lette partikler med sig (ler, silt og sand), vil store sten blive blotlagt og synlige på skrænten, og der vil danne sig render i skrænten med delta-lignende sandaflejringer på asfalten (se figur 13). Det bliver således også gruppens argument for oversvømmelsen af asfaltområdet, som de havde tegnet på deres første model.

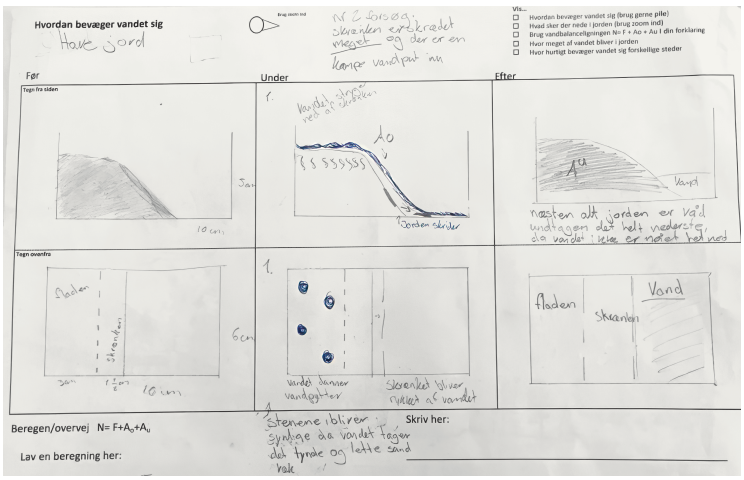



**Figur 14.** *Før og efter-nedbørbillede af skrænten overflade og hvordan jorden flyder og danner render efter skybrud, fra gruppens fjerde model.*

Hypotesen om skrænten udseende efter skybruddet kommer fra forsøget om nedsivning og afstrømning, hvor eleverne simulerede et skybrud over et område lig landskabet på deres model (se billederne af forsøgene på figur 5). Gennem undersøgelsen har gruppen fundet ud af at store dele af vandet vil afstrømme overfladisk (Ao). På modellen på figur 15 skriver de "jorden skrider", og de har endvidere observeret at der vil komme vandpytter på det flade område før skrænten, og de noterer at "stenene bliver synlige og vandet tager det tynde og lette sand væk". Disse resultater fra forsøget tilføjer de til deres model (figur 14). Observationerne fra forsøget bruges altså af gruppen som argument for oversvømmelsen af asfaltområdet neden for skrænten og skrænten udseende efter skybruddet.



116885_mona_04-2022_.indd 63 09-11-2022 13:21:36




**Figur 15.** *Gruppens forsøgsoptegnelse fra simulationsforsøget med skybrud og forskellige jordbundstyper, her morænejord, som gruppen kalder havejord.*

## *Interview efter endt forløb*

I interviewet efter forløbet fremhæver eleverne at den matematiske modelleringsproces giver mening for dem, og at matematikken giver dem en bedre forståelse af det komplekse fænomen de undersøgte.

> "Jeg kan godt lide at man har fået præcise tal for hvordan det er, selvom man ikke er der i realiteten, og så kan man lave en plan over det så man kan beregne det. Det synes jeg er meget fedt – at man faktisk kan bruge en ligning [vandbalanceligningen] til et eller andet på en virkelig begivenhed." (9B5S3)
>
> "Man får jo et svar [resultat] som man selv er kommet frem til. Det gør man ud fra de forskellige tal man vælger, og man får resultatet ved selv at beregne og udregne. Det giver også en bedre forståelse af hvad man faktisk arbejder med, og hvad man egentlig kan se [ved hjælp af modellen]. Så det giver god mening fordi det os der kommer frem til svaret [resultatet], og vi får ikke bare resultaterne serveret." (9B5S2)
>
> "Ja, at det er os der skal sidde og lave det, og at vi ikke bare får givet nogle tal og så selv skal sidde og regne det frem via matematik, det giver et bedre overblik … en bedre forståelse." (9B5S1)

## *Analyse-opsamling*

Matematik er efter elevernes opfattelse medvirkende til en større forståelse af det komplekse fænomen, og de bevæger sig frem og tilbage mellem det matematiske domæne og virkelighedsdomænet (Niss & Jankvist, 2021). Dette gør eleverne fordi de undervejs i forløbet får en ny indsigt som får konsekvenser for den matematiske modelleringsproces. Gruppen beregner først den samlede vandmængde for hele deres



116885_mona_04-2022_.indd 64 09-11-2022 13:21:40

model, men bliver efter deres forsøg med simulering af skybrud og nedsivningsforsøget opmærksomme på at overfladen har betydning for afstrømningen, og deler derefter deres model op i sektioner og laver nye beregninger ved hjælp af vandbalanceligningen. Elev 3 i gruppen fremhæver det også som meget motiverende at de er i stand til at anvende denne vandbalanceligning på "en virkelig begivenhed". For hende er deres model så tæt på virkeligheden at hun anser det for virkeligt. De to andre elever fremhæver også at den matematik de anvender, er autentisk – de finder selv de tal og beregninger de anvender – og at den er med til at de får en større forståelse af det komplekse fænomen. Og elev 1 fremhæver endvidere at matematikken "giver et bedre overblik … en bedre forståelse". Casen viser også at UBM-tilgangen (Schwarz, Passmore & Reiser, 2017; Gilbert & Justi, 2016; Windschitl, Thompson & Braaten, 2018; Auning, 2020) fungerer som en god ramme for elevernes forståelse, idet de hele tiden udvikler deres viden om og forståelse af det komplekse fænomen. Kigger man på gruppens sidste model (figur 11) og holder den op mod undervisningsplanen (figur 6), er det lykkedes gruppen at inkludere noget fra alle de aktiviteter de har været igennem i forløbet. Det fremgår også at de har anvendt eksplorativ modellering, hvor de undersøger og anvender eksisterende modeller. Dette ses ved deres forklaring af kloakering på modellen. De har i undervisningen set forskellige modeller af kloakering som de efterfølgende har anvendt på modellen (se figur 11). Men at undersøgelsen af disse eksisterende modeller er ny viden for gruppen, siger elev 2 i dette citat: "Jeg vil sige, jeg vidste ikke særlig meget om kloaksystemet, og at de bare er så simple, og at det ikke er en motor der får vandet pumpet rundt, det er egentlig bare tyngdekraften". Skrænten udseende efter skybrud er et godt eksempel på ekspressiv modellering, hvor de igennem deres egne undersøgelser og observationer modellerer deres resultater og derigennem udtrykker deres egen opfattelse af fænomenet (Lijnse, 2008).

## Diskussion

Nyere forskning har vist at processen hvor eleverne fremstiller egne tegnede modeller, kan understøtte deres ræsonnement (de Andrade et al., 2021; Knain et al., 2021; Tytler et al., 2020). Analysen præsenteret i denne artikel understøtter dette og viste at modellerne spillede en vigtig rolle i forståelsen af det komplekse fænomen. I det udviklede undervisningsdesign (figur 4) fylder denne del, hvor eleverne arbejder med at fremstille deres egen model, også halvdelen af forløbet. I denne proces er det vigtigt at de bliver understøttet og udfordret af både læreren og andre elever. Og at læreren nøje overvejer hvilke spørgsmål der kan stilles til eleven, alt efter hvor denne er i sin forståelsesproces (Zangori et al., 2017; Gilbert, 2004; Louca & Zacharia, 2012). Her spiller lærerens egen forklaring af det komplekse fænomen en vigtig rolle, fordi man igennem denne proces selv støder ind i tilsvarende spørgsmål som eleven vil sidde med (Windschitl et



116885_mona_04-2022_.indd 65 09-11-2022 13:21:42

al., 2018). Det er også i denne proces at et valg af modelskabelon, for at understøtte og udfordre elevernes tænkning, er vigtigt (Fowler et al., 2020). Analysen viser at gruppens modelleringsproces bidrog til at fortælle en grundig visuel historie om hvilke konsekvenser et sådant skybrud har for et lokalområde, og her er matematikken en tydelig del af denne fortælling. I denne artikel er der valgt kun at foretage analyse af én gruppes modelleringsproces, og det er tilmed en fagligt stærk gruppe. Dette er gjort for at anskueliggøre de potentialer der ligger i denne undervisningstilgang. Alle 13 gruppers modeller er som denne gruppe blevet tilsvarende analyseret, og for alle grupper ses den samme markante fremgang i både deres forståelse af det komplekse fænomen og deres anvendelse af de matematiske beregninger i denne forståelse. Her ligger også en af de større udfordringer ved denne undervisningstilgang: Den matematiske modelleringsproces skal kunne bidrage til en større forståelse af det komplekse fænomen. I dette eksempel understøtter matematikken tydeligt denne forståelse, men der vil være mange fænomener hvor matematikken enten er for svær for det pågældende klassetrin eller ikke har nogen betydning for forståelsen. Man skal således overveje fra forløb til forløb om den matematiske modellering vil give mening for elevernes forståelse. Det er med andre ord ikke alle fænomener hvor det er lige oplagt at inddrage matematik – eller omvendt, hvor det kun bliver matematikken man undersøger, og hvor man ikke behøver at koble det til en naturvidenskabelig viden og forståelse. Undersøgelsen giver yderligere indsigt i hvordan valget af undervisningsaktiviteter foretaget i forløbet synes at åbne op og give mulighed for elevernes modelbaserede ræsonnement (Krist et al., 2019). Fx kombinationen af jordbundsundersøgelser og beregning af vandmængde på p-pladsen som gav gruppen idéer til oversvømmelsen af asfaltområdet og udseendet af skrænten, som ses på gruppens sidste model. Dette rummer også en væsentlig udfordring ved at anvende en UBM-tilgang, nemlig at aktiviteterne gerne skal give mening i elevernes forståelse af det fænomen de undersøger, og her spiller deres løbende modellering en væsentlig rolle for læreren i dennes tilrettelæggelse af undervisningen, idet elevernes modeller meget tydeligt viser om den pågældende aktivitet har hjulpet dem i deres forståelse (Zangori et al., 2017; Louca & Zacharia, 2012; Auning, 2020; Sjøberg, Furberg & Knain, 2022). Den ene elev udtaler i interviewet:

> "Altså, der er mange ting vi ikke vidste, som vi har fundet ud af i løbet af ugen. Og der er også nogle ting som du startede med at sige allerede i mandags, som vi ikke vidste … men vi lærte jo noget af det. Vi har jo lært psykomeget i den her uge i forhold til hvad vi havde regnet med." (9B5S3).

En diskussion man tit løber ind i med naturfagslærere, er hvorvidt eleverne skal have viden og forståelse før de undersøger, eller om de skal undersøge sig til denne viden og forståelse. I en UBM-tilgang arbejder man bevidst med først at afdække elevernes



116885_mona_04-2022_.indd 66 09-11-2022 13:21:44

forforståelse ved hjælp at deres første modeltegning, hvorefter man introducerer nye idéer og begreber som man igen hjælper eleverne med at vurdere, så de får øje på nye mønstre og principper de kan bruge i deres forståelse af de komplekse fænomener de arbejder med, og ved hjælp af modellerne få eleverne til at reflektere over deres egen forståelse og læreproces. Fra norsk forskning bruges begrebet "dybdelæring" (Voll, Øyehaug & Holt, 2019). Det at hver modeliteration fungerer som et historisk artefakt der kan bruges til at identificere elevens forståelse over tid (Zangori et al., 2017), gør at denne UBM-tilgang er et godt redskab til formative og summative evalueringer. Jeg har tidligere (Auning, 2020) anskueliggjort hvordan elevernes modeller kan anvendes som summativ evaluering af deres forståelse. Men forskning viser at fremadrettede formative evalueringer kan styrke elevernes udbytte af undervisning (Black & Harrison, 2010). Her har elevernes modeller over tid også den fordel at læreren løbende kan følge elevernes læringsproces igennem deres modeller og komme med den formative evaluering der kan styrke elevernes udbytte af undervisning. Brugen af UBM til formativ evaluering af elevernes forståelse og kompetence rummer store potentialer for elevernes læringsudbytte i naturfagsundervisningen, men det kræver yderligere forskning på området.

## Konklusion

Det udviklede undervisningsdesign i denne artikel, som tager udgangspunkt i en undersøgelsesbaseret modelleringstilgang, viser at elevers forståelse af komplekse fænomener udvikles og styrkes. Undersøgelsen viser endvidere at de aktiviteter som eleverne arbejder med igennem forløbet, i høj grad er medvirkende til at udvikle denne forståelse. Dette fremgår undervejs i forløbet på elevernes modeliterationer, og det fremgår af deres udtalelser – især fremhæves det praktiske arbejde som særlig værdifuldt for denne forståelse. Resultaterne viser endvidere at eleverne var i stand til at gennemføre alle faser af den matematiske modelleringscyklus, endog ad flere omgange, og at denne proces også var medvirkende til at udvikle og styrke deres forståelse af det komplekse fænomen vedrørende skybruddet. Eleverne udtrykker at den matematiske modelleringsproces giver mening for dem, og matematik er efter elevernes opfattelse medvirkende til en større forståelse. Dette ses også på deres modeller, hvor matematikken spiller en afgørende rolle i deres forklaringer. Eleverne udtrykker generelt tilfredshed med at arbejde med UBM-tilgangen og fremhæver at de har fået en øget forståelse igennem forløbet. Denne tilgang får nogle implikationer for planlægning og gennemførelse af undervisningen. Det komplekse fænomen skal rumme flere kernefaglige aspekter for at kunne forklares, og denne forklaring skal rumme både matematiske og naturvidenskabelige områder. Der er særligt fokus på elevens forståelsesproces, som kommer til udtryk igennem modelleringsprocessen. Dette har



116885_mona_04-2022_.indd 67 09-11-2022 13:21:45

den konsekvens at elevens model bliver omdrejningspunkt for undervisningen. De udvalgte undervisningsaktiviteter skal have fokus på at styrke og udfordre elevens forståelse og forklaring af det komplekse fænomen. Disse aktiviteter/undersøgelser kan med tiden i højere grad end skitseret i denne undersøgelse komme fra eleven selv og medvirke til at styrke elevens naturvidenskabelige kompetencer.

## Referencer


Auning, C. (2020). Modellering som proces i naturfagsundervisningen. *MONA, 2020(1)*, s. 22.

Auning, C. (2021). *Styrkelse af folkeskoleelevers modelleringskompetencer gennem et tværfagligt samarbejde mellem naturfag og matematik*. Ph.d.-afhandling.

Blomhøj, M. & Jensen, T.H. (2007). What's All the Fuss About Competencies? Experiences with Using a Competence Perspective on Mathematics Education to Develop the Teaching of Mathematical Modelling. I: W. Blum et al. (red.), *Modelling and Applications in Mathematics Education – The 14th ICMI-Study* (s. 45-56). New York: Springer.

Blum, W. & Ferri, R.B. (2009). Mathematical Modelling: Can It Be Taught and Learnt? *Journal of Mathematical Modelling and Application, 1(1)*, s. 45-58. (PDF) Mathematical Modelling: Can It Be Taught And Learnt? (researchgate.net)

Black, P. & Harrison, C. (2010). Formative Assessment in Science. I: J. Osborne & J. Dillon (red.), *Good Practice in Science Teaching. What Research has to Say* (s. 183-210). 2. udgave. London: Open University Press.

Braun, V. & Clarke, V. (2006). Using Thematic Analysis in Psychology. *Qualitative Research in Psychology, 3(2)*, s. 77-101. https://doi.org/10.1191/1478088706qp063oa.

Clement, J. (2000). Model Based Learning As a Key Research Area for Science Education. *International Journal of Science Education, 22(9)*, s. 1041-1053. https://doi.org/10.1080/095006900416901.

de Andrade, V., Schwartz, Y., Freire, S. & Baptista, M. (2021). Students' Mechanistic Reasoning in Practice: Enabling Functions of Drawing, Gestures and Talk. *Science Education, 106(1)*, s. 199-225.

Fowler, K., Windschitl, M. & Auning, C. (2020). A Layered Approach to Scientific Model Creating Scaffolds That Allow All Students to Show More of What They Know. *The Science Teacher, 88(1)*.

Forbes, C.T., Zangori, L. & Schwarz, C.V. (2015). Empirical Validation of Integrated Learning Performances for Hydrologic Phenomena: 3rd-Grade Students' Model-Driven Explanation-Construction. *Journal of Research in Science Teaching, 52(7)*, s. 895-921.

Galbraith, P. & Stillman, G. (2006). A Framework for Identifying Student Blockages During Transitions in the Modelling Process. *ZDM, 38(2)*, s. 143-162.

Gilbert, J.K. (2004). Models and Modelling: Routes to More Authentic Science Education. *International Journal of Science and Mathematics Education, 2*, s. 115-130.

Gilbert, J.K. & Justi, R. (2016). *Modelling-Based Teaching in Science Education*. Cham, Schweiz: Springer.




116885_mona_04-2022_.indd 68 09-11-2022 13:21:47

Gouvea, J. & Passmore, C. (2017). "Models Of" versus "Models For": Toward an Agent-Based Conception of Modeling in the Science Classroom. *Science & Education, 26(1)*, s. 49-63.

Højgaard, T. (2009). Modellering versus problemløsning – om kompetencebeskrivelser som kommunikationsværktøj. *MONA, 2009(2)*, s. 37-54.

Knain, E., Fredlund, T. & Furberg, A. (2021). Exploring Student Reasoning and Representation Construction in School Science Through the Lenses of Social Semiotics and Interaction Analysis. *Research in Science Education, 51(1)*, s. 93-111.

Krist, C., Schwarz, C. V., & Reiser, B. J. (2019). Identifying essential epistemic heuristics for guiding mechanistic reasoning in science learning. *Journal of the Learning Sciences, 28*(2), 160-205. https://doi.org/10.1080/10508406.2018.1510404

Lijnse, P. (2008). Models of/for Teaching Modeling. I: E. van den Berg, A.L. Ellermeijer & O. Slooten (red.), *Modelling in Physics and Physics Education* (s. 20-33). AMSTEL Institute, University of Amsterdam.

Louca, L. & Zacharia, Z. (2012). Modeling-Based Learning in Science Education: Cognitive,

Metacognitive, Social, Material and Epistemological Contributions. *Educational Review, 64(4)*, s. 471-492. https://doi.org/10.1080/00131911.2011.628748.

Nersessian, N.J. (2002). The Cognitive Basis of Model-Based Reasoning in Science. I: P. Carruthers, S. Stich & M. Siegal (red.), *The Cognitive Basis of Science* (s. 133-153). Cambridge, Massachusetts: Cambridge University Press.

Nielsen, S. (2019). *Teaching for Modelling Competence*. Ph.d.-afhandling, Københavns Universitet. https://www.ind.ku.dk/begivenheder/2019/sanne-schnell-nielsen/SchnellNielsen- Thesis.pdf.

Nielsen, S.S. & Nielsen, J.A. (2019). A Competence-Oriented Approach to Models and Modelling in Lower Secondary Science Education: Practices and Rationales Among Danish Teachers. *Research in Science Education, 51*, s. 565-593. https://link.springer.com/article/10.1007/s11165-019-09900-1.

Niss, M. A. (2010). Modeling a Crucial Aspect of Students' Mathematical Modeling. In R. Lesh, P. L. Galbraith, C. R. Haines, & A. Hurford (Eds.), *Modeling Students' Mathematical Competencies. ICTMA 13* (pp. 43-59). Springer Science + Business Media.

Niss, M. & Jankvist, U.T. (2021). *Modelleringscyklussen*. https://matematikdidaktik.dk/temaer/matematisk-modellering/modelleringscyklussen.

Passmore, C., Gouvea, J.S. & Giere, R. (2014). Models in Science and in Learning Science: Focusing Scientific Practice on Sense-Making. I: M.R. Matthews (red.), *International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching* (s. 1171-1202). London: Springer.

Pajchel, K., Ramton, A.M.T.S. & Sollid, P.Ø.D. (2019). Matematikk i naturfag. I: L.O. Voll, A.B. Øyehaug & A. Holt (red.). *Dybdelæring i naturfag* (kapitel 7, s. 172-207). Oslo: Universitetsforlaget.

Schwarz, C.V. & Gwekwerere, Y.N. (2007). Using a Guided Inquiry and Modeling Instructional Framework (EIMA) to Support Preservice K-8 Science Teaching. *Science Education, 91*(1), s. 158-186.



116885_mona_04-2022_.indd 69 09-11-2022 13:21:49

Schwarz, C.V., Passmore, C. & Reiser. B.J. (2017). *Helping Students Make Sense of the World Using Next Generation Science and Engineering Practices*. National Science Teachers Association. https://www.nsta.org/store/product_detail.aspx?id=10.2505/9781938946042.

Schwarz, C. V., Reiser, B. J., Davis, E. A., Kenyon, L., Achér, A., Fortus, D., Shwartz, Y., Hug, B., & Krajcik, J. (2009). Developing a learning progression for scientific modeling: Making scientific modeling accessible and meaningful for learners. *Journal of Research in Science Teaching, 46*(6), 632-654. https://doi.org/10.1002/tea.20311

Sjøberg, M., Furberg, A. & Knain, E. (2022). Undergraduate Biology Students' Model-Based Reasoning in the Laboratory: Exploring the Role of Drawings, Talk, and Gestures. *Science Education, 2022*, s. 1-25. https://doi.org/10.1002/sce.21765.

Tytler, R., Prain, V., Aranda, G., Ferguson, J. & Gorur, R. (2020). Drawing to Reason and Learn in Science. *Journal of Research in Science Teaching, 57(2)*, s. 209-231.

Voll, L.O., Øyehaug, A.B. & Holt, A. (2019). *Dybdelæring i naturfag*. Oslo: Universitetsforlaget.

Windschitl, M., Thompson, J. & Braaten, M. (2018). *Ambitious Science Teaching*. Cambridge, Massachusetts: Harvard Education Press.

Zangori, L. & Forbes, C.T. (2015). Exploring Third-Grade Student Model-Based Explanations about Plant Relationships within an Ecosystem. *International Journal of Science Education, 37(18)*, s. 2942-2964.

Zangori, L. & Forbes, C.T. (2016). Development of an Empirically Based Learning Performances Framework for Third-Grade Students' Model-Based Explanations About Plant Processes. *Science Education, 100(6)*, s. 961-982. doi:10.1002/sce.21238.

Zangori, L., Peel, A., Kinslow, A., Friedrichsen, P. & Sadler, T.D. (2017). Student Development of Model-Based Reasoning about Carbon Cycling and Climate Change in a Socio-Scientific Issues Unit. *Journal of Research in Science Teaching, 54(10)*, s. 1249-1273. http://dx.doi.org/10.1002/tea.21404.

## English abstract

*This study indicates that a model-based inquiry approach (MBI) can function as a good framework for the students' understanding, as they continuously develop their knowledge and understanding of complex phenomena through this modeling process. The article also examines how mathematical modeling can contribute to developing and strengthening this understanding. The article comes with design principles for how MBI courses can be planned and carried out and comes with a proposal for such an interdisciplinary course for science education. Results from the associated case show that students go through the entire mathematical modeling cycle and the students emphasize that the mathematical modeling process makes sense to them, and, in the students' opinion, mathematics contributes to a greater understanding of the complex phenomenon. This MBI approach with special focus on mathematical modeling has some implications for teaching, which are outlined at the end of the article.*



116885_mona_04-2022_.indd 70 09-11-2022 13:21:51

# Temabidrag

Denne sektion indeholder temabidrag der udspringer af MONA-sporet på Big Bang-konferencen 2022, hvor temaet var "Matematik i STEM – hvorfor og hvordan". Hvert temabidrag beskriver konkrete projekter, og indholdet er vurderet af MONA-redaktionen med hensyn til relevans, nyhedsværdi, designkvalitet og formidlingskvalitet.

116885_mona_04-2022_.indd 71 09-11-2022 13:21:53

# STEM-undervisning i gymnasiet:

## Integration af fysik og matematik



Brian Krog Christensen,
Silkeborg Gymnasium

**Abstract:** *I artiklen diskuteres begrebet STEM-undervisning, idet der argumenteres mod etablering af en forståelse af STEM-undervisning der er ekskluderende i forhold til mange praktisk gennemførlige og perspektivrige faglige samspil. Derpå præsenteres resultaterne af et femårigt udviklingsprojekt i gymnasiet, hvor fagene matematik C og fysik C forsøgsvis er blevet integreret i ét fag. Udviklingsprojektet viser at elevernes holdning og selvoplevede kompetence i forhold til matematik og fysik gennemgår en positiv udvikling i forbindelse med den fagintegrerede undervisning. Desuden er der klare indikationer på et øget læringsudbytte. Afslutningsvis anføres nogle perspektiver i forhold til at bygge videre på erfaringerne fra forsøget.*

## Hvad skal vi mene med STEM-undervisning?

Virkeligheden er ikke organiseret på samme måde som skolen. Langt hovedparten af undervisningen i fx gymnasiet foregår i lektioner der i skemaet er angivet som ét fag, fx biologi eller matematik. Men væsentlige, relevante og interessante problemer fra virkeligheden er typisk komplekse og kalder på flere fag. Et af de mest oplagte eksempler er det epokale nøgleproblem "klimaforandringer" der selvsagt – i en uddannelsessammenhæng hvor der sigtes mod elevers dannelse til ansvarlige, kritisk tænkende og aktivt kompetent handlende demokratiske borgere – med fordel kan analyseres og diskuteres med inddragelse af en mangfoldighed af fag dækkende samtlige fakulteter. Klimaforandringer er således et eksempel på det Pleasant kalder et "STEM-relevant problem" (Horst & Laursen, 2022), idet det rummer delproblemer relateret til både naturvidenskab (science), teknologi, engineering og matematik, samtidig med at det rummer etiske, økonomiske, sociale og politiske aspekter.

Det er meget ræsonnabelt at Pleasant argumenterer for at hvis STEM-undervisning skal forberede elever på at forholde sig kvalificeret til virkelighedens komplekse problemer, bør der lægges vægt på tilgange der også favner de dimensioner af problemerne der ikke rummes af STEM-fagene. Men det er vigtigt at være opmærksom på at der nogle gange i undervisningssammenhænge opstår problemer når gode og idealistiske idéer og intentioner møder hverdagen på skolerne. Pleasant argumenterer



116885_mona_04-2022_.indd 72 09-11-2022 13:21:55

for det første for en forståelse af STEM-undervisning der fordrer en grad af inddragelse af alle de tilgange der dækkes af de fire bogstaver i akronymet STEM. Den STEM-forståelse er i sig selv en udfordring ved praktisk afvikling af undervisningsforløb, og der er slet ikke enighed om en sådan definition af STEM-undervisning (Hjort et al., 2022). Nogle mener som Pleasant at alle fire discipliner skal involveres før man kan tale om STEM-undervisning, mens andre mener at to discipliner er tilstrækkeligt, og endelig er der for nogle et krav om inddragelse af matematik (Hjort et al., 2022). For det andet har det forholdsvis vidtrækkende konsekvenser hvis man på kvalificeret vis skal inddrage etiske, sociale, økonomiske og politiske aspekter i (de fleste) STEM-undervisningsforløb. For naturligvis kan en biologi- og en matematiklærer på et vist niveau inddrage eksempelvis en etisk perspektivering i forbindelse med et tværfagligt forløb i biologi og matematik. Men hvis de omtalte ikke-STEM-aspekter skal behandles kvalificeret og med passende dybde, kræver det typisk den faglige tyngde der besiddes af en lærer der er uddannet inden for etik, økonomi, politik osv. Dermed opererer Pleasant med en forestilling om STEM-undervisningsforløb der for at leve op til idealet involverer lærere og fag dækkende naturvidenskab, teknologi, engineering, matematik, humaniora og samfundsvidenskab. Det kan man med den nuværende gymnasieordning godt håndtere i praksis gennem helt særlige foranstaltninger, fx på en temadag. Men som målsætning for den almindelige og daglige undervisningspraksis er det nok urealistisk med de eksisterende rammer og bekendtgørelser på gymnasier. Dvs. at Pleasant opererer med en beskrivelse af "god og rigtig STEM-undervisning" som i realiteten rummer præmisser der er relativt ekskluderende i forhold til daglig undervisningspraksis.

Men er det ikke ligegyldigt hvilken definition og hvilke idealer man opstiller for STEM-undervisning? For med Pleasants forståelse af STEM-undervisning eller varianter af denne vil et tværfagligt forløb, der eksempelvis kun involverer fagene biologi og matematik, om fx COVID-19-pandemien blot ikke være i kategorien "god og rigtig STEM-undervisning". Men erfaringen tilsiger at man skal være varsom med betingelserne. Der er gennem tiden set mange eksempler på undervisningsforløb, eksamensspørgsmål, projektopgaver mv. hvor en del af indholdet har virket kunstigt påklistret, eller hvor der har manglet faglig dybde i behandlingen af visse aspekter fordi der har været (en oplevelse af) et krav om inddragelse af et bestemt sæt af perspektiver og fag eller en forestilling om at to eller flere fag skulle tillægges lige stor vægt. Dertil kommer at hvis den pågående diskussion om definitionen af STEM-undervisning fører til en forståelse af begrebet som ekskluderer forløb der ikke rummer alle fire discipliner i STEM – og måske ligefrem har inddragelse af flere andre fakulteter som betingelse – så risikerer man at ressourcerne til udvikling af STEM-didaktik, forsøgsprojekter i STEM-undervisning mv. ikke får den (forhåbentlig) fortjente mulighed for spredning til og påvirkning af den brede undervisningspraksis. Simpelthen fordi der



116885_mona_04-2022_.indd 73 09-11-2022 13:21:56

i en skolehverdag i praksis ofte vil være nogle begrænsninger når mange lærere skal samarbejde på tværs af fag og fakulteter.

Lad os fastholde idealet i undervisningen om at behandle komplekse, vigtige og for eleverne relevante problemer med inddragelse af flere discipliner, fag og fakulteter. Men lad os samtidig vælge en pragmatisk definition af STEM-undervisning der kan rumme at en sag behandles med inddragelse af fx kun to fag som matematik og biologi. Med en sådan forståelse af STEM-undervisning præsenteres i det følgende resultatet af et flerårigt STEM-udviklingsprojekt i gymnasiet baseret på et meget tæt samspil mellem fagene fysik og matematik.

## FYMA – om integration af fagene fysik og matematik i gymnasiet

Gennem fire skoleår i perioden 2014-18 har fagene fysik C og matematik C for syv studieretningsklasser på Silkeborg Gymnasium som et forsøg været afviklet som et toårigt undervisningsforløb i ét integreret fag benævnt "FYMA". Dvs. i stedet for eksempelvis at have matematik C i 1. g og fysik C i 2. g har eleverne haft FYMA i både 1. g og 2. g.

Undervisningen i FYMA har foregået efter en forsøgslæreplan der integrerer læreplanerne for matematik C og fysik C. Kernestof og faglige mål for FYMA har således rummet indhold og mål for de to separate fag.

Undervisningen i FYMA har været forestået af lærere med undervisningskompetence i både fysik og matematik. Et forudgående pilotprojekt med en enkelt klasse, hvor to lærere underviste i henholdsvis fysik og matematik, indikerede at det er en fordel at læreren mestrer begge de fag der skal integreres. Dette er i overensstemmelse med forskning, som viser at praktisk integration af fag ofte begrænses hvis underviserne ikke har både faglig og pædagogisk-didaktisk viden om begge fag (Kurt & Pehlivan, 2013).

En mere uddybende præsentation af FYMA-forsøget findes i en tidligere artikel i MONA (Christensen, 2018).

## Hvorfor FYMA?

De væsentligste årsager til iværksættelse af forsøget med integration af fysik og matematik:

1. En ikke ubetydelig del af de elever der vælger studieretninger med matematik og fysik på det laveste niveau, oplever i forbindelse med matematik C-undervisningen i 1. g faget som temmelig abstrakt og spørger ganske rimeligt: "Hvad skal vi egentlig bruge det her til?" Når de samme elever har fysik C i 2. g, hvor der med fordel kan trækkes på matematik C-kompetencerne fra 1. g, kniber det for en del elever



116885_mona_04-2022_.indd 74 09-11-2022 13:21:58

med at bringe grundlæggende færdigheder i spil. Ulriksen et al. (2009) fremhæver at det for elever med en såkaldt gymnasiefremmed baggrund, hvor ingen af forældrene har taget en gymnasial uddannelse, er særlig vigtigt at opleve relevans i undervisningen:

> "Et væsentligt element er at give begrundelser for indholdet: Hvorfor skal man overhovedet lære det her?" (Ulriksen et al., 2009, s. 203).

> "Et væsentligt punkt er altså at eksplicitere målet med den konkrete opgave, dvs. hvad meningen er med arbejdet, og f.eks. hvordan sammenhængen er med andre fag" (Ulriksen et al., 2009, s. 205).

2. Ved integration af fagene kan man forvente en synergieffekt der medfører en styrkelse af elevernes faglige kompetencer. I fysik får man meget hurtigt brug for matematik, fx til kvantitative analyser i forbindelse med eksperimentelle undersøgelser osv. Forventningen var således at man kunne nå dybere ned i fysikken, samtidig med at eleverne reelt bliver bedre til matematik gennem en øget praktisk anvendelse og ved at åbne for en eksperimenterende tilgang til problemstillinger, fx i forbindelse med projektforløb.
3. Gennem FYMA har man mulighed for at drage nytte af en række kendte fordele ved tværfaglig undervisning (Schnack, 1997). Tværfaglig undervisning kan fx være særlig *motiverende* ved at muliggøre en mere dækkende behandling af et virkelighedsrelevant tema, og fysik C rummer potentielt set en række af sådanne temaer, fx "musik og lyd" eller "klima". Desuden kan det tværfaglige arbejde *reducere stof- og måltrængslen* ved at udnytte overlap mellem fagene mht. kompetencemål mv. Dertil kommer at den tværfaglige undervisning har potentiale til at *skabe sammenhæng* i et gymnasieforløb præget af mødet med mange forskellige lærere samt faglig og skemamæssig fraktionering.
4. Der var på gymnasiet en del lærere med undervisningskompetence i både fysik og matematik, hvoraf nogle – bl.a. med udgangspunkt i gode erfaringer fra fagintegration i forbindelse med det tidligere "naturfag", der før 2005 integrerede fysik, kemi og matematik for sproglige studenter – havde lyst til at undersøge potentialerne i ovennævnte punkter og problemfrit kunne veksle mellem de to fag.

## Evalueringsmetode

Forsøget med FYMA er blevet evalueret ved at eleverne i seks af de syv forsøgsklasser anonymt har besvaret to spørgeskemaer. Det første spørgeskema blev besvaret helt i begyndelsen af studieretningsforløbet, hvor FYMA-undervisningen blev iværksat,



116885_mona_04-2022_.indd 75 09-11-2022 13:22:00

og det har fungeret som en forundersøgelse der bl.a. bruges til at afdække elevernes forventninger til og tanker om det forestående fagintegrerede forløb. De samme seks klasser har halvandet år senere, altså umiddelbart før afslutningen af 2. g, besvaret et spørgeskema der har til formål at evaluere forløbet. Der har været henholdsvis 152 og 142 respondenter i de to spørgeskemaundersøgelser, svarende til svarfrekvenser på henholdsvis 82 % og 88 % i forhold til antallet af elever i de seks klasser på undersøgelsestidspunkterne. Desuden har alle de fem lærere der har undervist et eller to FYMA-hold i forsøgsperioden, gennem et spørgeskema karakteriseret forløbet og vurderet udbyttet heraf. Endelig er der foretaget en sammenligning mellem standpunktskarakterne i FYMA og henholdsvis matematik C og fysik C for klasser med samme studieretning som nogle af FYMA-klasserne.

## Hvordan foregik fagintegrationen?

Undervisningen i FYMA blev planlagt efter fagintegrerede mål der harmonerer med målene for de enkelte fag. Men kernestoffet for de to fag skulle stadig dækkes, så hvordan blev fagintegrationen håndteret i praksis? Der findes ikke i litteraturen en almindelig accepteret definition af integration mellem fysik og matematik, hvilket til dels afspejler at der ikke findes en veldefineret grænse mellem de to fag (Lederman & Niess, 1997, s. 57).

Loning opererer med følgende kategorisering af undervisningen (Loning & DeFranco, 1997):

1. Uafhængig matematik
2. Matematikfokus, hvor fysikbegreber anvendes til at støtte matematikbegreber
3. Balanceret matematik og fysik, hvor begreberne fra fysik og matematik integreres
4. Fysikfokus, hvor matematikbegreber anvendes for at støtte fysikbegreber
5. Uafhængig fysik.

I FYMA-forsøget har det mht. undervisningspraksis været op til de enkelte undervisere at sammentænke fagene. Der har således ikke været en bestemt model for undervisningen som er blevet fulgt på de syv FYMA-hold. Det betyder at det i forhold til Lonings kategorisering har været muligt for lærerne at veksle mellem forskellige grader af fagligt samspil. Baseret på et indgående kendskab til begge fag har lærerne gjort det der for dem føles mest naturligt. Eleverne har typisk ikke fået at vide at "nu arbejder vi med noget der er mest fysik" osv. For eleverne har det "bare" været FYMA-undervisning. Men selvom det ikke har været et mål i sig selv, har eleverne naturligvis været i stand til at identificere en række af undervisningsaktiviteterne som enten fysik- eller matematikorienterede.



116885_mona_04-2022_.indd 76 09-11-2022 13:22:01

Lærerevalueringen viser at de fem undervisere har afviklet forløb der dækker over alle Lonings kategorier, idet hovedvægten har været på kategorierne 2, 3 og 4. Det typiske har således været at der ikke er blevet lagt vægt på "rene" fysik- eller matematikforløb. To af lærerne beskriver praksis således:

> "Typisk integreres fagene ved at man har et fysikfagligt tema der med fordel kan behandles efter indførelse af en række matematiske begreber. Når matematikken er på plads, kan den så anvendes til databehandling, løsning af opgaver mv." (Lærer 3).

> "Jeg har ikke ofte introduceret nye begreber i både matematik og fysik på samme tid – men haft noget nyt i det ene fag og så udvidet eller gentaget tidligere materiale fra det andet fag." (Lærer 5).

## Eksempel på aktivitet i FYMA-undervisningen

I matematiklærerplanen spiller matematisk modellering en central rolle, idet matematik C-læreplanen, der var integreret i FYMA-læreplanen, rummer krav om behandling af lineær og eksponentiel sammenhæng samt potenssammenhæng. Fysiklæreplanen foreskriver at eleverne bl.a. skal arbejde med energiformer og energiomsætninger.

Et simpelt forsøg hvor eleverne eksperimentelt undersøger energiforholdene i forbindelse med en bold der falder til jorden og hopper nogle gange, kan bruges til at arbejde med en række elementer af ovennævnte fagområder, hvilket er illustreret på figur 1.

## Betydning af fagintegrationen

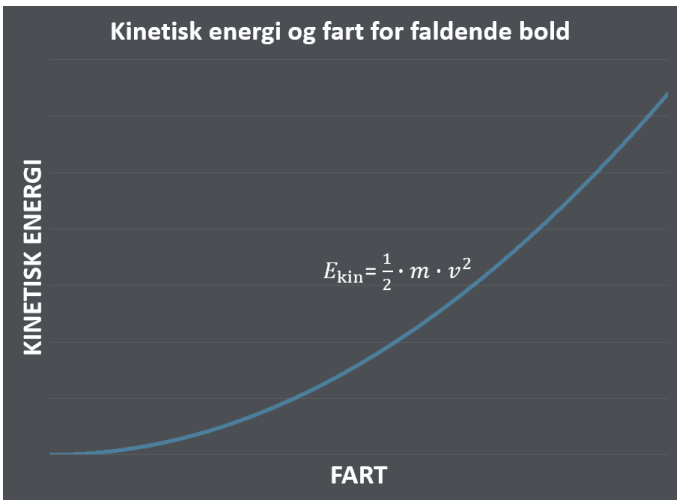
Hvilken betydning har fagintegration mellem matematik og fysik for elevernes læring, interesse for fagene og holdning til at sammentænke fagene som i FYMA? Svarene på de forskellige kategorier i det spørgsmål er helt givet ikke uafhængige af hinanden. For hvis man gennem fagligt samspil kan øge elevernes interesse og oplevelsen af relevans, vil en øget motivation kunne fremme såvel læring som en positiv vurdering af netop det faglige samspil.

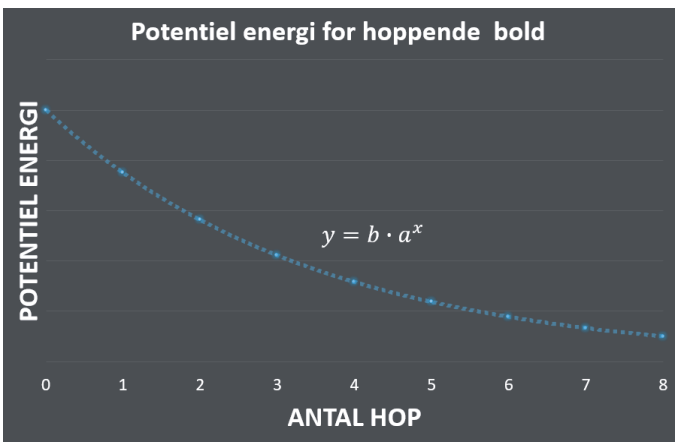
Ifølge Becker medfører integration af matematik i naturfagsundervisning en forbedring af elevernes oplevelse af matematikkens relevans:

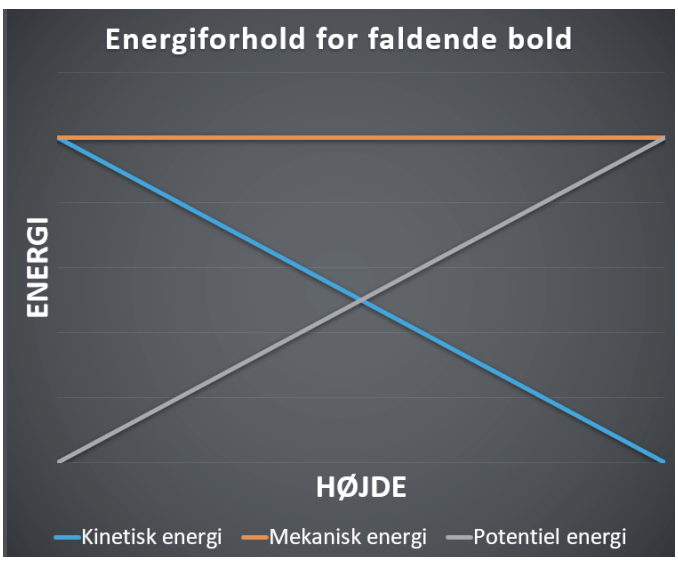
> "Integration af matematik med science, teknologi og engineering (STE) giver elever en sammenhæng hvori de kan danne meningsfyldte forbindelser mellem matematik og STE-fag. Matematik er allerede til stede i STE, og integrerende tilgange kan bygge bro mellem abstrakte matematikbegreber og praksis i STE" (Becker & Park, 2011, s. 25, egen oversættelse).



116885_mona_04-2022_.indd 77 09-11-2022 13:22:03




**Figur 1.** *Ved analyse af energiforhold for en hoppende bold kan anvendes lineær sammenhæng (inkl. ligefrem proportionalitet og konstantfunktionen), potenssammenhæng og eksponentiel sammenhæng.*



116885_mona_04-2022_.indd 78 09-11-2022 13:22:05

En del elever kommer på gymnasiet med den opfattelse af sig selv at de grundlæggende er dårlige til matematik. De har gennem uheldige oplevelser med matematik fået etableret et selvbillede hvor de føler sig dumme til matematik (Ulriksen et al., 2014, s. 66). Boaler er på linje hermed i beskrivelsen af matematikkens tilbøjelighed til negativ påvirkning af elevernes tro på egne evner:

> "Matematik har, mere end noget andet fag, magten til at knuse elevernes gejst. Når elever får den idé at de ikke kan finde ud af matematik, opretholder de ofte resten af livet et negativt forhold til matematik" (Boaler, 2016, s. x og xii, egen oversættelse).

Det kan således være væsentligt at få styrket elevernes self-efficacy, og i den forbindelse kan elevers oplevelse af nytte og interesse være betydningsfuld. Undersøgelser viser nemlig at der er en gensidig positiv påvirkning mellem interesse og self-efficacy, og at denne kobling er særlig stærk inden for naturfagene og matematik (Bong et al., 2015).

Næsten alle (89 %) af de elever der har haft FYMA, tilkendegiver at de opfatter matematik som et nyttigt redskab til at forstå og beskrive naturfænomener i fysik. Og eleverne oplever at fagene har gensidig gavn af hinanden, idet 64 % af eleverne mener at de bliver bedre til matematik ved at bruge det i fysikfaglige sammenhænge, mens 24 % af eleverne ikke oplever at blive bedre til matematik. Mange elever giver udtryk for at det faglige samspil giver mening for dem:

> "Jeg synes det fungerer rigtig godt, til trods for at de naturfaglige fag ikke er min spidskompetence. Jeg finder det rigtig svært, men at bruge matematikken i praksis gør det for mig mere relevant, og det hjælper mig med at bevare fokus, til trods for at jeg er i den dårligere ende i klassen. Dog er der stadigvæk mulighed for at klare sig godt når man fx som mig forstår sig godt på astronomi. Matematikken bliver derfor nemmere at forstå, da den bliver koblet på konkrete eksempler og muligheder." (Elev).

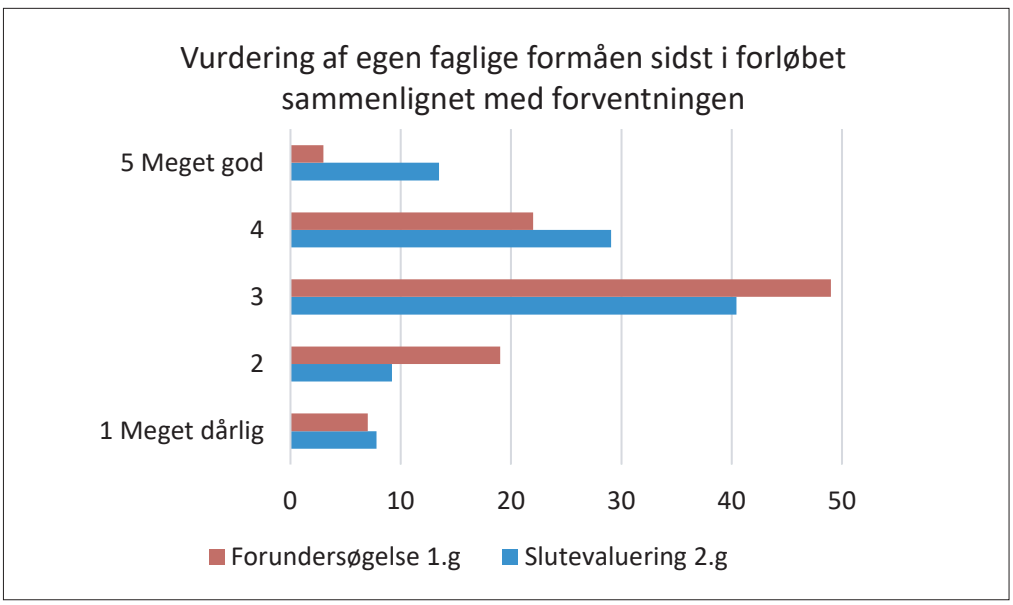
Det eksperimentelle arbejde med efterfølgende matematisk analyse har et særligt potentiale som fagintegrerende og relevansskabende element, og eleverne har en meget positiv opfattelse af det eksperimentelle arbejde i FYMA, idet kun 6 % udtrykker sig negativt derom.

En betydelig del af eleverne i FYMA-forsøgsklasserne har absolut ikke fysik og matematik som deres foretrukne fag. Dette kommer fx til udtryk ved at omkring 20 % af eleverne i både forundersøgelse og slutevaluering tilkendegiver at de ikke mener at fysik og matematik skal være obligatoriske fag i gymnasiet. Det afspejler bl.a. at det særligt i forhold til matematik er velkendt at en del elever gennem grundskolen har mistet troen på egen formåen (Ulriksen et al., 2014), og analysen viser da også at



116885_mona_04-2022_.indd 79 09-11-2022 13:22:06

særligt elever der har svært ved fagene fysik og matematik, foretrækker at de ikke er obligatoriske. Men en del elever tilkendegiver at det faktisk er gået bedre fagligt i FYMA end de forventede ved indgangen til forløbet. Udviklingen i elevernes oplevelse af egen formåen er illustreret på figur 2. Svarene kan tolkes således at 26 % af eleverne ved begyndelsen af FYMA-forløbet havde en lav self-efficacy, og at denne andel gennem forløbet reduceres betydeligt, samtidig med at andelen af elever med tiltro til egne evner i forhold til fysik og matematik vokser fra 25 % til 42 %.




**Figur 2.** *Sammenligning af den procentvise fordeling af elevernes svar på spørgsmålet "Hvor god tror du at du vil være til at klare de faglige krav i fysik og matematik (FYMA)?" i begyndelsen af 1. g og spørgsmålet "Hvor god synes du at du har været til at klare de faglige krav i fysik og matematik (FYMA)?" sidst i 2. g.*

Lærerne der har været involveret i forsøget, er enige i elevernes vurdering af at de faglige resultater er gode. Det er ikke overraskende, idet udviklingen i elevernes oplevelse af egen faglige formåen naturligvis delvist afspejler lærernes signaler, fx i form af karakterer. Lærerne vurderer generelt at elevernes typiske faglige udbytte gennem et toårigt FYMA-forløb øges i forhold til de faglige mål for både fysik C og matematik C, når de sammenligner med undervisning i etårige forløb i henholdsvis fysik C og matematik C. Et eksempel på et lærerudsagn:

> "Det er fx nemmere for eleverne at skulle tænke kritisk over en model, hvis den er lavet over egne data – og her reflektere over måleusikkerheder og fejlkilder." (Lærer 4).



116885_mona_04-2022_.indd 80 09-11-2022 13:22:08

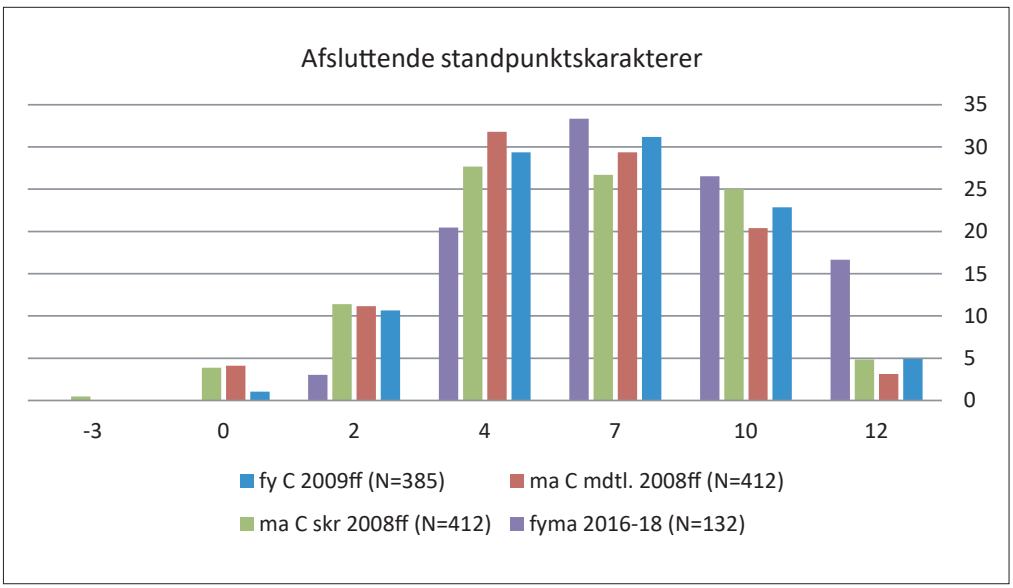
FYMA-forsøget har omfattet 132 elever med studieretningsfagene musik A og engelsk A (60 elever) eller engelsk A, samfundsfag B og psykologi B (72 elever). Eleverne har været fordelt på fem klasser. Figur 3 viser en sammenligning af de afsluttende standpunktskarakterer i FYMA for disse 132 elever og de afsluttende standpunktskarakterer i hvert af fagene fysik C og matematik C for de ca. 400 elever der har haft samme studieretningsfag i perioden 2008-15. Kernestoffet for FYMA er identisk med kernestoffet i fysik C og matematik C, og de faglige mål i FYMA-læreplanen afspejler ret præcist de faglige mål i de separate læreplaner. Det er fx de samme faglige begreber som eleverne skal kende og være i stand til at anvende. Tilsvarende skal eleverne fx i FYMA, som ved fysik C, kunne lave en eksperimentel undersøgelse med en efterfølgende matematisk analyse af data. Men hvis undersøgelsen af data fx giver anledning til opstilling af en eksponentiel model, kan der i FYMA laves en matematisk efterbehandling der normalt ikke ville indgå i fysik C-undervisningen, men som kan rummes inden for rammerne af matematik C. Når læreren skal vurdere eleven i form af en FYMA-karakter, sker det på samme grundlag som ved karaktergivning i henholdsvis fysik C og matematik C, idet læreren med sit kendskab til begge fag kan vurdere graden af målopfyldelse i forhold til hvert af de to fag. På den baggrund vurderes det rimeligt at sammenligne det faglige udbytte af FYMA på den ene side og fysik C og matematik C på den anden side gennem de opnåede karakterer. Dog må det konstateres at FYMA er en anden ramme for arbejdet med udvikling af elevernes fysik- og matematikkompetencer, og det kan give en vis forskydning af vægtningen af forskellige indholdselementer i forhold til undervisning i de separate fag. Det mest markante er formodentlig den øgede brug af tal- og symbolbehandling i tilknytning til fysiske problemstillinger. Det kan ikke udelukkes at den mulige forskydning kan influere lidt på karaktergivningen.

Fordelen ved at vurdere elevernes faglige udbytte af fagintegration gennem standpunktskaraktererne er at disse fremkommer som resultat af en længerevarende og mangefacetteret proces der giver lærerne mulighed for at vurdere eleverne i forhold til en bred vifte af kompetencer. Standpunktskarakteren afspejler således både elevernes forståelse af (tvær)faglige begreber, elevernes evne til at anvende disse i analysen af forskellige problemstillinger, elevernes kompetencer mht. empirisk arbejde, elevernes evne til faglig formidling og perspektivering osv. Standpunktskaraktererne udgør således et kvantitativt mål for elevernes læring der ikke blot er et nedslag på ét (tvær) fagligt emne, som det typisk er tilfældet ved en mundtlig eksamen. Af figur 3 fremgår det at eleverne opnår højere karakterer i FYMA end i henholdsvis fysik og matematik. Gennemsnittet for mundtlige og skriftlige karakterer i matematik C er henholdsvis 6,0 og 6,3, mens gennemsnittet for fysik C er 6,4. Dette karakterniveau afspejler klart at eleverne på de angivne studieretninger typisk har relativt svært ved at nå de faglige mål i fysik og matematik. Gennemsnittet for FYMA-karaktererne er 7,9. Karakterløftet er statistisk signifikant og afspejler at lærerne vurderer at eleverne faktisk i højere grad når de



116885_mona_04-2022_.indd 81 09-11-2022 13:22:10

faglige mål gennem FYMA. Det kan fx være at den tværfaglige ramme har medvirket til at elevernes evne til at tolke og diskutere matematiske modeller er blevet styrket. Men der må naturligvis tages forbehold for den bias der kan være hos lærere der deltager i et udviklingsprojekt med forventninger om gode faglige resultater. Dog er forskellen så markant at der med rimelighed kan konstateres en vis positiv læringseffekt.




**Figur 3.** *Sammenligning mellem FYMA og fysik og matematik af den procentvise fordeling af afsluttende standpunktskarakterer (årskarakterer) for elever med studieretningsfagene musik A og engelsk A samt engelsk A, samfundsfag B og psykologi B. I matematik C får eleverne både en skriftlig (skr.) og en mundtlig (mdtl.) standpunktskarakter.*

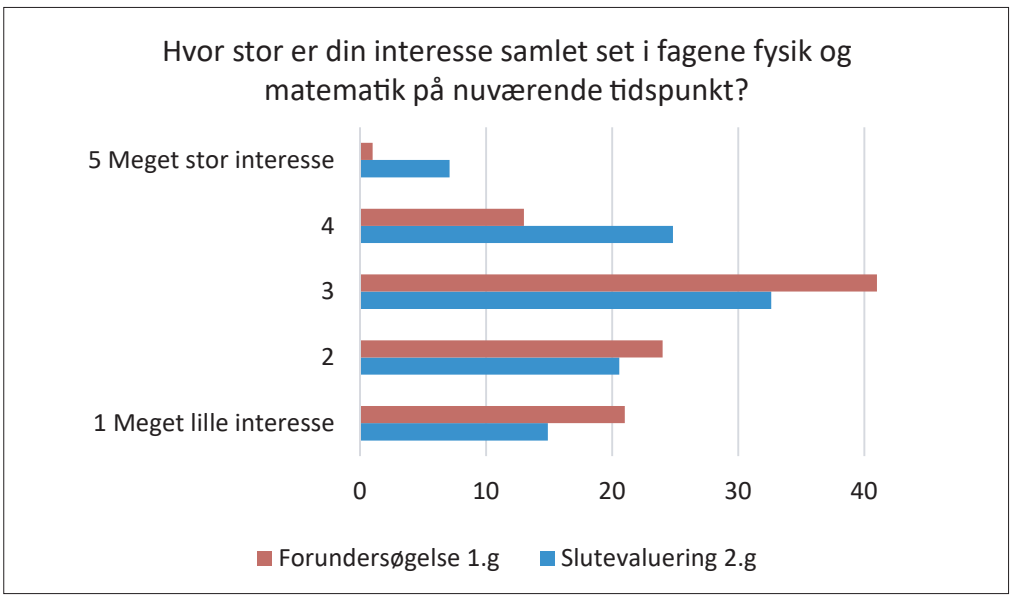
En betydelig del af eleverne tilkendegiver at de gennem FYMA-forløbet har fået styrket deres interesse for fysik og matematik, mens en lille del (16 %) har fået reduceret interessen for fagene. Nettoresultatet af udviklingen i interessen fremgår af figur 4.

Den positive udvikling afspejler at blot 17 % af eleverne giver udtryk for at der i FYMA er arbejdet med uinteressante emner. Elever der ikke mener at fysik og matematik skal være obligatoriske fag i gymnasiet, er ikke overraskende overrepræsenteret i gruppen med reduceret interesse. En elev beskriver udviklingen således:

> "Jeg synes det er meget federe at have det som et samlet fag. Jeg har oplevelsen af at begge fag hver for sig for mig ikke har skabt meget interesse eller været specielt spændende i folkeskolen samt på grundforløbet. Men ved at slå dem sammen har de suppleret hinanden på en positiv måde og øget min interesse for begge fag, og det er blevet mere overskueligt af at de har været ét fag." (Elev).



116885_mona_04-2022_.indd 82 09-11-2022 13:22:12




**Figur 4.** *Sammenligning af den procentvise fordeling af elevernes svar i forundersøgelse og slutevaluering på spørgsmålet "Hvor stor er din interesse samlet set i fagene fysik og matematik på nuværende tidspunkt?".*

## Kan fagintegration anbefales?

Der er naturligvis elever der er skeptiske i forhold til at møde et helt nyt fag som FYMA, og selvom det ikke er målet (og måske slet ikke er muligt) at eleverne skal kunne skelne fysik- og matematikdelen af FYMA fra hinanden, er der elever der er utrygge ved fagintegrationen. I et pilotprojekt til det omtalte forsøg med FYMA blev de to fag integreret uden at sigte mod en fagintegreret eksamen. Baggrunden herfor var at Undervisningsministeriet i første omgang godkendte ansøgningen om fagintegreret undervisning, men ikke ansøgningen om en fagintegreret eksamen. Dette medførte at eleverne både i forbindelse med den daglige undervisning og i evalueringen udtrykte et klart behov for svar på spørgsmålet: "Hvilket fag er det vi arbejder med nu?" Spørgsmålet er på linje med det indtryk man nogle gange får både i og uden for uddannelsessystemet – nemlig at overskriften i forbindelse med en undervisningsaktivitet er vigtig. Men det er (naturligvis) ikke betegnelser som "matematik" eller "fysik" der er væsentlige – det er derimod de kompetencer eleverne udvikler, og disse kan ofte ikke blot tilskrives ét fag.

Pilotprojektet illustrerede det velkendte forhold at eksamen med fordel kan indrettes så den afspejler den ønskede daglige undervisningspraksis, idet den ellers vil have en negativ tilbagevirkning på praksis.

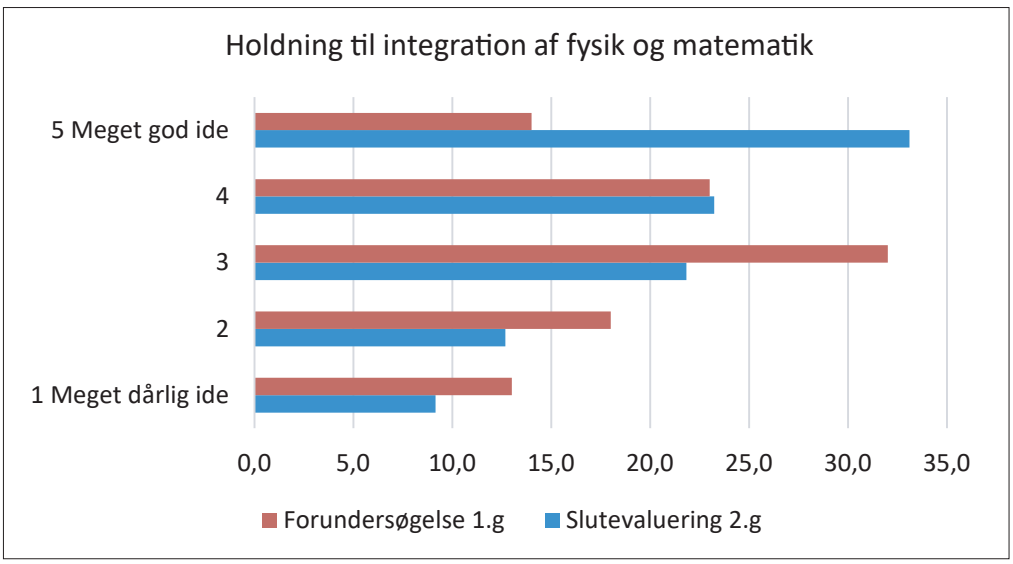
Langt de fleste elever vurderer fagintegrationen i FYMA positivt. Fx skriver en elev:



116885_mona_04-2022_.indd 83 09-11-2022 13:22:13

> "Jeg synes at FYMA har været et oplagt fag for os i forhold til vores studieretning, da vi har både matematik og fysik på C-niveau. På vores studieretning har vi et ry for at være knap så gode til matematik, så derfor er det jo en gave for os have matematik over to år, men stadig på C-niveau – og så endda med brug af fysikken indblandet i faget. Genialt! Vi lærer at tænke langt bredere end bare 2 + 2 = 4 – nu kan vi også hive eksempler fra fysikken frem og dermed få et langt større visuelt billede af det." (Elev).

Når man sidst i 2. g spørger eleverne om de foretrækker et fagintegreret FYMA-forløb frem for enkeltfaglige forløb i fysik og matematik, er langt flere positive over for idéen end det modsatte, idet 55 % er tilhængere, mens 21 % er modstandere. I gruppen af modstandere er der en overrepræsentation af elever der slet ikke synes at de skal undervises i fysik og matematik. Der er desuden, ikke overraskende, en stærk korrelation mellem elevernes FYMA-karakter og holdningen til sammenlægningen, idet elever med en høj karakter har den mest positive indstilling. Figur 5 viser at eleverne sidst i FYMA-forløbet har en væsentlig mere positiv vurdering af integrationen af de to fag end i begyndelsen af det næsten toårige forløb.




**Figur 5.** *Sammenligning af den procentvise fordeling af elevernes svar i forundersøgelse og slutevaluering på spørgsmålet "Er det en god idé at slå undervisningen i fysik og matematik sammen i faget FYMA?".*

Lærerne der har undervist i FYMA, er enige i elevernes positive vurdering af fagintegrationen og anbefaler at der på baggrund af forsøgserfaringerne arbejdes på at gøre det muligt at udbyde FYMA i stedet for separat undervisning i fysik C og matematik C. En lærer udtrykker sig bl.a. således i vurderingen af synergien mellem fagene:



116885_mona_04-2022_.indd 84 09-11-2022 13:22:15

"Matematik på C-niveau har godt af at blive konkretiseret, og der er fysik jo en evig kilde til konkrete eksempler på de abstrakte potensfunktioner og trekantsberegninger der for nogle elever ofte bliver indholdsløse "stiløvelser" i ren matematik." (Lærer 2).

En anden af FYMA-lærerne fortæller:

"En gruppe af mine dygtige FYMA-elever valgte i 3. g at hæve matematik til B-niveau ved at have matematik B som valgfag. Et stykke inde i 3. g var jeg vikar for matematik B-valgholdet, og i den forbindelse gav flere af de tidligere FYMA-elever udtryk for at de savnede den stærke kobling som de kendte fra FYMA, mellem emnerne i matematik, aktuelt på det tidspunkt differentialregning, og virkeligheden." (Lærer 1)

## Konklusion og perspektiv

FYMA-udviklingsforsøget indikerer klart at der kan være et motivations- og læringsmæssigt perspektiv i at integrere fagene fysik C og matematik C. Men siden forsøget blev afviklet, er der gennemført en gymnasiereform der med elevernes fordeling på studieretninger indebærer at en meget lille andel af eleverne har matematik på C-niveau. Så selvom fysik C stadig er et obligatorisk fag, vil udvikling af et integreret fysik-matematikfag på basis af fysik C og matematik C blot være relevant for de ca. 2 % af STX-eleverne der har en fagsammensætning præget af sprogfag.

En del af de elever der har et anstrengt forhold til matematik og naturvidenskab, og som før 2017-reformen befandt sig på en studieretning med matematik C, vælger nu en studieretning hvor der indgår matematik på B-niveau. Det er fx studieretningerne samfundsfag A og engelsk A samt musik A og engelsk A. I forhold til matematik B på STX har det helt givet været medvirkende til at forstærke de lærings- og motivationsmæssige udfordringer der er konstateret i matematik i forbindelse med gymnasiereformen. Men udfordringerne i forhold til matematik begrænser sig ikke til matematik B på gymnasiet. Der opleves ligeledes en række udfordringer i grundskolen og på erhvervsuddannelserne samt ved overgangen mellem forskellige uddannelsestrin, fx ved overgangen mellem gymnasiet og de videregående uddannelser. Børne- og undervisningsministeren har derfor nedsat en ekspertgruppe med repræsentanter fra grundskolen, erhvervsuddannelserne, gymnasiet, universiteterne og professionshøjskolerne. Ekspertgruppen, hvori undertegnede indgår, har haft til opgave at kortlægge udfordringerne i forhold til matematik samt fremsætte en række forslag til tiltag der kan imødekomme disse. Ekspertgruppen konstaterer bl.a. at der på alle uddannelsesområder er udfordringer i forhold til elevernes basale matematikfærdigheder, særligt inden for aritmetik og algebra, samt i forhold til at etablere en matematikundervisning der er motiverende for eleverne, og som giver eleverne en oplevelse af at de kan mestre matematik.



116885_mona_04-2022_.indd 85 09-11-2022 13:22:17

For at imødekomme udfordringerne anbefaler ekspertgruppen (BUVM, 2022) bl.a. at der på gymnasieniveau iværksættes et udviklingsarbejde med fokus på hvordan matematisk modellering, gerne med fokus på både anvendelsesorientering og samspil med andre fag, kan bruges til at løse virkelige problemer. Desuden anbefaler ekspertgruppen, bl.a. med udgangspunkt i erfaringerne fra FYMA-udviklingsprojektet, at der oprettes en forsøgsordning for udvalgte STX-klasser, hvor fysik C og matematik B integreres i ét nyt samlet fag, og hvor eksamen i det integrerede fag afspejler at eleverne er undervist i ét fag. Anbefalingerne afspejler en overbevisning om at der kan være motivations- og læringsmæssige gevinster at hente ved i endnu højere grad at hente virkeligheden ind i skolen – og ved at bevæge sig ud af undervisningslokalet.

## Referencer


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)*, s. 23-37.

Bong, M., Lee, S.K. & Woo, Y.-K. (2015). The Roles of Interest and Self-Efficacy in the Decision to Pursue Mathematics and Science. Kapitel 2 i: A. Renninger, M. Nieswandt & S. Hidi (red.), *Interest in Mathematics and Science Learning*. American Educational Research Association.

BUVM (2022). *Fælles udvikling af matematik – ekspertgruppe for matematik*. Børne- og Undervisningsministeriet. https://www.uvm.dk/-/media/filer/uvm/aktuelt/pdf22/sep/220919-rapport-faelles-udvikling-af-matematik.pdf.

Christensen, B.K. (2018). FYMA – om integration af to fag. *MONA, 2018(3)*.

Horst, S. & Laursen, K.B. (2022). Hvordan kan STEM-undervisning håndteres? *MONA, 2022(2)*.

Hjort, M.F., Kristensen, M.L.A., Larsen, D.M. & Seidelin, L. (2022). STEM-didaktik – et internationalt, systematisk review om STEM-undervisningens didaktik. *MONA, 2022(1)*.

Kurt, K. & Pehlivan, M. (2013). Integrated Programs for Science and Mathematics: Review of Related Literature. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology, 1(2)*, s. 116-121.

Lederman, N.G. & Niess, M.L. (1997). Integrated, Interdisciplinary, or Thematic Instruction? *School Science and Mathematics*, *97(2)*, s. 57-58.

Loning, R.A. & DeFranco, T.C. (1997). Integration of Science and Mathematics: A Theoretical Model. *School Science and Mathematics*, *94(2)*, s. 212-215.

Schnack, K. (1997). Hvorfor tværfaglighed? I: B. Knudsen & S. Larsen (red.), *Tværfaglighed på vej*. Alinea.

Ulriksen, L., Murning, S. & Ebbensgaard, A.B. (2009). *Når gymnasiet er en fremmed verden*. Samfundslitteratur.




116885_mona_04-2022_.indd 86 09-11-2022 13:22:19

# M'et i STEM i spil på talentlinje på Absalon



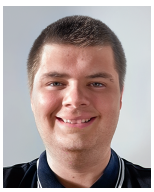
John Andersson, Absalon



Mikael Scheby, Absalon



Lars Bo Kinnerup, Absalon



Andreas Hemmingsen, Absalon

**Abstract:** *På læreruddannelsen i Vordingborg (Professionshøjskolen Absalon) har vi på lærerprofilen SciTek arbejdet med STEM-udfordringer. I denne artikel fokuserer vi på hvordan matematiske kompetencer har været i spil i forbindelse med sådanne udfordringer. Erfaringerne viser at det bestemt kan fungere, men også at STEM-undervisning ikke blot er måder at gøre ting på, men noget der kræver sit eget indhold – og dermed tid og kræfter i undervisningen – for at lykkes tilfredsstillende.*

## M'et i STEM i spil på talentlinje på Absalon

På læreruddannelsen i Vordingborg udbydes en profillinje, kaldet SciTek. Studerende med undervisningsfag i matematik og et selvvalgt naturfag har mulighed for at følge denne særlige linje. Absalon er den eneste læreruddannelse i Danmark der tilbyder uddannelsen.

Formålet med SciTek-profillinjen er netop at skabe lærere med stor faglig viden og praktisk erfaring inden for matematik, science og teknologi så der uddannes lærere som er gode til at stimulere elevernes læring og få dem til at engagere sig i udfordringer og problemstillinger som involverer brug af matematiske og naturfaglige kompetencer.

I samarbejdet med grundskoler får de lærerstuderende mulighed for at afprøve om deres nye idéer til undervisning i STEM fungerer i praksis. Det er vigtigt at vide om deres idéer kan skabe interesse og motivation hos almindelige skoleelever.

Lektionerne på SciTek-profillinjen former sig i høj grad som en teknologisk legestue hvor de studerende får lejlighed til selv at bygge og designe med det formål at løse



116885_mona_04-2022_.indd 87 09-11-2022 13:22:21

aktuelle problemstillinger. Alt sammen med udgangspunkt i deres viden om matematik og naturfag. Det er tværfagligheden og værkstedstanken der er fremherskende.

## *Sådan er profillinjen opbygget*

### SciTek-profillinjens struktur

SciTek-profillinjen udbydes i medfør af talentbekendtgørelsen, dvs. at studerende ved at gøre en ekstra indsats, altså ud over de normerede 240 ECTS-point, kan erhverve titlen SciTek-lærer. Fagkombinationen på SciTek-profillinjen er matematik (obligatorisk), et af de tre naturfag i overbygningen (obligatorisk) samt et valgfrit undervisningsfag. Derudover er der et værkstedsbånd (én position med fire lektioner pr. uge), hvor der er dels oplæg, dels projektforløb samt kurser af forskellig art (se tabel nedenfor).

**Tabel 1.** *Oversigt over SciTek-profillinjen på læreruddannelsen.*

| *1. semester Efterår* | *2. semester Forår* | *3. semester Efterår* | *4. semester Forår* | *5. semester Efterår* | *6. semester Forår* | *7. semester Efterår* | *8. semester Forår* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| LG/PL/KLM | | | LG/PL | | LG/PL | | LG |
| **Matematik** 4-10 10 ECTS | **Matematik** 4-10 10 ECTS | **Matematik** 4-10 10 ECTS | **Matematik** 4-10 10 ECTS | | | | |
| | | **Valgfrit naturfag, udskoling** 10 ECTS | **Valgfrit naturfag, udskoling** 10 ECTS | **Valgfrit naturfag, udskoling** 10 ECTS | | | |
| | | | | **Valgfrit** undervisningsfag 10 ECTS | **Valgfrit** undervisningsfag 10 ECTS | **Valgfrit** undervisningsfag 10 ECTS | |
| | **Specialiseringsmodul** 10 ECTS **Teknologiforståelse eller Playful Learning** | | | | **Specialiseringsmodul** 10 ECTS **Valgfrit** | | **Specialiseringsmodul** 10 ECTS **Valgfrit** |
| | | **Praktik** 10 ECTS **SciTek profilskole** | | **Praktik** 10 ECTS **Valgfri** | | **Praktik** 10 ECTS **SciTek profilskole** | |
| | **SciTek værkstedbånd med 5 ECTS pr semester + 2 ECTS til portfolioeksamen 1. Teknologi 2. Engineering 3. Talentvejledning 4. Modellering 5. STEM-projekt med inddragelse af data 6. Afslutningsprojekt** | | | | | | |
| | | | **PRØVE** | | **PRØVE** | | **PRØVE** |
| | | | | | | **Bachelor 1** 10 ECTS | **Bachelor 2 SciTek** 10 ECTS – **PRØVE** |

Rekruttering til SciTek-profillinjen sker i løbet af første semester, og SciTek-profilen udvikles over de følgende seks semestre. Den studerende dokumenterer løbende sit arbejde i sin portfolio, og forløbet afsluttes med en portfolioeksamen hvor den studerende har reflekteret over udvalgte dele af sit forløb som præsenteres.



116885_mona_04-2022_.indd 88 09-11-2022 13:22:23

## Hvad består profillinjen SciTek af?

Ud over de generelle krav til lærerstuderende stiller SciTek-profillinjen disse krav:

- Valg og gennemførelse af undervisningsfaget matematik (4.-10. klasse) foruden valg af mindst ét af de naturvidenskabelige undervisningsfag: biologi, fysik/kemi, geografi.
- Gennemførelse af to praktikforløb på særlig udvalgte skoler der satser på undervisning i teknologi og/eller naturvidenskabelige fag.
- Gennemførelse af specialiseringsmodulet teknologi og engineering foruden design og programmering eller teknologiforståelse.
- Gennemførelse af det særlige projektforløb kaldet værkstedsbåndet (på 30 ECTS-point). Det forløber over seks semestre, og det giver mulighed for at få erfaring med at knytte undervisningsfag sammen i tværfaglige og problemorienterede faglige fællesskaber. Der er en-to værksteds-positioner pr. semester (5 ECTS-point, ca. ½ mødedag/uge). Der er praksistilknytning i alle værkstedsbånds-moduler.
- Værkstedsbåndet afsluttes med en særlig portfolioprøve som er en forudsætning for at talentforløbet er vellykket gennemført. Den studerende dokumenterer sit arbejde og sin udvikling gennem en portfolio.
- Gennemførelse af talentvejlederforløb.
- Deltagelse i studieture samt arrangering af og deltagelse i STEM-forløb.

På værkstedsbåndet arbejdes der med seks tematiseringer med følgende færdigheds- og vidensmål (tabel 2):

**Tabel 2.** *Værkstedsbåndets seks tematiseringer.*

| Tema | Færdighedsmål | Vidensmål |
|---|---|---|
| Teknologi (FS) | Den studerende kan selvstændigt sætte sig ind i analoge såvel som digitale teknologier. | Den studerende har viden om hvordan forskellige teknologier fungerer hver for sig og forbundet – bl.a. via blokprogrammering. |
| Engineering | Den studerende kan anvende matematik og naturfag i løsningen af konkrete og praktiske problemstillinger (engineering). | Den studerende har viden om hvad der kendetegner en engineering-proces, og hvordan både matematik og naturfag kan bidrage til at designe løsninger til problematikker fra hverdagen. |



116885_mona_04-2022_.indd 89 09-11-2022 13:22:24

| | | |
|---|---|---|
| Talentvejledning | Den studerende kan gennemføre talentpleje. | Den studerende har viden om hvordan elever med særligt talent og særlig interesse for teknologi og engineering kan spottes og udfordres fagligt. |
| Modellering | a) Den studerende kan i tværgående sammenhænge anvende forskellige forståelser af modellering alene og i samspil.<br>b) Den studerende kan anvende elementer af computational thinking.<br>c) Den studerende kan motivere elever til at beskæftige sig med teknologi og engineering. | a) Den studerende har viden om matematiks og naturfags forståelse af begrebet modellering.<br>b) Den studerende har viden om de tankeprocesser der kendetegner computational thinking – herunder de begreber og tilgange som vægter en eksperimenterende og logisk fremadskridende proces med plads til fejl og ændringer.<br>c) Den studerende har viden om hvordan folkeskolens fag (særligt matematik og naturfag) kan inddrage teknologi og engineering så eleverne deltager nysgerrigt og undersøgende i undervisningen. |
| STEM-projekt med inddragelse af data | a) Den studerende kan anvende flere fagligheder til problemløsning i samarbejde med andre.<br>b) Den studerende kan planlægge, udvikle, gennemføre og evaluere STEM-undervisningsforløb i skolen. | a) Den studerende har viden om matematik og naturfag og om hvordan fagene kan supplere hinanden i problemløsende og undersøgende arbejde.<br>b) Den studerende har viden om hvordan der kan tilrettelægges og efterbehandles undervisningsforløb målrettet 4.-10. klasse i STEM-regi. |
| Afslutningsprojekt og portfolioeksamen | a) Den studerende kan planlægge, udvikle, gennemføre og evaluere STEM-undervisningsforløb i skolen.<br>b) Den studerende kan anvende flere fagligheder til problemløsning i samarbejde med andre.<br>c) Den studerende kan tage kritisk stilling til og handle i forhold til bæredygtig anvendelse af teknologi og engineering. | a) Den studerende har viden om hvordan der kan tilrettelægges og efterbehandles undervisningsforløb målrettet 4.-10. klasse i STEM-regi.<br>b) Den studerende har viden om matematik og naturfag og om hvordan fagene kan supplere hinanden i problemløsende og undersøgende arbejde.<br>c) Den studerende har viden om interessekonflikter i forbindelse med anvendelse af teknologi og engineering i såvel skolen som samfundet. |

I værkstedsbåndet indgår eksplicit brug af matematiske kompetencer i to af temaerne sammen med teknologi og engineering, med primært fokus på problembehandlings-, modellerings- og hjælpemiddelkompetencen. Se en nærmere uddybning i afsnittet



116885_mona_04-2022_.indd 90 09-11-2022 13:22:26

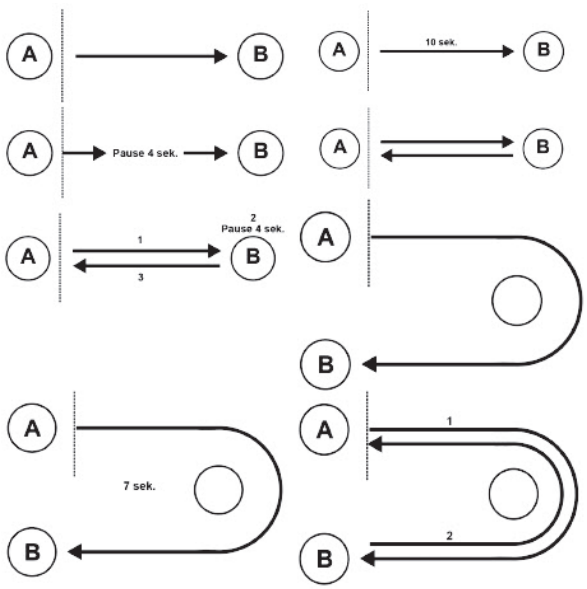
"matematiske kompetencer i LEGO Mindstorms-forløbet". I de øvrige temaer, på nær forløbet Talentvejledning, indgår de matematiske kompetencer implicit i den måde der arbejdes på – og derfor mener vi at M'et i STEM er i spil på talentlinjen. Et eksempel på dette kan ses i et undervisningsforløb nogle studerende har planlagt for 6./7. klassetrin. Tekst i kursiv er studerendes tekster.

## Et undervisningsforløb – matematik med LEGO Mindstorms

*Undervisningens fokus var at udføre teknologifokuseret undervisning som skulle fremhæve M'et i en STEM-undervisning.*

*Undervisningen blev derfor planlagt med disse mål for øje:*

1. *Matematikken skal være i centrum fra starten af undervisningen.*
2. *Der skal være en progressiv fremgang.*
3. *Eleverne skal motiveres til at deltage, og målet er at eleverne selv kan se at de har brugt matematik til at løse opgaverne.*
4. *Eksempler på elevmål:*
5. *Eleven kan justere programmering af sin LEGO Mindstorms-robot til succesfuldt at udføre aktivitetens øvelser.*
6. *Eleven kan løse konkrete problemer ud fra en øvelsesbeskrivelse.*




**Figur 1.** *Blokprogrammering af en LEGO Mindstorms-robot.*



116885_mona_04-2022_.indd 91 09-11-2022 13:22:28

*Øvelse 1: Få køretøjet til at køre fra A til B – underviseren bestemmer hvor lang den distance er.*
*Øvelse 2: Få køretøjet til at køre fra A til B på præcis 10 sekunder.*
*Øvelse 3: Få køretøjet til at køre fra A, holde en pause på præcis 4 sekunder og køre videre til B.*
*Øvelse 4: Få køretøjet til at køre fra A til B og baglæns tilbage til A igen.*
*Øvelse 5: Få køretøjet til at køre fra A til B, holde en pause på præcis 4 sekunder og derefter køre baglæns tilbage til A.*
*Øvelse 6: Få køretøjet til at køre hen forbi udfordringen mellem A og B.*
*Øvelse 7: Få køretøjet til at køre fra A, forbi udfordringen og hen til B på præcis 7 sekunder.*
*Øvelse 8: Få køretøjet til at køre fra A, hen forbi udfordringen, videre til B og tilbage til A igen.*

De studerendes refleksioner over undervisningen var fx:
*Som beskrevet i vores undervisningsplan gik undervisningen ud på at eleverne skulle "lære" matematik ved at udføre øvelserne og opgaverne med LEGO Mindstorms. Disse opgavestrukturer ser eleverne igennem deres matematikbøger, og disse opgavetyper er også ofte forekommet i 9. klasses afgangseksamenssæt i den skriftlige prøve. Dette er en redidaktiseret måde at undervise problemløsningskompetencen til eleverne på. I stedet for at de får en skriftlig opgave, så vender vi det på hovedet og gør det på en anden måde. Havde vi haft mere tid med eleverne, kunne vi have bygget dette aspekt oven på opgaverne for at viderebygge elevernes problemløsningskompetence samt symbol- og formalismekompetence, hvor sidstnævnte handler om at kunne håndtere matematisk symbolsprog og kunne afkode matematisk formelsprog.*

*Generelt var de fleste af eleverne i undervisningen med og løste opgaverne uden de store indskydelser fra underviserne, og den motivation de havde for at løse disse opgaver, ville vi gerne viderebringe over i deres normale matematikundervisning.*

De studerendes forslag, efter gennemført undervisning, til yderligere at styrke M'et i deres forløb var følgende:
*Et forslag til redidaktisering af forløbet, så de matematiske kompetencer kommer endnu mere til syne, kunne være at opstille alternative krav til afstande og hastigheder der gør at eleverne skal regne aktivt i et større omfang. En fortsættelse af et af grundelementerne i opgaven ville være at åbne op for opgaverne. Lige nu er opgavestrukturen lukket, og den giver ikke eleverne mange valgmuligheder. Denne opgaveåbning kunne komme i form af at eleverne selv skal bygge deres enheder og bruge sensorer i form af farve, lys eller tryksensorer til at løse opgaverne. Dette ville også kunne bruges til at styrke elevernes kreative kompetence fra både matematik og andre fag. Ved at give eleverne*

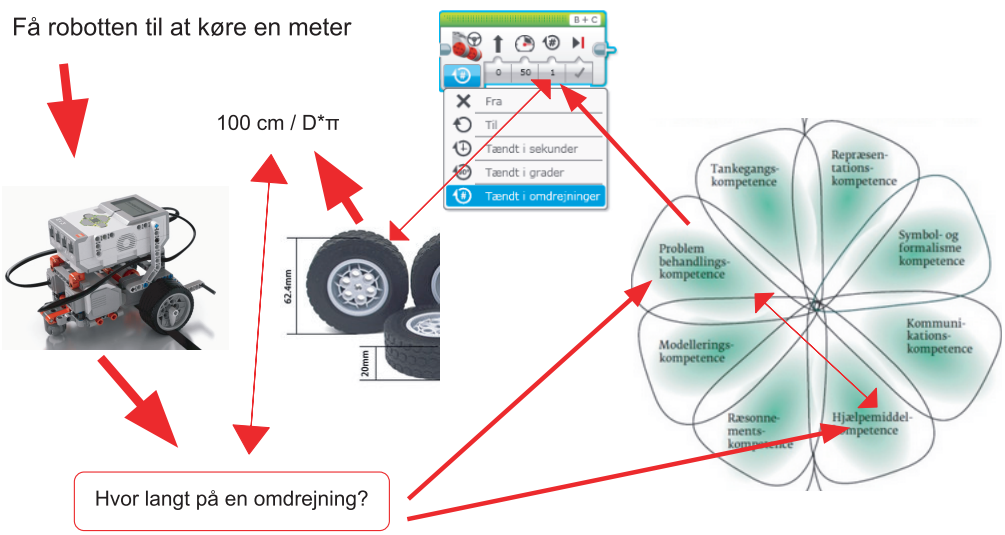


116885_mona_04-2022_.indd 92 09-11-2022 13:22:30

*mere frihed og medbestemmelse i opgavestrukturen ville vi igen kunne fokusere mere på eleverne individuelt og give dem stillede udfordringer, fx efter sværhedsgrad.*

## *Matematiske kompetencer i LEGO Mindstorms-forløbet*

I SciTek-forløbet på læreruddannelsen i Vordingborg har vi målrettet arbejdet imod en kompetencetænkning hvor de faglige kompetencer kommer i spil gennem tværgående forløb (STEM) i samarbejde med forskellige skoler i Region Sjælland. Matematiske kompetencer handler om at kunne bruge sin viden og sine færdigheder inden for matematik i forskellige situationer både i faget (fagfagligt) og i samarbejde med andre fag (tværfagligt). I et LEGO Mindstorms-forløb som det her skitserede bliver eleverne udfordret på deres matematiske kompetencer når de skal problemløse ved at få en robot til at bevæge sig på bestemte måder. Når eleverne arbejder med matematiske færdigheder som fx multiplikation og division, lærer de selvfølgelig færdigheden isoleret set. For at kunne bruge færdigheden i en problemløsende kontekst skal eleverne have forståelse for problemløsning, som man kan kalde en "overkompetence" i denne sammenhæng, men også for en del af de andre matematiske kompetencer som skal kunne aktiveres af den problemløsende kontekst. Hvis vi kigger på LEGO Mindstorms-eksemplet med at få sin robot til at bevæge sig præcis en meter og kun få mulighed for at afprøve det fx to gange, kræver det at eleverne kan forstå sammenhængen mellem hjulets diameter og den programmeringssekvens som de skal sende til robotten for at aktivere motorerne (se figur 2).




**Figur 2.** *Matematiske kompetencer i LEGO Mindstorms-forløbet.*



116885_mona_04-2022_.indd 93 09-11-2022 13:22:31

Færdighederne multiplikation og division kan i denne sammenhæng betragtes som hjælpemidler til at løse udfordringen med at få robotten til at bevæge sig en meter. De fleste elever kan multiplicere og dividere, men det er ikke alle elever som kan trække på færdighederne som et hjælpemiddel i en konkret problemløsning. De fleste elever kan ved trial and error-metoden sagtens arbejde sig frem til en løsning, men at skulle gøre det med kun en enkelt testkørsel er noget helt andet og noget som elever måske i større omfang bør udsættes for. Ved trial and error-metoden kan eleverne uden at tænke nærmere over diameteren på hjulet altså løse udfordringen, men spørgsmålet er så hvor mange matematiske færdigheder/kompetencer eleverne arbejder med i den sammenhæng.

Hele omdrejningspunktet med M'et i STEM er hvordan matematik som fag benyttes i tværfaglige sammenhænge mellem science, teknologi og engineering. Matematiske kompetencer i arbejdet med robotter er i mange tilfælde bærende for den tværfaglige forståelse og altså ikke bare en færdighed i at lave et søjlediagram eller lignende, som mange sikkert kan nikke genkendende til gennem masser af eksempler på temadage i grundskolen.

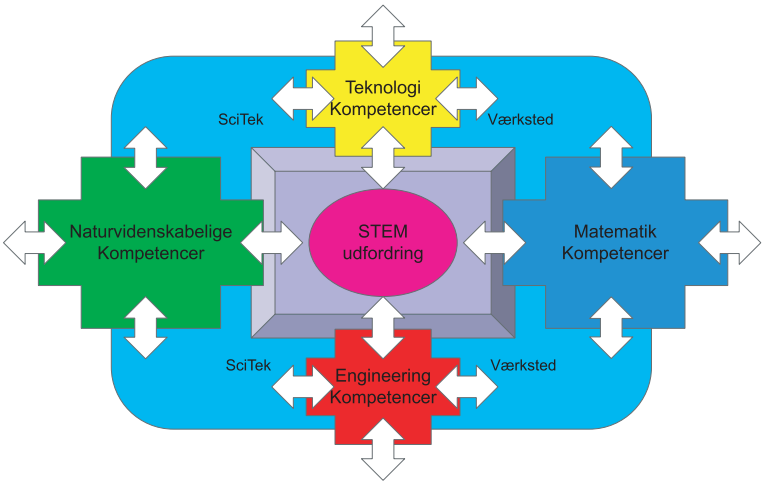
## *Om forholdet mellem faglighed og tværfaglighed på SciTek-profillinjen*

På samme måde som de matematiske kompetencer indbyrdes er sammenhængende og derfor udvikles i samspil i matematikundervisningen, hviler udviklingen af de kompetencer der udvikles gennem STEM-udfordringer på SciTek-profillinjen, på et samspil mellem teknologi-, engineering-, matematik- og naturfagskompetencer. Sagt på en anden måde: Det er vores opfattelse at det er vigtigt med 'fagtårne' (teknologi, engineering, matematik og naturfag), men også afgørende vigtigt at kompetenceudviklingen i fagtårnene alignes, og at STEM-udfordringerne matcher niveauet i kompetenceudviklingen i fagene (se figur 3). De studerende har gennem SciTek-forløbet udviklet kompetencer inden for teknologi og engineering som har været nødvendige for at lykkes med STEM-udfordringerne. I andre STEM-udfordringer end de ovenfor beskrevne har også fx naturfaglig modellering været en del af udfordringen. Det har fx været i forbindelse med afprøvning af lysets indvirkning på biomasseproduktion (drivhusteknologi) eller computersimulering af et økosystem på savannen.

SciTek-værkstedet har fungeret som den 'tumleplads' hvor de studerende har kunnet bringe deres faglige kompetencer i spil, og udfordringen har været at aligne teknologi- og engineering-kompetencerne og de faglige kompetencer så et frugtbart samspil har kunnet komme i stand. De studerende har i deres praksisforløb oplevet lignende udfordringer.

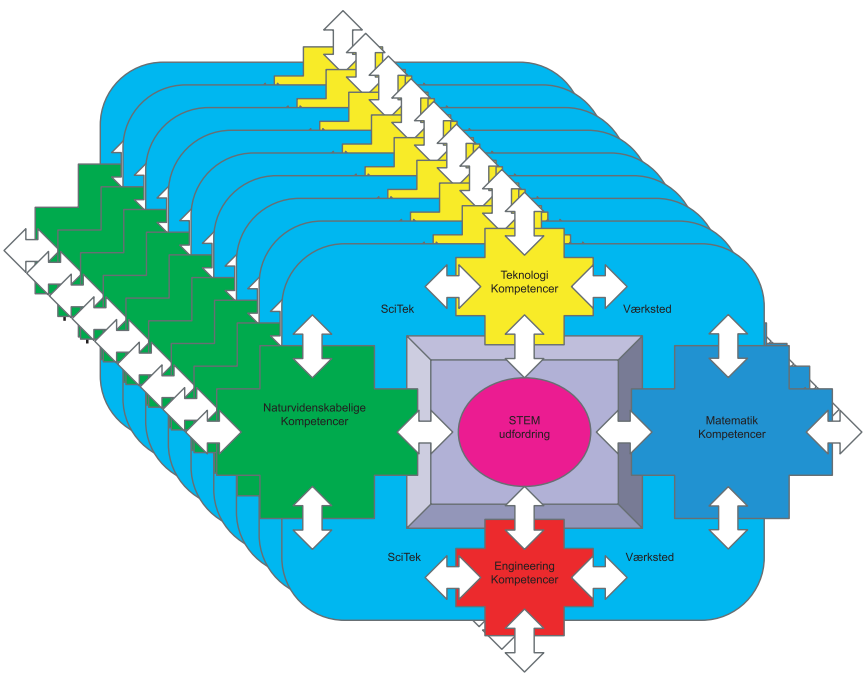


116885_mona_04-2022_.indd 94 09-11-2022 13:22:33




**Figur 3.** *STEM-udfordringen i forhold til faglighed og tværfaglighed på SciTek-profillinjen.*

Niveauet i STEM-udfordringerne skal matche niveauet i fagtårnene, dvs. at undervisning i de dele der ikke undervises i i fagene, altså teknologi og engineering, skal udvikles i værkstedet så niveauet matcher det faglige niveau i fagene. Figur 4 illustrerer at de fire fagtårne, engineering, teknologi, naturfag og matematik, udvikles sideløbende og i værkstedet for at STEM-udfordringerne matcher de studerendes kompetencer.




**Figur 4.** *STEM-udfordringens niveau i forhold til fagtårne-niveauet på SciTek-profillinjen.*



116885_mona_04-2022_.indd 95 09-11-2022 13:22:35

For os har dette åbnet vores øjne for at også det formaliserede fællesfaglige samarbejde mellem naturfagene burde have en tydelig 'tumleplads' a la værkstedsbåndet, altså noget der ligger uden for og imellem fagene, for at understrege vigtigheden af fagfaglighed.

Ligeledes kunne et tættere samarbejde mellem naturfagene og matematik stimuleres ved at indføre den oprindelige naturfaglige kompetence, repræsentationskompetencen, i Fælles Mål for naturfagene, da en naturlig samarbejdsflade således ville opstå til gavn for begge fagområder og sandsynligvis også til gavn for elevernes kompetenceudvikling.



116885_mona_04-2022_.indd 96 09-11-2022 13:22:37

# Lektionsstudier på læreruddannelsen som lærerfaglig udvikling



Mia Jürgensen, Københavns Professionshøjskole

## Indledning

Til dette års Big Bang-konference havde jeg fornøjelsen af, sammen med en studerende, at holde et oplæg om et forløb på læreruddannelsen. Dette indlæg er en beskrivelse af dette forløb på læreruddannelsen hvor de studerende har udviklet, afprøvet og justeret tværfaglige lektioner inden for biologi og matematik. Forløbet havde til formål at de studerende skulle danne hypotese om en undervisningslektion, afprøve lektionen og dermed hypoteserne og justere lektionen og prøve igen. Denne proces kunne fortsættes flere gange, men vi nåede kun af justere og lave en ekstra afprøvning.

## Forberedelse på læreruddannelsen

De studerende havde i efteråret 2021 et tværfagligt modul med fagene biologi, geografi, fysik/kemi og matematik. ASTE-linjen på læreruddannelsen giver de studerende disse fire fag som linjefag.

Modulet blev afsluttet med et lektionsstudieforløb hvor vi tog udgangspunkt i en lektionsstudieramme fra *Lektionsstudiebogen* (Kaas et al., 2017, s. 12) der tager udgangspunkt i fælles planlægning efterfulgt af afprøvning og fælles refleksion. Denne proces kan så gentages flere gange.

De studerende skulle altså planlægge lektionen sammen. Dette blev der afsat tid til i undervisningen for at der skulle være tid til diskussioner, og for at sikre at de studerende ikke ville gå videre med den første idé, men løbende diskutere og overveje sammenhængen mellem faglige mål, aktivitet og rammesætning. Udgangspunktet



116885_mona_04-2022_.indd 97 09-11-2022 13:22:39

for lektionsstudierne er ofte et undersøgelsesspørgsmål (ibid.), men i dette forløb blev udgangspunktet mere et fagligt emne. Dette kunne imødekommes af en anden rammesætning fra min side.

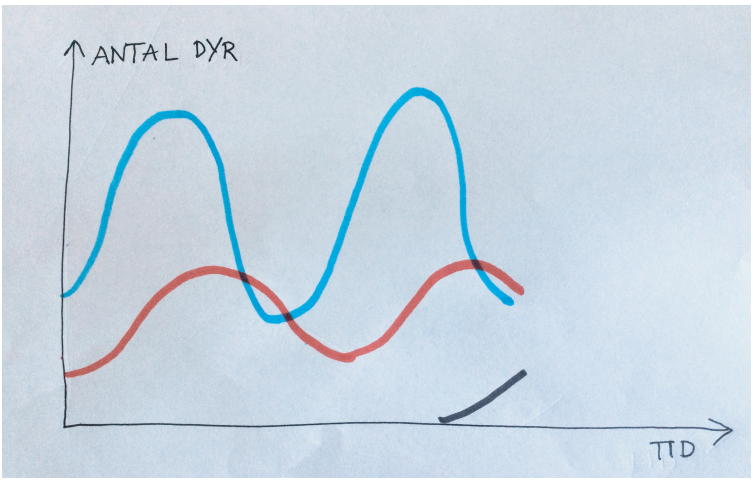
De studerende skulle udarbejde en undervisningslektion hvor matematik indgik sammen med et naturfag. Desuden var der et krav om at matematikken der indgik i lektionen, ikke var færdighedspræget, men var kompetenceorienteret (Højgaard, 2008) eller relationelt understøttende (Skemp, 1978). De studerende kunne altså ikke nøjes med at få eleverne til at udregne nogle andele eller rumfang ud fra angivne størrelser, men skulle indtænke mere eksperimenterende eller undersøgende elementer. De studerende kunne selv vælge hvilket naturfag de ville inddrage i deres lektion. Begge grupper valgte biologi, muligvis fordi undervisningen i idégenereringsfasen foregik i et biologilokale. Fx sad den ene gruppe lige ved siden af en stor model af en DNA-streng.

Denne ene gruppe styrede sig hurtigt ind på DNA og genetik kombineret med sandsynlighed. Gruppen snakkede om sandsynlighed for mutationer, men gik forholdsvis hurtigt over til nedarvning. Gruppen kom omkring arvelige sygdomme, mutationer, aminosyre, øjenfarve, pelsfarve og snudefarve på hunde. Gruppen diskuterede om de skulle arbejde med et gen eller to gener. Da rammen var én lektion, faldt valget på et gen, nemlig hundes nedarvning af pelsfarven. Denne lektion kaldte vi "Hund".

Den anden gruppe gik videre med den case vi havde arbejdet med, om biologisk vækst og matematisk vækst. Gruppen snakkede om logistisk vækst og sygdomsspredning, og dette blev konkretiseret i en fysisk model så eleverne kunne se sammenhængen mellem antal dage og antal smittede. Det var en form for drejeskive der skulle fungere sådan at tilfældige nye eller allerede smittede ville rammes. Drejeskiven drillede imidlertid lidt, og det blev afsæt for nye idéer. De studerende gik videre til at overveje sammenhængen mellem byttedyr og rovdyr. Her skulle eleverne afkode "historien" om antal byttedyr og rovdyr ud fra en graf, og herefter ville eleverne få at vide at der ville komme endnu et bytte- eller rovdyr, og at de skulle tegne hvordan de tre arter ville udvikle sig i antal. Lektionen kunne afsluttes med at eleverne viste og snakkede om deres forskellige forslag, og eksempler på autentiske udviklinger kunne vises og diskuteres i forhold til elevernes forslag.



116885_mona_04-2022_.indd 98 09-11-2022 13:22:41




**Figur 1.** *Sammenhængen mellem rovdyr (rød) og byttedyr (blå) samt en ny dyreart (sort). Eleverne skal selv tegne videre.*

Denne idé blev droppet igen, på trods af at vi undervisere syntes at den var yderst interessant. De studerende vendte tilbage til logistisk vækst, denne gang i forhold til det biologiske fagområde celledeling. For at tage udgangspunkt i noget eleverne kunne forholde sig til, valgte gruppen at lade aktiviteten handle om at bage en bolledej. Denne lektion kaldte vi "Gær".

Jeg lister de studerendes mange idéer op for at vise hvor mange faglige aktiviteter de studerende fik diskuteret, formuleret og diskuteret igen. Nogle af dem kan måske samles op en anden gang, det vil jeg i hvert fald selv gøre.

Begge lektioner blev planlagt til en 8. klasse, men de studerende kendte ikke eleverne, og det gav nogle udfordringer i forhold til at planlægge rammesætningen og at danne hypoteser om elevernes tegn på læring.

## Afprøvning på skole

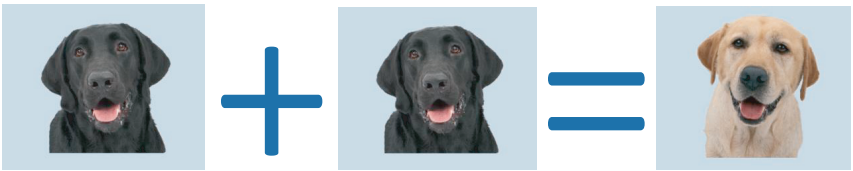
Afprøvningen foregik på en skole i Københavnsområdet. Vi besøgte to 8.-klasser på to på hinanden følgende mandage i 90 minutter. Jeg havde foreslået at vi afprøvede den ene lektion den første mandag og den anden den anden mandag. De studerende var dog opsatte på at få lov at afprøve, justere og så afprøve igen. Derfor aftalte vi at de studerende skulle planlægge lektioner på 45 minutter så begge lektioner kunne afprøves to gange.

Til hver afprøvning var der fire studerende, klassens lærer og undertegnede, der observerede, samtidig med at to studerende afviklede undervisningen. Vi oplevede meget engagerede elever der venligt accepterede en observatør ved deres borde.



116885_mona_04-2022_.indd 99 09-11-2022 13:22:43

# Arvelighed



## Del 1

I skal undersøge hvilken farve hvalpe jeres hunde får.

I skal trække én centicube ad gangen fra hver jeres pose. Den kombination der trækker skal noteres i skemaet. Hver centicube repræsenter et gen.

Lav 20 træk.

Vær opmærksom på ikke at bytte rundt på centicubes mellem poserne. I hver pose er der én brun og én gul.

### Skema 1:_____

| | Hund 1 | | |
|---|---|---|---|
| Hund 2 | | Brun (B) | Lys (l) |
| | Brun (B) | | |
| | lys (l) | | |

### Skema 2:_____

| Brun pels | Lys pels |
|---|---|
| | |

**Figur 2a.** *Arbejdskort til "Hund"-lektionen (to sider).*



116885_mona_04-2022_.indd 100 09-11-2022 13:22:45

## Skema 1:

Beregn sandsynligheden for de forskellige udfald fra jeres undersøgelse ovenfor:

Hvad er sandsynligheden for Brun-Brun?_____

Hvad er sandsynligheden for Brun-lys?_____

Hvad er sandsynligheden for lys-Brun?_____

Hvad er sandsynligheden for lys-lys?_____

## Skema 2:

Beregn sandsynlighed for fænotyperne fra jeres egen undersøgelse:

Hvad er sandsynligheden for at få en brun hvalp? _____

Hvad er sandsynligheden for at få en lys hvalp? _____

**Er procent fordelingen i skema 2 forskellig? Hvorfor? (Hint: hvad viser skema 1?)**

### Del 2: Teoretiske sandsynligheder

Hvis I gentager forsøget 100 gange, hvordan vil I forvente at fordelingerne er?

Hint: Hvis man trækker centicubes 100 gange- svarende 100 nyfødte hundehvalpe

Skriv den teoretiske sandsynlighed for genotypen i skemaet nedenunder:

| | Hund 1 | | |
|---|---|---|---|
| Hund 2 | | Brun | lys |
| | Brun | | |
| | lys | | |

**Hvor mange hunde har ud fra jeres teoretiske beregning brun pels og lys pels?**

| Brun pels | Lys pels |
|---|---|
| | |

**Stemmer disse resultater overens med jeres undersøgelser?**

**Figur 2b.** *Arbejdskort til "Hund"-lektionen (to sider).*



116885_mona_04-2022_.indd 101 09-11-2022 13:22:46

## *Kort beskrivelse af lektionerne*

Der var forskel på lektionerne i første og anden afprøvning. Dette afsnit vil i høj grad beskrive hvordan lektionerne kom til at se ud ved anden afprøvning.

"Hund"-lektionens faglige pointer var inden for følgende faglige emner: stikprøver, statistisk og teoretisk sandsynlighed, tilfældigheden af hvilket gen der gives videre fra forældre, betydning af recessive og dominante gener samt oversættelse fra genotype til fænotype. Lektionen var opbygget af en iscenesættelse, en elevaktivitet og en fælles opsamling. Iscenesættelsen bestod i at gå i dialog med eleverne om "arvelighed". På det ene hold nævnte en elev at man kan arve nogle ting fra en bedsteforælder. Det førte til at de studerende der underviste, kunne anerkende inputtet og samtidig skærpe hvilken form for arvelighed de skulle arbejde med i denne time. Desuden demonstrerede de to studerende der underviste, hvordan de stikprøver som eleverne kort efter skulle lave, skulle udføres og noteres. Eleverne skulle gå i grupper a tre hvor de fik udleveret arbejdskort og to poser med en gul og en brun centicube i hver. Hver stikprøve repræsenterer en hvalp der kan blive gul eller brun. Brun er det dominerende gen, så en hvalp der trækkes som BB, BG eller GB, vil blive brun, mens hvalpe der trækkes som GG, bliver gule.

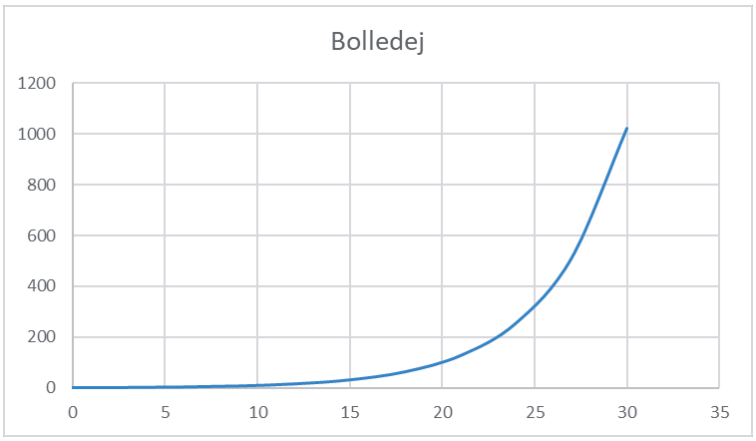
Eleverne skulle lave stikprøver, regne de teoretiske sandsynligheder ud og til sidst sammenligne de to. Opsamlingen bestod i høj grad af at samle alle gruppernes stikprøveresultater (hvor mange gule og brune hvalpe der var i deres 20 stikprøver), lægge dem sammen og få snakket med eleverne om variationen mellem gruppernes stikprøver og sammenligne dem med den samlede fordeling og de teoretiske sandsynligheder. Dette er helt centralt i forhold til de matematikfaglige pointer og kræver derfor omhu. Desuden ville de studerende gerne anerkende elevernes arbejde og resultater og prioriterede derfor at bruge tid på at eleverne på skift opremsede deres stikprøvefordeling.

"Gær"-lektionens faglige pointer var inden for de faglige områder om cellevækst og mitose samt viden om at eksponentiel vækst ikke kan fortsætte i virkeligheden. De to blev kombineret ved at eleverne skulle lave grafer over cellevæksten i en bolledej. Som ved "Hund"-lektionen blev der startet med en iscenesættelse hvor de studerende spurgte til elevernes erfaringer med at bage boller. Mitose blev gennemgået på tavlen, og ved at gå i dialog med eleverne fik eleverne budt ind med "fordobling". Dermed var banen kridtet op for at arbejdskort kunne blive udleveret til eleverne.



116885_mona_04-2022_.indd 102 09-11-2022 13:22:48

En bolledej er sat til hævning under gode forhold i 30 minutter. Dejen indeholder 1 gærcelle i starten. Herunder kan I se udviklingen for gærcellerne.




| **Tid (minutter)** | 0 | 3 | 6 | 9 | 12 | 15 | 18 | 21 | 24 | 27 | 30 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Antal gærceller** | 1 | 2 | 4 | 8 | 16 | 32 | 64 | 128 | 256 | 512 | 1024 |

1. Hvad er gode forhold for gærceller?

2. Hvilken udvikling har grafen?

3. Hvad fortæller grafen om bolledejen?

4. Hvordan vil grafen se ud efter et døgn? (Tegn en ny graf på næste side)

5. Begrund hvorfor I har valgt netop denne udvikling?

**Figur 3a.** *Arbejdskort til "Gær"-lektionen (to sider).*

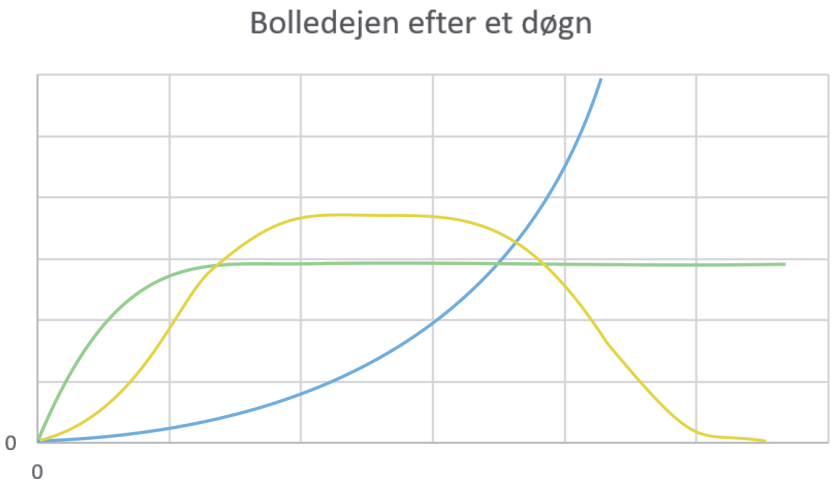


116885_mona_04-2022_.indd 103 09-11-2022 13:22:50




**Figur 3b.** *Arbejdskort til "Gær"-lektionen (to sider).*

Opsamlingen bestod i en gennemgang af elevernes svar. Flere elever kom til tavlen for at vise hvordan de ville fremskrive grafen med antallet af gærceller.




**Figur 4.** *Forskellige bud på udviklingen i antallet af gærceller i løbet af et døgn.*

## Refleksioner og justeringer af lektionerne

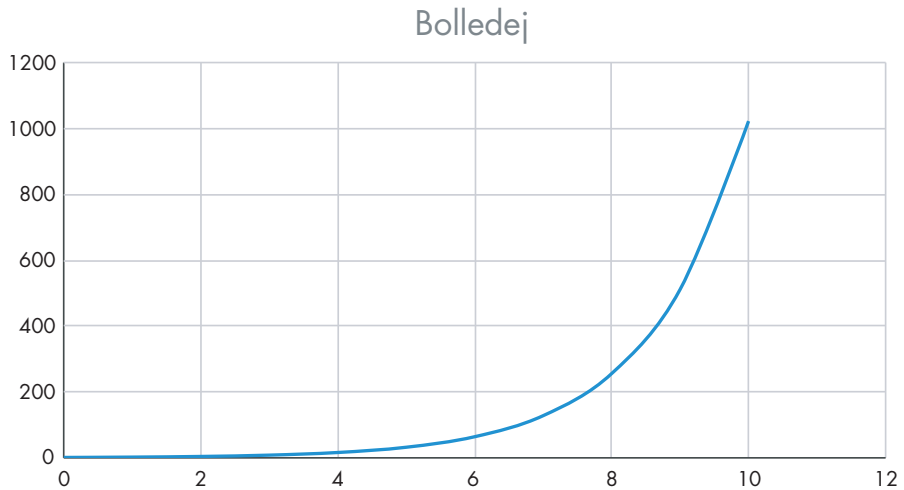
I "Hund"-lektionen skete der mindre ændringer i opgaveformuleringen for at præcisere over for eleverne hvornår de skulle bruge deres stikprøvefordeling og oversætte den til procenter, og hvornår de skulle bestemme de kombinatoriske eller teoretiske sandsynligheder. Derudover var ændringerne især rettet mod opstarten og opsamlingen.



116885_mona_04-2022_.indd 104 09-11-2022 13:22:52

"Gær"-lektionen indeholdt flere benspænd for eleverne ved første afprøvning. Nogle af disse var skjult i oplægget, fx at tidsbeskrivelsen og x-aksen ikke passede sammen.

En bolledejer sat til hævningunder gode forhold i 30 minutter. Dejen indeholder 1 gærcelle istarten.
Herunder kan Ise udviklingen for gærcellerne.




| Tid | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Antal gærceller | 1 | 2 | 4 | 8 | 16 | 32 | 64 | 128 | 256 | 512 | 1024 |

**Figur 5.** *Indledning på arbejdskortet ved første afprøvning af "Gær"-lektionen.*

Desuden lagde opgaverne op til at eleverne skulle både beskrive den eksponentielle udvikling og skitsere hvordan antallet af celler ville vokse fremadrettet.

Første afprøvning af "Gær"-lektionen viste at de benspænd der var lagt ind i opgaven til eleverne, stak i forskellige retninger, og derfor valgte gruppen at stramme fokus på gode forhold for mitose og skitsering af cellernes udvikling over længere tid, her et døgn.

De to lektioner var forskellige hvad angår åbenhed. Hvor "Gær"-lektionen var meget åben, var "Hund"-lektionen mere styret. Det var nok hovedårsagen til at "Gær"-lektionen tog kortere tid end forventet, da eleverne havde mulighed for at besvare spørgsmålene meget kort, fx observerede vi en gruppe elever svare på spørgsmålet "Hvad er gode forhold for gærceller?" med "Hviskestykke!". Der var en kort snak i gruppen, men det endte med at svaret var "Hviskestykke". Eleverne tog altså spørgsmålet alvorligt, og alligevel fik de ikke den faglige snak som de studerende havde håbet, men trak udelukkende på deres erfaringer. Forskellen hvad angår åbenhed, i de to lektioner gav anledning til snak på holdet om fordele og ulemper ved meget åbne spørgsmål og om hvad åbne spørgsmål kræver af lærerens styring af undervisningen eller rammesætning, fx ekstra delopsamlinger.



116885_mona_04-2022_.indd 105 09-11-2022 13:22:54

Vi observerede at eleverne virkede til at forsøge at afkode om opgaverne var matematikopgaver eller biologiopgaver. Dette observerede vi især i "Gær"-lektionen med åbne spørgsmål. Dette førte til en snak på holdet om hvilke forventninger til elevernes svar læreren kommunikerer. Altså kunne man eksplicit italesætte hvilken form for svar man som lærer ønsker, fx i forhold til gode forhold for gærceller? Ved den ene afprøvning var der en fælles snak i klassen om hvorfor et hviskestykke faktisk er med til at skabe gode forhold.

Første afprøvning gav, for begge lektioner, anledning til ændring af indledning og opsamling så de blev skærpet i forhold til formål og kom til at fylde mere i anden afprøvning. Vi observerede også ved anden afprøvning at når narrativet blev foldet mere ud og eleverne blev inddraget i en fælles snak om det, var det lettere for eleverne at veksle mellem de mere matematikfaglige og de mere biologifaglige spørgsmål. I "Hund"-lektionen blev trænings- og noteringsprocessen også demonstreret flere gange, og der blev brugt mere tid på opsamlingen, hvor de matematikfaglige pointer gerne skulle komme til udtryk.

## Lektionernes videre potentialer

Begge lektioner har potentiale til at udvides til forløb, faktisk var "Hund"-lektionen næsten ikke til at nå på 45 minutter.

I det følgende vil jeg beskrive en måde at udvide lektioner på.

"Gær"-lektionen kan med fordel bruges i forlængelse af forløb hvor man i matematik arbejder med eksponentielle udviklinger og grafhistorier, mens man i biologi arbejder mere udførligt med celler og celledeling. Hvis lærerne gerne vil arbejde med STEM, kan E'et fx være at konstruere en god brødhævningsmaskine.

"Hund"-lektionen behandler det komplekse emne stikprøver, der kan være svært for elever (Meletiou-Mavrotheris & Paparistodemou, 2015). Det at eleverne kan erfare at vi kan udregne sandsynlighederne, men alligevel få en anden fordeling i en stikprøve på 20, kan være med til at udvikle forståelsen af "stikprøver". Samtidig skal eleverne kunne se at den samlede fordeling af holdets stikprøver nærmer sig den teoretiske fordeling. Denne (delvise) erkendelse kan med fordel bruges videre i forløbet, hvor eleverne fx skal "trække hvalpe" fra poser hvor de ikke kender indholdet, og ud fra det forsøge at gætte posens indhold, svarende til hundens genotype. Eller hvor eleverne skal købe avlshunde ud fra viden om hundens tidligere to kuld for at skabe god fortsat avl, hvor nogle hvalpe med en bestemt pelsfarve kan sælges til en højere pris.



116885_mona_04-2022_.indd 106 09-11-2022 13:22:55

## Afslutning

Forløbet med lektionsstudier var det de studerende fremhævede mest positivt ved modulets evaluering. Ud over en (velbegrundet) stolthed over lektionerne viste forløbet hvordan fagenes faglige pointer (her biologi og matematik) kan understøtte hinanden. Lektionerne giver antydning af tværfaglige forløb hvor begge fags faglige pointer gavnes af samarbejdet.

Lektionsstudierammen gav en god struktur til at få gang i faglige diskussioner, til at få formuleret hypoteser om hvad eleverne egentlig kunne finde på at gøre, og til at udføre målrettede observationer og ikke mindst fælles faglige refleksioner.

Tak til Alexander, Dorte, Frederik, Jakob, Kasper og ikke mindst Nadia.

## Referencer

Højgaard, T. (2008). Kompetencer, færdigheder og evaluering. *Matematik, nr. 7*, s. 43-46.

Kaas, T., Kristiansen, H., Møller, H., Krog Skott, C. & Østergren-Olsen, D. (2017). *Lektionsstudiebogen.* Hans Reitzels Forlag.

Meletiou-Mavrotheris, M. & Paparistodemou, E. (2015). Developing Students' Reasoning about Samples and Sampling in the Context of Informal Inferences. *Educational Studies in Mathematics, 88*, s. 385-404.

Skemp, R.R. (1978). Relational Understanding and Instrumental Understanding. *The Arithmetic Teacher, 26(3)*, s. 9-15.



116885_mona_04-2022_.indd 107 09-11-2022 13:22:57

# I-STEM – en didaktisk model for integreret STEM-undervisning



Emilie Skaarup Bruhn, Den Innovative Naturfriskole



Simon Funch, Åben Virksomhed



Anne Kranker Jensen, Nørre Vedby Skole og Børnehus

## Introduktion

I disse år oplever vi et særligt politisk fokus på at styrke naturfagsundervisningen hvilket bl.a. kommer til udtryk gennem Naturfagsstrategien, Naturvidenskabens ABC samt den nye kandidatuddannelse i STEM-undervisning. Initiativerne peger alle mod en mere tværfaglig undervisning, især mellem naturfagene, men med STEM også koblingen til matematik, teknologi og engineering. Begrundelserne for mere tværfaglig og projektbaseret undervisning kan findes i at denne undervisning kan bidrage til elevernes almene dannelse (Michelsen, 2021), men også i elevernes øgede motivation der især fremmes af at eleverne oplever den virkelighedsnære undervisning som relevant og meningsfuld (STUK, 2020; Bowen & Petersen, 2019).

I *Litteraturstudium til arbejdet med en national naturvidenskabsstrategi* (Nielsen, 2017) fremhæves det at der er behov for viden om hvordan STEM-undervisning bedst kan rammesættes i en dansk kontekst. Michelsen (2021) argumenterer ligeledes for en rammesætning af en STEM-didaktik for at fremme en diskussion af en tidssvarende undervisning i STEM-fag og hvordan denne kan understøttes didaktisk. I artiklen definerer han en STEM-dannelse der relaterer sig til Klafkis dannelsesteori og peger på handlekompetence i STEM-relaterede kontekster (Michelsen, 2021). Der lægges hermed op til at undervisningen kan beskæftige sig med epokale nøgleproblemer eller såkaldte socioscientific issues, SSI (STUK, 2020). Dette stemmer overens med fokus i litteraturstudiet på at arbejde med samfundsmæssige problemstillinger i STEM-undervisning (Nielsen, 2017). Overordnet beskriver Michelsen tre tværgående indholdsområder i STEM: *det matematisk modellerende område*, *det empirisk eksperimentelle område* og *det teknologisk innovative område* (Michelsen, 2021). Her dækker *det matematisk modellerende område*



116885_mona_04-2022_.indd 108 09-11-2022 13:22:59

M, og *det empirisk eksperimentelle område* dækker S mens *det teknologisk innovative område* både dækker T og E. At sætte teknologi og engineering sammen understøtter en forståelse om at T og E er tæt forbundet og kan opfattes som henholdsvis produkt og proces (Cunningham, 2018). Vi ser engineering som en delmængde af teknologi på baggrund af Pleasants' pointe om at "... engineering problems are necessarily technological problems, but not all technological problems are necessarily engineering problems" (Pleasants, 2020, s. 836). Hermed lægger vi os også op ad en bred forståelse af teknologi som alt menneskeskabt (Nielsen & Sillasen, 2020; Hall & Lingefjärd, 2017).

Som Michelsen (2021) pointerer til slut i sin artikel, bliver et af de næste skridt at udvikle didaktiske modeller og redskaber til at understøtte lærernes planlægning, gennemførelse og evaluering af STEM-undervisning. Der eksisterer allerede flere didaktiske modeller til hvert af de tre ovenstående tværgående indholdsområder der kan kategoriseres som rettet mod enten matematisk modellering, undersøgelsesbaseret naturfagsundervisning eller designprocesser. I denne artikel kommer vi med vores bud på en didaktisk model for integreret STEM-undervisning der er udviklet teoretisk med inspiration fra didaktiske modeller for hvert af de tre indholdsområder. Fra undersøgelsesbaseret naturfagsundervisning har vi ladet os inspirere af 6F-modellen, fra det matematisk modellerende område er vi inspireret af model development sequences (MDS-modellen), og fra designprocesser har vi valgt at lade os inspirere af engineeringdesignprocessen (EDP-modellen). Valget af de tre modeller er baseret på dels et udgangspunkt i en dansk kontekst, dels at vi mener at de tre modeller hver især har et særligt bidrag til at imødekomme krav til en tidssvarende undervisning. Både undersøgelsesbaseret naturfagsundervisning og designprocesser fremhæves i litteraturstudiet som måder man kan fokusere på relevans og anvendelse i STEM-undervisning på (Nielsen, 2017). Modelleringsprocesser præsenteres ligeledes i litteraturstudiet som en lovende kontekst for tværfaglige forløb (Nielsen, 2017). Vi vil i det følgende kort præsentere de tre modeller og fremhæve deres bidrag til den integrerede model.

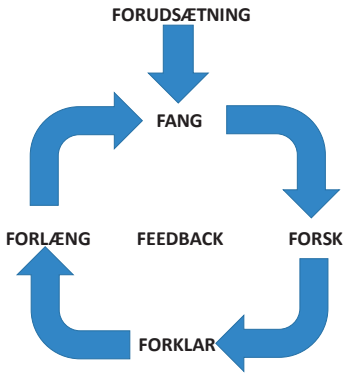
## *6F-modellen*

6F-modellen (figur 1) er en didaktisk model til undersøgelsesbaseret naturfagsundervisning. Modellen består af de seks faser *Forudsætning*, *Fang*, *Forsk*, *Forklar*, *Forlæng* og *Feedback* (Madsen, Evans & Bruun, 2020). Det er faserne *Forsk* og *Forklar* der er centrale for elevernes udvikling af undersøgelses-, modellerings- og kommunikationskompetencen. I disse faser skal eleverne designe og gennemføre egne undersøgelser med henblik på at gøre sig erfaringer med den faglige viden i forløbet samt modellere og formidle denne (Madsen et al., 2020). Modellen tager udgangspunkt i den amerikanske 5E-model med to primære ændringer. Den første ændring er en opdeling af 5E-fasen *Engage* i to separate faser, nemlig *Forudsætning* og *Fang* – dette for at tydeliggøre at læreren i starten af et forløb både skal afdække elevernes forudsætninger så forløbet



116885_mona_04-2022_.indd 109 09-11-2022 13:23:01

kan relateres til disse, samt skabe interesse og engagere eleverne i forløbet (Madsen et al., 2020). Den anden ændring er synliggørelse af at feedback ikke er en afsluttende proces i et forløb, men i stedet skal være en central og gennemgående fase i hele processen gennem de andre fem faser i modellen (Madsen et al., 2020).




**Figur 1.** *6F-modellen (Madsen et al., 2020, s. 27).*

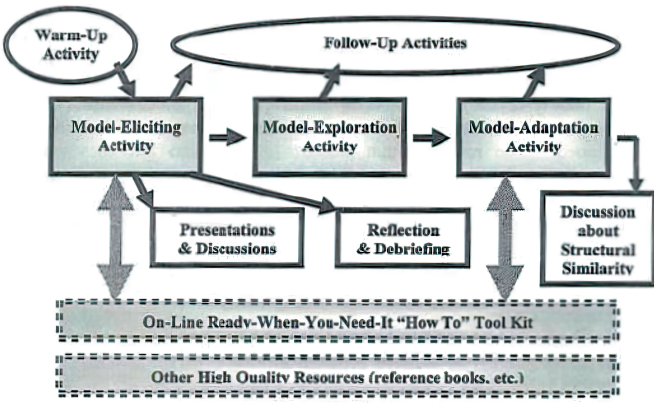
## *Model development sequences*

Model development sequences (MDS) er en didaktisk model til undervisning i matematisk modellering (Lesh, Doerr, Cramer, Post & Zawojewski, 2003). MDS består af tre primære faser: *Model-Eliciting Activity*, *Model-Exploration Activity* og *Model-Adaptation Activity* (figur 2).

*Model Eliciting* dækker over det indledende arbejde med problemstillingen og skaber grundlaget for og indledende konstruktion af elevernes modeller (Doerr, 2016). I *Model Exploration* skal eleverne tænke *om* deres modeller, dvs. tænke i matematiske strukturer og repræsentationsformer og herunder styrker, svagheder og anvendelsesmuligheder (Doerr, 2016). I den sidste primære fase, *Model Adaptation*, skal eleverne tænke *med* deres modeller ved at holde den konstruerede model op mod den virkelighed eller kontekst som var udgangspunktet for modelleringsprocessen (Lesh et al., 2003), samt ved at anvende modellen i en ny kontekst (Doerr, 2016). Fasen leder naturligt over i den afsluttende fase, *Discussions about Structural Similarity*, hvor der er mulighed for at arbejde fra den specifikke model *af* en konkret situation til en generaliseret model *for* et abstrakt fænomen (Michelsen & Iversen, 2009). At skabe en generel model der kan anvendes i andre kontekster, er ifølge Doerr netop målet med modelleringsaktiviteterne (2016). Både før og under de primære faser er der desuden lagt op til at inddrage modelfrembringende aktiviteter i faserne *Warm-Up Activity* og *Follow-Up Activities* (Lesh et al., 2003) ligesom der undervejs er indtænkt opsamlinger hvor eleverne præsenterer og reflekterer over deres proces i faserne *Presentations & Discussions* og *Reflection & Debriefing* (Lesh et al., 2003).



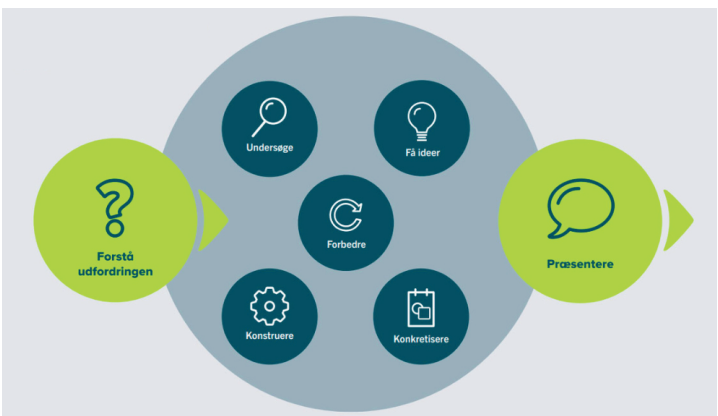
116885_mona_04-2022_.indd 110 09-11-2022 13:23:03




**Figur 2.** *Model development sequences (Lesh et al., 2003, s. 45).*

## *EDP-modellen*

Engineeringdesignprocessen (EDP) er en didaktisk model inspireret af ingeniørens arbejdsgang som dækker over en designproces med henblik på at udvikle en innovativ løsning (Auener, Daugbjerg, Nielsen & Sillasen, 2018). Modellen har en fast start- og slutfase. I *Forstå udfordringen* præsenterer læreren emnet/problemstillingen som eleverne skal arbejde med, og forløbet rammesættes. I *Præsentere* skal eleverne præsentere deres produkt/løsning, men der er samtidig også fokus på at formidle processen frem mod produkt/løsning (Auener et al., 2018). De resterende fem faser, som i modellen (figur 3) er omkranset af en cirkel, dækker over elevernes arbejde frem mod en løsning/et produkt. Her er der ikke et lineært forløb gennem faserne; det er derimod en iterativ proces hvor eleverne løbende springer rundt mellem faserne *Få ideer, Undersøge, Konkretisere, Konstruere* og *Forbedre* (Auener et al., 2018).




**Figur 3.** *Engineeringdesignprocessen (EDP) (Auener et al., 2018, s. 10).*



116885_mona_04-2022_.indd 111 09-11-2022 13:23:05

## En didaktisk model for integreret STEM-undervisning

I det følgende præsenterer vi vores bud på en didaktisk model for integreret STEM-undervisning (i-STEM-modellen). Med i-STEM-modellen forsøger vi at integrere arbejdsmetoder og processer fra de tre tværgående indholdsområder i STEM. Først præsenterer vi hvordan modellen har hentet inspiration fra de eksisterende didaktiske modeller vi har beskrevet ovenfor. Dernæst præsenterer vi den nye didaktiske model for integreret STEM-undervisning med nogle grundlæggende didaktiske principper for denne. Efterfølgende uddybes og eksemplificeres de enkelte faser i modellen.

I de tre førnævnte modeller kan der lokaliseres flere didaktiske sammenfald, bl.a. iterative processer, udgangspunkt i virkelighedsnære kontekster samt arbejde i grupper. Disse går igen i den nye integrerede model. I tabel 1 nedenfor har vi desuden illustreret hvordan faserne fra modellerne har inspireret faserne i den integrerede model.

**Tabel 1.** *Faser på tværs af didaktiske modeller.*

| I-STEM | 6F | MDS | EDP |
|---|---|---|---|
| *Afklaring og motivering* | Forudsætning og Fang | Warm-Up Activity | Forstå udfordringen |
| *Idéudvikling* | Fang | Model Eliciting | Få ideer |
| *Formidling* | Forklar | Presentations & Discussions | Forbedre |
| *Opfølgning* | Feedback | Reflection & Debriefing og Follow-Up Activities | Forbedre |
| *Konstruktion* | Forsk | Model Eliciting | Konkretisere, Konstruere og Forbedre |
| *Udforskning* | Forsk | Model Exploration | Forbedre og Undersøge |
| *Kontekstualisering* | Forlæng | Model Adaptation | Præsentere |

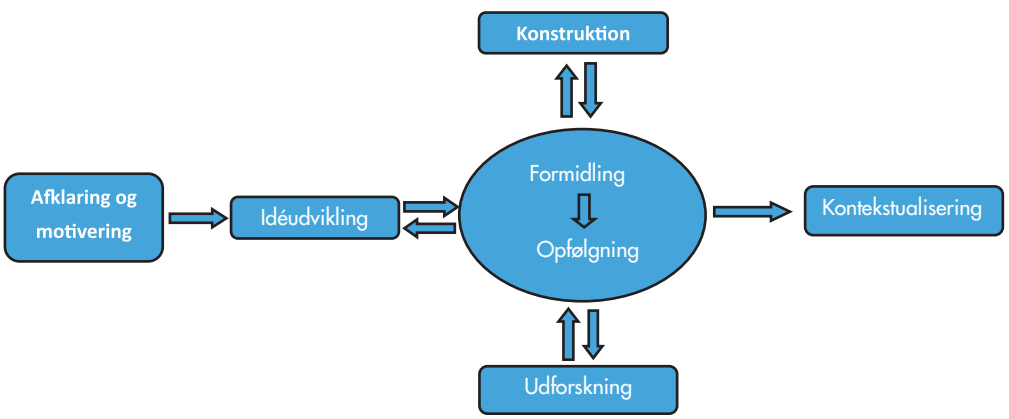
For at understøtte integration af de tre tværgående indholdsområder skal der tages udgangspunkt i kompetencer når der formuleres mål for et forløb. Her kan man inddrage et perspektiv på fagoverskridende kompetencer som Michelsen & Iversen beskriver som kompetencer der rækker ud over fagenes grænser (Michelsen & Iversen, 2009). Fx finder man modellerings- og kommunikationskompetencen i både naturfagene og matematik. Derudover findes det tværgående tema *Innovation og entreprenørskab* der



116885_mona_04-2022_.indd 112 09-11-2022 13:23:07

ligeledes bidrager til udviklingen af den fagoverskridende innovationskompetence (Børne- og Undervisningsministeriet, 2019a). Desuden følger i-STEM-modellen principperne fra problembaseret læring hvor der primært arbejdes i grupper, og hvor det er et problem der er styrende for processen og aktiviteterne i forløbet (Holgaard, Ryberg, Stegeager, Stentoft & Thomassen, 2020). Problemstillingen skal findes i en virkelighedsnær kontekst der fx lever op til kravene for en SSI (STUK, 2020). Problemstillingen skal være autentisk og kompleks så der er behov for de forskellige fagområder for at kunne løse problemet. Hermed bliver der tale om et samspil mellem fagene der kan kategoriseres som fællesfagligt og til tider fagoverskridende (Klausen, 2011), hvor det ikke altid vil være muligt at identificere de enkelte fag. Der er derfor heller ikke krav om at både S, T, E og M skal indgå på lige fod, eller at de alle skal være til stede i alle forløb. Da proces og aktiviteter afhænger af problemet, kan de forskellige elevgrupper på et givent tidspunkt arbejde forskellige steder i modellen. Dette kalder på at lærerne primært varetager en rolle som facilitator og vejleder igennem forløbet.

Forløb der planlægges efter i-STEM-modellen (figur 4), starter i et bredt perspektiv med en virkelighedsnær kontekst. Derefter snævres fokus ind på en afgrænset udfordring for til sidst at slutte i det brede perspektiv når problemet og udfordringen igen relateres til den virkelighedsnære kontekst. Det er de midterste faser, *Formidling* og *Opfølgning*, der er kernen i modellen, og man besøger den hver gang man har arbejdet i en af de iterative faser, før man går videre til en ny fase. Med denne centrale fase sætter vi fokus på løbende formativ evaluering. Fra den midterste fase kan man bevæge sig frem og tilbage mellem de tre iterative faser i modellen, *Idéudvikling*, *Konstruktion* og *Udforskning*.




**Figur 4.** *I-STEM-modellen.*



116885_mona_04-2022_.indd 113 09-11-2022 13:23:09

## *Afklaring og motivering*

Den indledende fase i vores model indeholder dels en afklaring af emne, mål og proces samt elevernes forudsætninger, dels motivering af elevernes for at deltage i forløbet.

Med afklaringen er der tale om en form for forventningsafstemning hvor læreren tilkendegiver sine forventninger til forløbets mål og proces mens elevernes forventninger til og forudsætninger for forløbet kommer til syne gennem en opstartsaktivitet. Aktiviteten skal vække elevernes forforståelser så de spores ind på emnet, samt give et indblik i elevernes forståelser og forudsætninger så læreren kan justere forløbet. Denne del af fasen er særligt inspireret af 6F-modellens fase *Forudsætning* hvor målet er at afdække elevernes forudsætninger og på baggrund heraf lave justeringer i undervisningen (Madsen et al., 2020).

I den indledende fase skal eleverne desuden præsenteres for problemstillingen på en inspirerende måde der kan vække deres interesse og nysgerrighed så de motiveres til deltagelse i forløbet. Denne fase er inspireret af 6F-modellens *Fang*-fase der handler om at få eleverne til at opleve at emnet er relevant og spændende (Madsen et al., 2020).

Faserne *Afklaring* og *Motivering* er placeret sammen da rækkefølgen afhænger af konteksten, herunder emne, lærer, klasse m.m. Desuden kan de to faser evt. smelte sammen så de forekommer samtidig og/eller overlappende.

Foruden 6F-modellens faser *Forudsætning* og *Fang* kan fasen i vores model relateres til MDS-modellens *Warm Up-aktivitet* og EDP-modellens *Forstå udfordringen*-fase.

Eksempler på opstartsaktiviteter i fasen kan være et mindmap over elevernes nuværende viden om emnet, en film der introducerer eleverne til problemfeltet, en sansebaseret oplevelse eller at eleverne sættes til at tegne deres nuværende viden om et fænomen.

I denne fase er det oplagt at arbejde med elevernes perspektiveringskompetence da der netop arbejdes med perspektiver på omverdenen og til elevernes forudgående viden fra fagene. I matematik kan dette relateres til begrebet "den ekstramatematiske dimension" som er det der rækker ud af faget, dvs. den virkelige kontekst (Niss, 2015).

## *Idéudvikling*

Den første gang fasen *Idéudvikling* besøges i vores model, skal eleverne formulere og/eller vælge deres problemformulering samt gøre sig de første tanker om hvordan problemet kan løses, hvilket kan relateres til sidste del af EDP-modellens *Forstå udfordringen*-fase. I processen ligger desuden en afgrænsning og idealisering af problemet der i matematikkens verden kan relateres til at skabe en idealiseret situation på baggrund af den ekstramatematiske dimension hvorved man bevæger sig til det matematiske domæne (Niss, 2015). Der er således tale om en bevægelse fra den brede virkelighedsnære kontekst til en simplere opstilling af et problem der kan behandles i fagene.



116885_mona_04-2022_.indd 114 09-11-2022 13:23:10

Når og hvis fasen senere genbesøges, får den mere karakter af en egentlig idégenereringsfase lig fasen *Få ideer* fra EDP-modellen. *Idéudviklings*-fasen i vores model kan desuden relateres til 6F-modellens *Fang*-fase da der her også er fokus på en åben idégenerering (Madsen et al., 2020).

I denne fase kan man arbejde med elevernes innovationskompetencer. Gennem forskellige idéudviklingsaktiviteter får eleverne bl.a. mulighed for at anvende og udvikle deres kreativitet.

## *Formidling*

I denne fase formidler eleverne det de har arbejdet med indtil nu. Første gang eleverne møder fasen, præsenterer eleverne deres problemformulering og de indledende idéer til undersøgelse af problemet. Senere kan elevernes formidling antage mange forskellige former afhængigt af hvor i processen de er. Det kan fx være at eleverne skal teste et produkt eller en model, eller der kan være tale om vidensdeling på tværs af grupper, en samtale mellem gruppen og læreren eller en rapportaflevering, men det kan også være en løbende logbogsskrivning hvor eleverne individuelt formidler deres proces og reflekterer over deres læring. Fasen henter inspiration fra 6F-modellens *Forklar*-fase, MDS-modellens fase *Presentations & Discussions* samt EDP-modellens *Forbedre*-fase.

I denne fase arbejder eleverne med deres kommunikationskompetence når de enten skriftligt eller mundtligt skal formidle indhold fra undervisningen til andre.

## *Opfølgning*

*Formidling* i vores model efterfølges altid af en *Opfølgning* hvor eleverne modtager formativ feedback samt inspiration til det videre arbejde.

Ved første opfølgning er det vigtigt at læreren kommer omkring alle grupper og guider eleverne til endelig problemformulering og retningen for undersøgelserne. Når fasen senere genbesøges, kan man med fordel gøre brug af peerfeedback så de andre elever dels kan komme med input og dels kan blive inspireret af hvad gruppen arbejder med (Topping, 2013). Fasen i vores model er inspireret af den løbende formative evaluering i 6F-modellen (Madsen et al., 2020). *Opfølgning* i vores model henter desuden inspiration fra MDS-modellens faser *Reflection & Debriefing* og *Follow-Up Activities*. I førstnævnte sættes der fokus på elevernes refleksioner mens *Follow-Up Activities* indebærer at læreren igangsætter aktiviteter der kan kvalificere elevernes arbejde (Lesh et al., 2003).

Feedbacken kan være mere eller mindre struktureret. Det kan fx være i form af løbende uformel formativ feedback fra læreren gennem vejledning, det kan være planlagte peerfeedbacksessioner, eller det kan være lærerens skriftlige eller mundtlige feedback på baggrund af elevernes logbøger eller de andre elevers skriftlige feedback på en afleveret rapport.



116885_mona_04-2022_.indd 115 09-11-2022 13:23:12

De opfølgende aktiviteter kan fx være stilladsering af elevernes refleksioner, input til at inspirere og motivere det videre arbejde samt fordybelsesaktiviteter. Aktiviteterne kan også række ud af forløbet og lade eleverne gå i dybden med et monofagligt input.

I denne fase bliver lærerens vejledende rolle mere eksplicit i lærerfeedbacken og initieringen af nye aktiviteter. Det er desuden muligt at arbejde med elevernes evner til at modtage og give feedback samt understøtte elevernes refleksioner. Gennem fordybelsesaktiviteter gives eleverne mulighed for at arbejde med at tilegne sig specifik faglig viden og/eller færdigheder.

### *Konstruktion*

Denne fase er inspireret af MDS-modellens *Model-Eliciting Activity* hvor eleverne designer deres modeller (Lesh et al., 2003). Fasen i vores model kan dog også koncentrere sig om hypotesedannelse og planlægning af et undersøgelsesdesign hvorved den kan relateres til 6F-modellens *Forsk*-fase (Madsen et al., 2020). Fasen indebærer således både planlægning, udvikling og konstruktion af modeller hvor modellerne fx kunne være matematiske modeller eller fysiske prototyper. *Konstruktions*-fasen kan således også relateres til EDP-modellens faser *Konkretisere*, *Konstruere* og *Forbedre*.

Aktiviteter i denne fase kan således både være at planlægge et forsøg, opstille en graf og bygge et fuglehus. Afhængigt af aktiviteterne kan eleverne her udvikle deres undersøgelses-, modellerings- og innovationskompetencer. Der vil dog kun være tale om dele af undersøgelses- og innovationskompetencerne hvorimod der kan arbejdes alsidigt med modelleringskompetencen i denne fase. Med modelleringskompetencen forstås her både modelleringskompetencen som den er beskrevet i naturfagene og i matematik. I forbindelse med fremstilling af forskellige matematiske modeller vil der desuden være mulighed for at arbejde med de øvrige kompetencer fra matematikfaget. Fx er produktet af en matematisk modellering en repræsentation, og man kan som lærer stille eleverne opgaver hvor de skal fremstille forskellige repræsentationer eller oversætte mellem disse.

### *Udforskning*

Fasen er inspireret af MDS-modellens *Model-Exploration Activity*, 6F-modellens *Forsk*-fase og EDP-modellens *Undersøge*-fase. *Udforskning* i vores model indebærer både elevernes egne undersøgelser af fænomener og udforskning og afprøvning af deres modeller. Der er således i denne fase fokus på at generere data og frembringe resultater hvorved det særligt er elevernes undersøgelseskompetence der kommer i spil og arbejdes med.

Eksempler på aktiviteter kan være udførelse af forsøg, indhentning af svar på et spørgeskema eller testsmagning af en ny sund snack.



116885_mona_04-2022_.indd 116 09-11-2022 13:23:14

### *Kontekstualisering*

I denne fase afsluttes forløbet. Afslutningen kan antage mange forskellige former, fx en rapport, en præsentation, en paneldebat, formidling til aktører i omverdenen, en udstilling eller en refleksionsopgave hvor det eleverne har arbejdet med, sættes i en ny kontekst.

Fasen skal således ikke forstås som første gang arbejdet sættes i en kontekst, da der gennem hele forløbet arbejdes med en specifik kontekst. Fasens formål er at alt det eleverne har arbejdet med, igen relateres til omverdenen og sættes i anvendelse, evt. i en ny kontekst for at afprøve den endelige model. Det kan dermed ses som en endelig test af modellens/produktets anvendelighed. Fasen kan således relateres til 6F-modellens *Forlæng*-fase, MDS-modellens *Model-Adaptation Activity* samt EDP-modellens *Præsentere*-fase.

I denne fase arbejder eleverne således både med deres kommunikations- og perspektiveringskompetence når problemet og den foreslåede løsning igen sættes i relation til omverdenen.

Efter forløbets afslutning kan man evt. vælge at arbejde monofagligt i fx matematik med den sidste fase i MDS-modellen, *Discussion about Structural Similarity*, hvor modellen omsættes fra en model *af* den konkrete kontekst til en generaliseret model *for* et fænomen.

## Potentialer og udfordringer ved i-STEM-modellen

Vi har her beskrevet vores bud på hvordan en didaktisk model for integreret STEM-undervisning kan se ud når vi kombinerer 6F, EDP og MDS. For at stilladsere lærernes planlægning af integrerede STEM-forløb har vi desuden udviklet et planlægningsredskab bestående af en række didaktiske refleksionsspørgsmål (tabel 2) der skal understøtte lærernes arbejde med i-STEM-modellen.

**Tabel 2.** *Didaktiske refleksionsspørgsmål til i-STEM-modellen.*

| **Didaktiske overvejelser** | **Hvad?** | **Hvorfor?** |
|---|---|---|
| Emne og problemstilling<br>*Hvilken udfordring skal eleverne arbejde med?* | | |
| Mål<br>*Hvad skal eleverne lære i forløbet?* | | |



116885_mona_04-2022_.indd 117 09-11-2022 13:23:15

| | | |
|---|---|---|
| Tværfaglig organisering<br>*Hvilke elementer skal indgå fra henholdsvis naturfagene, matematik og teknologi/engineering?* | | |
| Kobling til omverdenen<br>*Hvilke eksterne ressourcer og læringsmiljøer skal inddrages?* | | |
| Evaluering<br>*Hvordan skal formativ evaluering indgå i forløbet, og hvordan skal forløbet afsluttes?* | | |
| Stilladsering<br>*Hvordan skal eleverne motiveres og støttes undervejs i forløbet?* | | |

Potentialer og udfordringer ved i-STEM-modellen og de tilhørende didaktiske spørgsmål er diskuteret med både lærere, læreruddannere og forskere inden for naturfags- og matematikdidaktik gennem projekter i kandidatuddannelsen i STEM-undervisning (Bruhn, Funch & Jensen, upubliceret), på forskergruppemøder og til Big Bang 2022. I det følgende vil vi diskutere to udvalgte temaer på baggrund af disse diskussioner: *differentiering* og *evaluering*.

## *Differentiering*

Ved at ændre på antallet af frihedsgrader i modellen kan modellen tilpasses alle klassetrin i grundskolen. Således kan forløbene og "stien" gennem modellen være mere lærerstyret og guidet i de yngre klasser mens disse kan være mere åbne i de ældste klasser. Når der skal introduceres nye arbejdsmetoder, er det vigtigt at være opmærksom på at kendskabet (eller manglen på samme) til metoden kan påvirke gennemførelsen af forløbet (Slough & Milam, 2013). Hvis eleverne ikke tidligere har arbejdet i et forløb der er planlagt ud fra modellen, kan det derfor give mening at begrænse mængden af frihedsgrader så de kan vænne sig til de nye arbejdsmetoder i mindre bidder. Det er vigtigt at finde en balance i antallet af frihedsgrader og elevernes metodekompetencer da flere frihedsgrader giver mulighed for at eleverne kan opleve en højere grad af autonomi og dermed en øget motivation (Krogh & Andersen, 2016). Med andre ord skal læreren sikre at eleverne arbejder med det Kim, Belland & Axelrod (2019) beskriver som *optimal challenge*.

En elevversion af i-STEM-modellen kunne bidrage til at skabe overblik for eleverne og guide deres arbejde gennem forløbet. Begreberne der anvendes i modellen, skal tilpasses den konkrete klasse. Fx kunne man i de yngste klasser bruge billeder i stedet for begreber til at visualisere processerne.



116885_mona_04-2022_.indd 118 09-11-2022 13:23:17

### *Evaluering*

I-STEM-modellen har potentiale til at understøtte kompetenceorienteret undervisning gennem de kompetenceorienterede faser og ved at tage udgangspunkt i kompetencemål. Da evalueringsformen har afgørende betydning for undervisningen, er det vigtigt at evalueringen er tilpasset til at kunne indfange de kompetencemål der opstilles i forløbet (Dolin, Nielsen & Tidemand, 2017). Kompetencemål er ofte komplekse, og det er nødvendigt at operationalisere disse så de bliver mere anvendelige for både lærere og elever. Operationaliseringen af kompetencemålene er også med til at opstille og tydeliggøre kriterier der kan anvendes til i samarbejde med eleverne at vurdere hvor langt eleverne er i processen, og hvad der er brug for for at komme videre.

I-STEM-modellens midterfaser, *Formidling* og *Opfølgning*, kan understøtte lærernes arbejde med den løbende formative evaluering da eleverne skal forbi disse faser hver gang de har arbejdet i en af de øvrige faser. Det er ikke kun faglig viden der skal formidles og gives feedback på, men også selve processen. Hvis der inddrages et perspektiv på elevernes egen udvikling (proces) og metarefleksion over denne, kan man fremme en mestringsorientering i stedet for en præstationsorientering (Nielsen & Dolin, 2016).

## Opsamling

I denne artikel har vi præsenteret en ny didaktisk model for integreret STEM-undervisning, i-STEM-modellen, der er udviklet med udgangspunkt i eksisterende didaktiske modeller fra de enkelte fagområder i STEM. Formålet med at udvikle én integreret model er at modellen skal understøtte lærernes planlægning, gennemførelse og evaluering af integreret STEM-undervisning.

I-STEM-modellen har potentialer til at kunne anvendes af lærere i grundskolen på tværs af klassetrin og STEM-fagligheder samt til at fremme kompetenceorienteret undervisning, løbende formativ evaluering og arbejde med virkelighedsnære kontekster. Modellen er udviklet teoretisk og efterfølgende diskuteret i forskellige professionelle sammenhænge, men der er stadig et behov for afprøvninger i praksis for at undersøge i hvilken udstrækning modellen kan leve op til potentialerne.

Der er efterhånden flere af de formelle rammer der understøtter undervisningen på tværs af fag, som fx fagoverskridende kompetencer, den fællesfaglige prøve og didaktiske sammenfald mellem STEM-elementerne. Imidlertid kræver undervisningen på tværs af fagene at de enkelte lærere besidder kompetencer til at undervise og vejlede eleverne på tværs af flere fag, hvilket bl.a. blev fremhævet i forbindelse med implementering af den fællesfaglige prøve i naturfagene (Krogh et al., 2018). Man kunne derfor forestille sig at behovet for kompetenceudvikling blot vil øges når vi med STEM også inddrager matematik samt innovations- og designprocesser. Vi



116885_mona_04-2022_.indd 119 09-11-2022 13:23:19

forudser således at der skal sættes fokus på kompetenceudviklingen af lærerne hvis vores model og STEM-undervisning skal blive en succes i grundskolen.

## Referencer


Auener, S., Daugbjerg, P.S., Nielsen, K. & Sillasen, M.K. (2018). *Engineering i skolen: hvad, hvordan, hvorfor* (2. udgave). VIA University College.

Bowen, B. & Petersen, B. (2019). Exploring Authenticity Through an Engineering-Based Context in a Project-Based Learning Mathematics Activity. *Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER), 9(1)*, s. 1-10.

Bruhn, E.S., Funch, S. & Jensen, A.K. (Upubliceret). Professionel udvikling – i integreret STEM-undervisning [upubliceret opgave fra kurset De Teknologisk Innovative Videnskaber på kandidatuddannelsen STEM-undervisning].

Børne- og Undervisningsministeriet. (2019a). *Matematik Faghæfte 2019*. emu.dk. Lokaliseret den 5. juni 2021 på: https://emu.dk/sites/default/files/2020-09/GSK_Fagh%C3%A6fte_Matematik.pdf.

Børne- og Undervisningsministeriet. (2019b). *Fysik/kemi Faghæfte 2019*. emu.dk. Lokaliseret den 5. juni 2021 på: https://emu.dk/sites/default/files/2020-09/Gsk_fagh%C3%A6fte_fysikkemi.pdf.

Cunningham, C.M. (2018). *Engineering in Elementary STEM Education: Curriculum Design, Instruction, Learning, and Assessment*. Boston: Museum of Science.

Doerr, H.M. (2016). Designing Sequences of Model Development Tasks. I: C.R. Hirsch & A.R. McDuffie (red.), *Employing Mathematical Modeling to Engage Students at All Levels* (s. 197-205). National Council of Teachers of Mathematics.

Dolin, J., Nielsen, J.A. & Tidemand, S. (2017). Evaluering af naturfaglige kompetencer. *Acta Didactica Norge, 11(3)*, Art. 2, 28, s. 3-11

Hall, J. & Lingefjärd, T. (2017). *Mathematical Modeling: Applications with GeoGebra*. Hoboken: Wiley.

Holgaard, J.E., Ryberg, T., Stegeager, N., Stentoft, D. & Thomassen, A.O. (2020). *PBL: Problembaseret læring og projektarbejde ved de videregående uddannelser* (2. udgave). Frederiksberg: Samfundslitteratur.

Kim, N.J., Belland, B.R. & Axelrod, D. (2019). Scaffolding for Optimal Challenge in K–12 Problem-Based Learning. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning, 13(1)*, s. 1-24.

Klausen, S.H. (2011). Det faglige samspils former. I: S.H. Klausen (red.), *På tværs af fag* (s. 69-100). København: Akademisk Forlag.

Krogh, L.B. & Andersen, H.M. (2016). *Fagdidaktik i naturfag*. Frederiksberg: Bogforlaget Frydenlund.




116885_mona_04-2022_.indd 120 09-11-2022 13:23:21

Krogh, L.B., Daugbjerg, P., Nielsen, S.S., Ormstrup, I.C., Clausen, S.W. & Goldbech, O. (2018). *Statusnotat. Evaluering og følgeforskning: Indførelse af den ny fælles prøve i fysik/kemi, biologi og geografi – prøvens betydning for undervisningens form og indhold*. Rambøll.

Lesh, R., Doerr, H.M., Cramer, K., Post, T. & Zawojewski, J.S. (2003). Model Development Sequences. I: R. Lesh & H.M. Doerr (red.), *Beyond Constructivism. Models and Modeling Perspectives on Mathematics Problem Solving, Learning, and Teaching* (s. 35-58). Lawrence Erlbaum Associates.

Madsen, L.M., Evans, R. & Bruun, J. (2020). Undersøgelsesbaseret undervisning: 6F-modellen – dens tilblivelse og udvikling i Danmark. *MONA, 2020(1)*, s. 26-44.

Michelsen, C. (2021). STEM-didaktik. LinkedIn. Lokaliseret den 5. maj 2021 på: https://www.linkedin.com/pulse/stem-didaktik-hvad-er-stem-og-m%25C3%25A5let-med-undervisning-claus-michelsen/?trackingId=ql1QsdpZ08PXJQFhB4%2FdWQ%3D%3D.

Michelsen, C. & Iversen, S.M. (2009). Samspillet mellem matematik og de andre fag i gymnasieskolen. Matematikfaget og reformen af de ungdomsgymnasiale uddannelser. *MONA, 2009(2)*, s. 21-36.

Nielsen, J.A. & Dolin, J. (2016). Evaluering mellem mestring og præstation. *MONA, 2016(1)*, s. 51-62.

Nielsen, J.A. (red.). (2017). *Litteraturstudium til arbejdet med en national naturvidenskabsstrategi*. København: Institut for Naturfagenes Didaktik, Københavns Universitet.

Nielsen, K. & Sillasen, M.K. (2020) Teknologiforstyrrelse: Hvad mener Børne- og Undervisningsministeriet, når de skriver "teknologi"?. *MONA, 2020(3)*, s. 63-73.

Niss, M. (2015). Prescriptive Modelling: Challenges and Opportunities. I: G.A. Stillman, W. Blum & M.S. Biembengut (red.), *Mathematical Modelling in Education Research and Practice: Cultural, Social and Cognitive Influences* (s. 67-79). Switzerland: Springer.

Pleasants, J. (2020). Inquiring into the Nature of STEM Problems: Implications for Pre-college Education. *Science & Education 29(4),* s. 831-855.

Slough, S.W. & Milam, J.O. (2013). Theoretical Framework for the Design of STEM Project-Based Learning. I: R.M. Capraro, M.M. Capraro & J. Morgan (red.), *STEM Project-Based Learning: An Integrated Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Approach* (s. 15-27). Sense Publishers.

STUK. (2020). *Implementering af samfundsrelevante problemstillinger i naturvidenskabsundervisningen i gymnasieskolen*. https://emu.dk/sites/default/files/2021-03/gym_naturvidenskabsstrategien_samfundsrelevante%20problemstillinger_vidensnotat.pdf.

Topping, K.J. (2013). Peers as a Source of Formative and Summative Assessment. I: J.H. McMillan (red.), *SAGE Handbook of Research on Classroom Assessment* (s. 394-412). Thousand Oaks: SAGE Publications.



116885_mona_04-2022_.indd 121 09-11-2022 13:23:22

# Matematik i anvendelse

## – undervisning med kobling til praksis



Simon Funch, Åben Virksomhed



Caroline Bjerre-Bertelsen, Åben Virksomhed

## M'et i STEM

På Big Bang 2022 holdt Anders Mikkelsen fra Åben Virksomhed et oplæg om integrationen af matematik i STEM. Oplægget tog udgangspunkt i et konkret undervisningsmateriale der sætter fokus på matematik i anvendelse, udviklet af Åben Virksomhed[1]. Med til oplægget havde vi to lærere fra Odense Kommune som havde afprøvet forløbet, og som både i oplægget og her i artiklen deler deres refleksioner over forløbets kobling mellem matematik og naturfag og hvilken funktion virksomhedsbesøg kan have i koblingen mellem matematik og naturfag.

En af udfordringerne ved at integrere de forskellige discipliner i STEM er at lærerne føler sig udfordrede med hensyn til at inkludere matematik i naturfagsundervisningen, bl.a. fordi de kan opleve at skulle koble matematikken med fagligheder som de ikke selv har undervisningskompetencer inden for (Larsen et al., 2022). Denne opmærksomhed går igen hos eleverne, hvor det ligeledes pointeres at de skal kunne se meningen i koblingen mellem forskellige fag når de skal arbejde tværfagligt, for at få et udbytte af den tværfaglige undervisning (Larsen et al., 2022).

Åben Virksomhed er et initiativ, iværksat af Dansk Arbejdsgiverforening, der har til formål at øge danske skoleelevers begejstring og interesse for de naturvidenskabelige og tekniske fag, herunder matematik. Undervisningsforløbet "Den klimavenlige skole", som de to lærere har gennemført, har bl.a. til formål at gøre matematik *anvendelsesorienteret* – bl.a. ved at sætte stoffet ind i en relevant kontekst og vise eleverne hvordan matematikken bliver brugt på virksomheder ude i "den virkelige verden".

1 Alle undervisningsmaterialer fra Åben Virksomhed kan findes på: https://aabenvirksomhed.dk/.



116885_mona_04-2022_.indd 122 09-11-2022 13:23:24

## Matematikken skal være anvendelsesorienteret

Undervisningen i matematik bliver ofte abstrakt, og de fleste matematiklærere har fået spørgsmål som *hvorfor skal vi lære det her?* eller *hvad skal vi bruge det her til?* Med en abstrakt tilgang til matematikundervisningen risikerer man at eleverne ikke kan se vigtigheden af matematikken i virkeligheden uden for skolen.

Det er vores overbevisning at jo mere anvendelsesorienteret undervisningen i faget er, jo nemmere bliver det for eleverne at se meningen med differentialregningen, graferne og statistikopgaverne.

Men hvordan gør man så undervisningen anvendelsesorienteret? Dels handler det om at sikre at der hele tiden er fokus på at sætte øvelserne ind i en kontekst eleverne kan relatere til. Og dels mener vi at det er afgørende at eleverne ikke alene bliver fortalt om matematikkens anvendelighed, men også ser den med egne øjne. Derfor indeholder alle vores undervisningsforløb et virksomhedsbesøg som binder det faglige de har arbejdet med, sammen med den hverdag og de arbejdsopgaver forskellige virksomheder har.

Det gælder fx i matematikforløbet om spedition hvor eleverne får indblik i hvordan logistik og arealberegninger spiller en kæmpe rolle når der skal planlægges fragt af eksempelvis nødhjælp til Ukraine. Det gælder også i forløbet "Den digitale butik" der skal gøre eleverne klogere på hvordan butikker bruger data og automatisk disponering til at planlægge og lave prognoser for lagerbeholdning og varebestilling – ligesom det gælder i et af vores statistikforløb hvor eleverne lærer hvordan man gennem stikprøver og kvalitetskontrol kan sikre at landets fødevarevirksomheder lever op til sundhedsmæssige standarder.

## Matematik i samspil med naturfag – emnet før fagene

Ud over den anvendelsesorienterede tilgang i vores matematikforløb har vi i Åben Virksomhed også interesseret os for hvordan vi kan skabe tværfaglige undervisningsforløb hvor matematik spiller en meningsfuld rolle på linje med de andre fag. Vores metode har i den forbindelse været at tænke emnet før vi tænkte fag. Denne tankegang kan sammenlignes med Klausens (2011) beskrivelse af det han kalder *sag frem for fag*, hvor det er den specifikke sag eller emnet som bliver afgørende for hvilke fag der inddrages i forløbet, så de deltagende fag dermed inddrages meningsfuldt.

## Et eksempel: matematik i samspil med fysik/kemi og geografi

Inden for emnet vand har vi udviklet det tværfaglige forløb "Den klimavenlige skole" i fagene fysik/kemi, geografi og matematik. Forløbet har til formål at give eleverne en dybdegående forståelse af hvordan de rette løsninger inden for varmesystemer



116885_mona_04-2022_.indd 123 09-11-2022 13:23:26

og vandinstallationer kan gøre en stor forskel for både klimaet og økonomien på deres skole. Dette gøres gennem arbejdet med det overordnede problem "Hvordan bliver skolen mere klimavenlig?" som er omdrejningspunkt for det samlede forløb og arbejdet i de enkelte fag.

I forløbet undersøger eleverne problemstillingen fra forskellige vinkler: I fysik/kemi bliver de fx klogere på hvorfor skolen har vand og ikke luft i radiatorerne, og får viden om vands egenskaber, herunder varmekapacitet. Fra geografi-perspektivet dykker de ned i vandets kredsløb og får en grundlæggende forståelse af hvordan grundvandet pumpes op og bruges til at skabe varme på skolen. Og endelig laver de matematiske beregninger på hvad det fx koster skolen hvis vandhanerne drypper eller toiletterne løber.

Som afslutning på forløbet skal eleverne bruge den viden de har fået i de enkelte fag, til først at give en vurdering af hvor klimavenlig deres skole er på nuværende tidspunkt, og derefter komme med forslag til hvordan skolen kan blive mere klimavenlig, bl.a. ved at arbejde med følgende spørgsmål:

- Mener I at skolen har et højt eller lavt vand- og varmeforbrug sammenlignet med andre skoler?
- Hvordan er grundvandsniveauet i jeres område?
- Hvordan kan skolens vand- og varmeforbrug nedsættes?
- Kan det betale sig for skolen/kommunen at investere i en anden varmekilde?

I deres besvarelse skal eleverne bl.a. bruge deres viden om grundvandsforholdene omkring skolen holdt op imod deres beregninger af skolens vandforbrug. Et andet aspekt er overvejelser om skolens varmekilde, hvor eleverne skal bruge deres viden om varmekapacitet og forskellige teknologier til op- og nedkøling til at komme med forslag om en mere klimavenlig varmekilde og ventilation på skolen.

Med på Big Bang havde vi to lærere fra Odense der havde afprøvet netop dette forløb, og som delte deres refleksioner i forbindelse med at have gennemført forløbet. Fx havde en af lærerne en pointe om hvilken type af opgaver og arbejdsformer som eleverne var særlig glade for:

> "De opgaver som eleverne bedst kunne lide, var dem hvor de selv var aktive – fx hvor de skulle måle hvor meget vand klassen bruger på at vaske hænder."

Eleverne foretrækker altså de aktiviteter og opgaver i forløbet hvor de selv skal være aktive, hvilket også afspejler sig i det de husker bedst fra forløbet. Læreren har nemlig noget tid efter forløbets afslutning spurgt eleverne hvad de husker bedst fra forløbet, og læreren fortæller at det de husker bedst, er:



116885_mona_04-2022_.indd 124 09-11-2022 13:23:28

> "Hvor meget vand de bruger på at vaske hænder og gå i bad efter idræt. Desuden synes de det var interessant at følge de forskellige rør rundtomkring på skolen og få en forklaring fra VVS'eren om hvad de bliver benyttet til."

I forløbet får klassen undervejs besøg af en VVS-installatør der sammen med eleverne gennemgår skolens installationer og snakker med dem om hvordan man kan spare på vandet. Hos lærerne fremhæves besøget af VVS-installatøren som et af de positive elementer ved forløbet, og en af lærerne udtaler:

> "Besøget af en VVS'er var et rigtig godt supplement til den teoretiske og praktiske undervisning. Nogle af eleverne troede at en VVS'er udelukkende renser stoppede toiletter! Under besøget fik eleverne åbnet øjnene for hvad en VVS'er arbejder med, og hvad lønniveauet er."

Besøget af VVS-installatøren giver, som det ses i citatet, altså en kobling til den teoretiske undervisning, samtidig med at besøget også giver eleverne et indblik i hvad det vil sige at arbejde som VVS-installatør.

Målet med dette undervisningsforløb har været at skabe en helhedsorienteret tilgang til undervisningen hvor eleverne kommer grundigt omkring emnet, og hvor matematikken – helt på linje med fysik/kemi og geografi – bliver ét perspektiv ud af flere mulige der kan kaste lys over emnet og gøre eleverne klogere på emnet ud fra mange forskellige vinkler. Dog pointerer en af læreren efter gennemførelsen:

> "For os som lærere gav det god mening – men eleverne havde lidt svært ved hele tiden at se sammenhængen. Her manglede de noget faglig viden som kunne hjælpe med at bygge bro mellem fagene. For eleverne var det ligegyldigt om vi arbejdede med vandets kredsløb i matematik, geografi eller fysik/kemi – men de havde svært ved at se sammenhængen mellem en måling af hvor meget vand der bruges til at vaske hænder, og en model over vandets kredsløb."

Citatet illustrerer en central pointe i forsøget på at integrere matematik meningsfuldt i STEM, nemlig at det ikke kun skal give mening for lærerne og andre fagpersoner, men i særdeleshed også for eleverne, og her ser det altså ud til at der stadig er plads til justering hen imod et ligeligt samspil mellem matematik og naturfag.

## Afrunding

I denne artikel har vi præsenteret bud på en anvendelsesorienteret tilgang til matematikundervisningen når denne kombineres med naturfagsundervisningen. Dette



116885_mona_04-2022_.indd 125 09-11-2022 13:23:30

har vi gjort gennem et konkret forløb, "Den klimavenlige skole", hvor eleverne dels arbejder med fagligt indhold inden for naturfag og matematik og dels får besøg af en VVS-installatør der viser og fortæller om skolens VVS-installationer. Lærerne der har afprøvet forløbet, fremhæver særligt de elevaktiverende opgaver og besøget af installatøren som positive elementer for elevernes læring og forståelse af omverdenen omkring skolen og hvordan naturfag og matematik spiller en central rolle i denne.

## Referencer

Klausen, S.H. (2011). Det faglige samspils former. I: S.H. Klausen (red.), *På tværs af fag* (s. 69-100). København: Akademisk Forlag.

Larsen, D.M., Kristensen, M.L.A., Hjort, M.F. & Seidelin, L. (2022). STEM-didaktik – et internationalt, systematisk review om STEM-undervisningens didaktik. *MONA, 2022(1)*, s. 6-22.



116885_mona_04-2022_.indd 126 09-11-2022 13:23:32

# Kommentarer

I denne sektion bringes kommentarer til tidligere bragte artikler. Kommentarerne skal være saglige, samt fagligt og analytisk funderede. Kontakt gerne redaktionen forinden indsendelse af kommentar. Indsendte kommentarer vurderes af redaktionen og er ikke genstand for peer-review.

116885_mona_04-2022_.indd 127 09-11-2022 13:23:34

# Kunskaper i och om naturvetenskap som del av världsmedborgerlig bildning



Jesper Sjöström,
Malmö
universitet

*Kommentar til Jette Reuss Schmidt og Jens Dolin: "Refleksioner over naturfaglig dannelse og kompetence – på baggrund af et forskerseminar", MONA, 2022(3).*

Artikeln av Jette Reuss Schmidt och Jens Dolin baseras på reflektioner i samband med ett DASERA-symposium i Vejle den 18:e november 2021. Under symposiet höll jag en inbjuden Keynote-föreläsning med titeln "*Bildung* in Science Education". Deras artikel består av fem kortare texter/deltagarreflektioner, utöver en introduktion av huvudförfattarna (sid. 57-60):

1. Dorrit Hansen, Harald Brandt, Pernille Ulla Andersen & Rasmus Høiby: "Naturvidenskabens tetraeder med vision I, II og III – hvor normativ må undervisningen være?" (sid. 61-66)
2. Jette Reuss Schmidt: "Naturfaglig kompetence – intentioner og udfordringer i Tyskland og Danmark" (sid. 67-73)
3. Dorte Salomonsen, Steffen Elmose, Camilla Bech Blomgreen, Kari Astrid Thynebjerg & Marianne Hald: "Sciencekapital og dannelsesulighed" (sid. 74-78)
4. Eliza Jarl Estrup, Daniel Kardyb, Poul Kattler, Lasse Riis Jensen, Lars Henrik Jørgensen & Sheena Laursen: "Uformelle læringsmiljøer og magiske cirkler" (sid. 79-83)
5. Mikkel Broe, Margrete Hedegaard Rasmussen, Anette Vestergaard Nielsen, Niels Anders Illemann Petersen & Søren Lunde: "Den historiske dimension i naturfagsundervisningen" (sid. 84-86)

Jag kommer här främst att kommentera innehållet i den första texten.

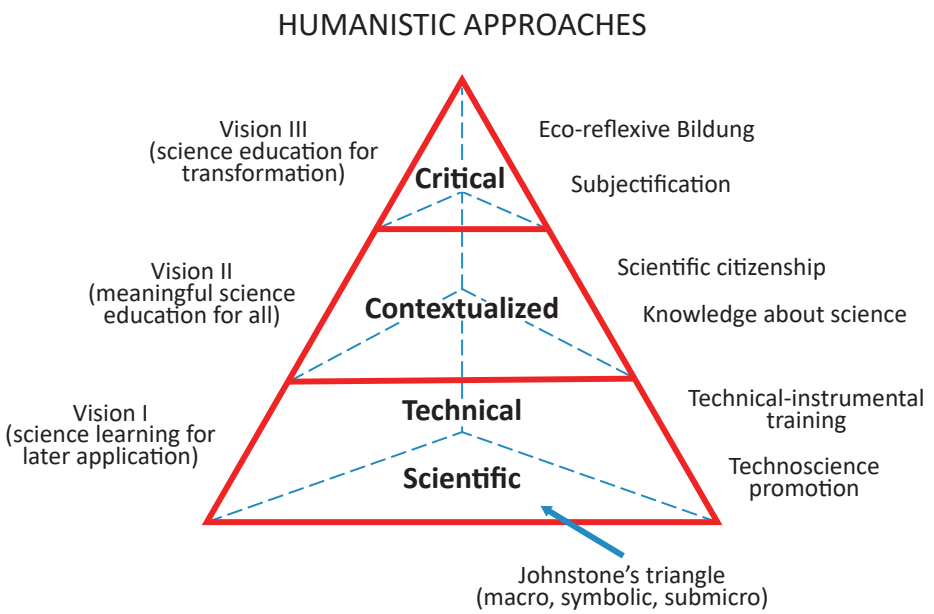


116885_mona_04-2022_.indd 128 09-11-2022 13:23:36

Både bildning (dannelse) och kompetens är breda begrepp som kräver förtydliganden. I andra texten kan man läsa: "Hverken dannelses- eller kompetencedefinitioner dumper ned fra himlen. Begge er komplekse begreber som kræver menneskelige valg." (sid. 72).

I nyligen utkomna boken *Didaktik för lärande och bildning* beskriver jag och min medförfattare Ruhi Tyson bildning i vår tid med hjälp av följande fem punkter: (1) grundfärdigheter, orienteringskunskaper, nyfikenhet och handlingsförmåga; (2) både individuell och kollektiv process; (3) förening av socialisation och personlighetsbildning; (4) kritisk granskning av den egna traditionen och livsstilen; och (5) ett levande världsmedborgarskap (Sjöström & Tyson, 2022, sid. 19 och 77). Det är en syn på bildning som närmar sig det som jag benämner eko-reflexiv bildning (se vidare nedan).

Texten av Hansen med flera diskuterar gruppens tolkning av naturvetenskapstetraedern med tre visioner (figur 1). Gruppen frågar sig hur normativ undervisningen egentligen får lova att vara och var gränsen går för socio-politisk handling i skolans regi. Jag kommer in på dessa båda frågor i slutet av artikeln, efter att jag först diskuterat olika sätt att se på de tre visionerna.




**Figur 1.** *De tre visionerna illustrerade med en tetraeder (Hansen med flera, sid. 62; ursprungligen publicerad i Sjöström & Eilks, 2018).*

I Schmidts och Dolins introduktion (sid. 58-59) kan man läsa följande:

> "I den første artikel tages der [...] afsæt i et oplæg af Jesper Sjöström om naturvidenskabens tetraeder, og der spørges til hvor normativ naturfagsundervisningen må være.



116885_mona_04-2022_.indd 129 09-11-2022 13:23:37

> Sjöström indsætter tre visioner for naturfagsundervisning i et tetraeder med vision I som et fundament bestående af naturfaglig indholdsviden og arbejdsmetode. I vision II kontekstualiseres de naturfaglige videns- og færdighedsområder, og i vision III anvendes naturfaglig viden og færdigheder til kritisk stillingtagen og aktiv handlen. Vision III kobles derfor ofte til bæredygtighedsperspektivet."

Utöver tetraedern för att förklara de tre visionerna har Hansen med flera med tabeller av Siarova med flera (2019, s. 15) och Lars Brian Krogh (2021). Krogh (2021) förknippar vision I med kunskaper *i* naturvetenskap och naturvetenskapliga kompetenser, vision II med problemlösning och kunskaper *om* naturvetenskap, och vision III med handlingskompetens och agens. Vision I handlar främst om det naturvetenskapliga innehållet, vision II om att kunna använda naturvetenskapliga kunskaper i vardag och samhälle och vision III om kritiska ställningstaganden och individuella och samhälleliga transformationer (Hansen med flera, sid. 62). Siarova med flera (2019) beskriver vision III med: "Scientific engagement – social, cultural, political, and environmental issues".

Utifrån ett världsbildsperspektiv (t.ex. Hedlund-de Witt, 2014) menar jag att vision I kan kopplas till en traditionell vetenskaplig världsbild. Vision II kan kopplas till en modern världsbild med utvecklingsoptimism. Vision III, å andra sidan, utgår från en *integrativ världsbild* med betoning av kunskapsosäkerhet, pluralism och miljörättvisa (se t.ex. Sjöström, 2019). Utgångspunkten är såväl visdom som kritisk realism, och naturen ges ett egenvärde. Jag har i flera publikationer kopplat samman vision III, eko-reflexiv bildning och posthumana perspektiv (t.ex. Sjöström, 2018; Yavuzkaya, Clucas & Sjöström, 2022). Kapitel 6 i boken *Didaktik för lärande och bildning* (Sjöström & Tyson, 2022) har titeln "Bildning och didaktik i antropocen". Kapitel 10 har titeln "Integrativ didaktik".

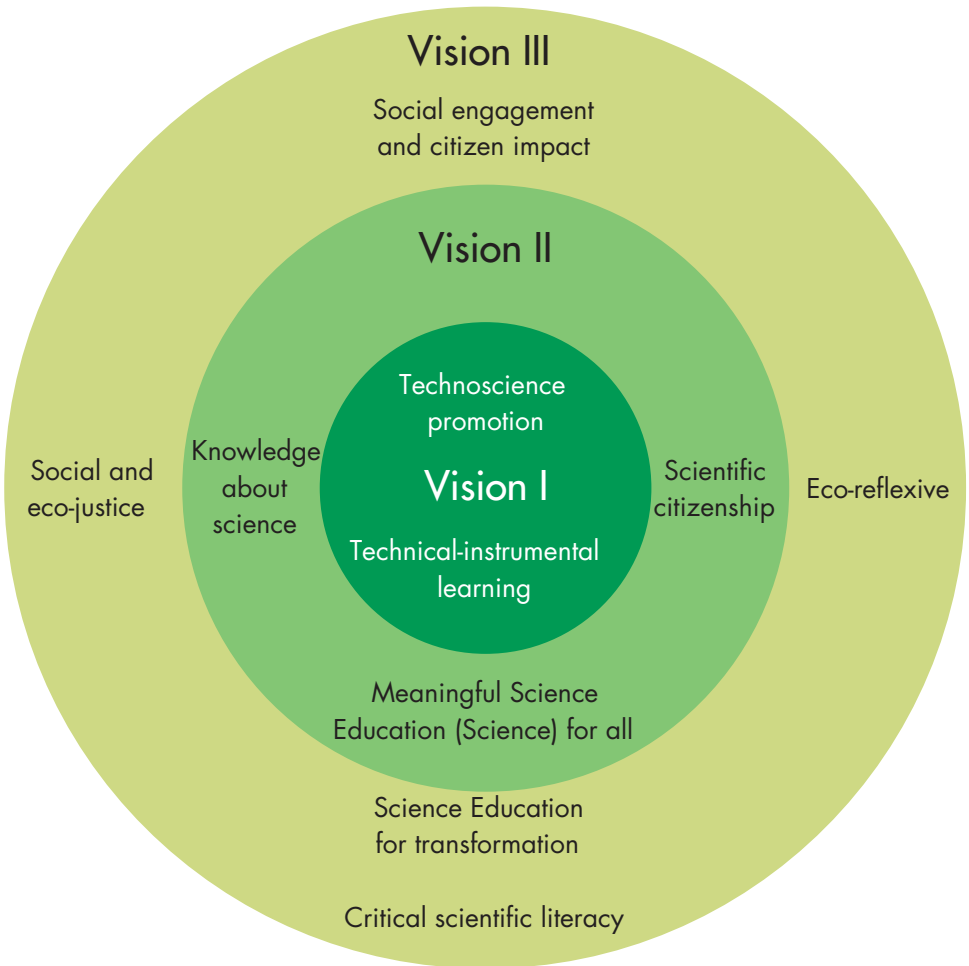
Broe med flera (text fem) tolkar tetraederns översta del som att den inbjuder till normativitet, subjektiva reflektioner och eko-reflexivitet (sid. 85). Vidare pekar de på att skolans "naturvetenskapsämnen" (naturfagene) inkluderar normativa element till skillnad från ren naturvetenskap.

Hansen med flera har dock problem med tetraederstrukturen. De menar att den för tankarna i fel riktning. Bakgrunden till tetraedern och uppdelningen i tre nivåer var att jag redan för tio år sedan (Sjöström, 2013) föreslog att den topp ("human elements") som Mahaffy (2004) hade föreslagit som komplement till Johnstones klassiska kemitriangel/triplett kunde delas upp i tre nivåer.

Under senare år har det föreslagits flera alternativa sätt att illustrera hur de tre visionerna förhåller sig till varandra (se t.ex. Sjöström med flera, 2017; Guerrero & Torres-Olave, 2022; Kubisch med flera, 2022). Guerrero och Torres-Olave (2022) presenterar de tre visionerna i form av tre cirklar där vision III kräver vision II, som i sin tur kräver vision I (se figur 2).



116885_mona_04-2022_.indd 130 09-11-2022 13:23:39

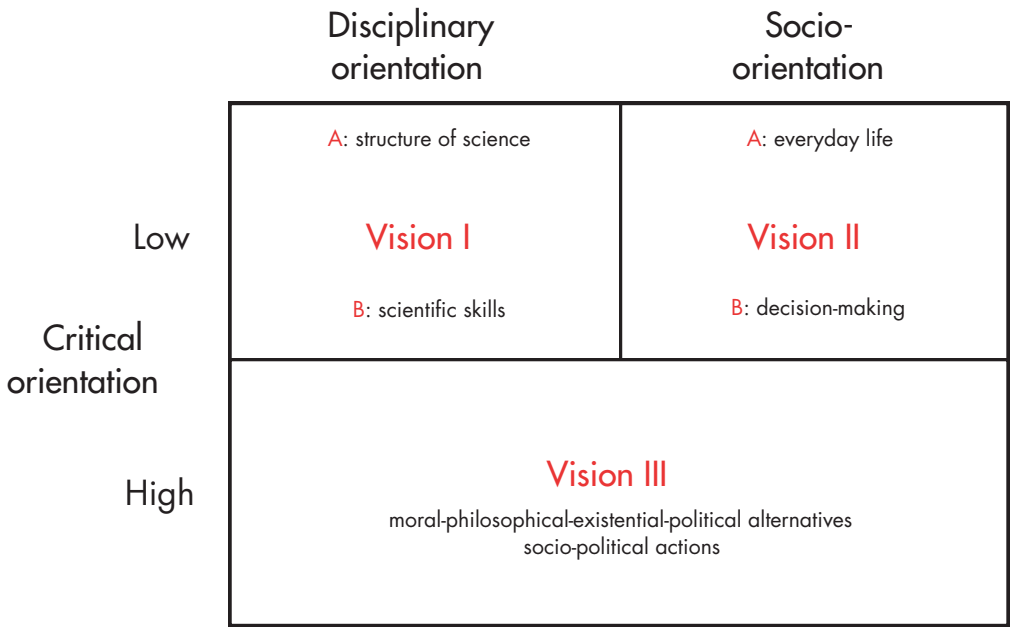



**Figur 2.** *De tre visionerna illustrerade med cirklar (från Guerrero & Torres-Olave, 2022).*

Redan vid ESERA-konferensen i Dublin 2017 föreslog jag modellen som visas i figur 3 (Sjöström, 2017). Där framgår hur vision I fokuserar på disciplinerna och vision II på samhällsfrågor i bred bemärkelse. Vision III tillför kritiska perspektiv till såväl vision I som II. Både vision I och II kan delas upp i A och B-typer (se t.ex. Lidar med flera, 2018; Sund, 2016). Vision III betonar moraliska-filosofiska-existentiella-politiska alternativ och socio-politisk handlingskompetens. En av bakgrunderna till tabellen var en modell publicerad i Christensson och Sjöström (2014, s. 61).



116885_mona_04-2022_.indd 131 09-11-2022 13:23:41




**Figur 3.** *De tre visionerna presenterade i form av en modell/tabell. Figuren visades första gången vid en muntlig presentation under ESERA-konferensen 2017 (Sjöström, 2017), men publiceras här för första gången.*

Hansen med flera frågar sig alltså hur normativ undervisningen egentligen får lova att vara. Delvis som svar på frågan vill jag hänvisa till en artikel av van Poeck och Östman (2020). De sistnämnda lyfter fram lärarens dubbla ansvar att först lägga saker på bordet ("put on the table") och sedan frigöra dem ("make it free"). Med andra ord har lärare ett moraliskt ansvar att synliggöra och visa på alternativa synsätt. Som lärare bör vi undvika enkelspåriga lösningar och i stället visa på frågors komplexitet och inbyggda (politiska) konflikter – saker behöver både synliggöras och frigöras!

Hansen med flera frågar sig också var gränsen går för socio-politisk handling i skolans regi. Jag tänker att skolan inte ska uppmana till det, mer än om det är frågan om autentiska övningar exempelvis i att skriva en debattartikel. Samtidigt tycker jag inte skolan kan stoppa det om vissa elever frivilligt väljer att gå till handling, exempelvis genom att strejka för klimatet, om det blir följden av de insikter och det engagemang de får genom undervisningen.



116885_mona_04-2022_.indd 132 09-11-2022 13:23:43

## Referencer

Christensson, C., & Sjöström, J. (2014). Chemistry in context: analysis of thematic chemistry videos available online. *Chemistry Education Research and Practice*, *15*(1), 59-69.

Guerrero, G. R., & Torres-Olave, B. (2022). Scientific literacy and agency within the Chilean science curriculum: A critical discourse analysis. *The Curriculum Journal*, *33*(3), 410-426.

Hedlund-de Witt, A. (2014). The integrative worldview and its potential for sustainable societies: A qualitative exploration of the views and values of environmental leaders. *Worldviews: Global Religions, Culture, and Ecology*, *18*(3), 191-229.

Krogh, L.B. (2021). Dannelse og naturfaglig dannelse – en dansk kontekstualisering. Oplæg på DASERA-konference november 2021.

Kubisch, S., Krimm, H., Liebhaber, N., Oberauer, K., Deisenrieder, V., Parth, S., ... & Keller, L. (2022). Rethinking quality science education for climate action: Transdisciplinary education for transformative learning and engagement. *Frontiers in Education*, 7, 838135.

Lidar, M., Karlberg, M., Almqvist, J., Östman, L., & Lundqvist, E. (2018). Teaching traditions in science teachers' practices and the introduction of national testing. *Scandinavian Journal of Educational Research*, *62*(5), 754-768.

Mahaffy, P. (2004). The future shape of chemistry education. *Chemistry Education Research and Practice*, *5*(3), 229-245.

Siarova, H., Sternadel, D. & Szönyi, E. (2019). *Research for CULT Committee – Science and Scientific Literacy as an Educational Challenge*. European Parliament, Policy Department for Structural and Cohesion Policies. Hämtad 26 september 2022 på: https://www.europarl.europa.eu/thinktank/en/document/IPOL_STU(2019)629188

Sjöström, J. (2013). Towards *Bildung*-oriented chemistry education. *Science & Education*, *22*(7), 1873-1890.

Sjöström, Jesper (2017). Vision III: Framing STEM education with moral-philosophical-existential-political alternatives. Oral presentation at the European Science Education Research Association (ESERA) Conference, Aug 21-25, Dublin, Ireland.

Sjöström, J. (2018). Science teacher identity and eco-transformation of science education: comparing Western modernism with Confucianism and reflexive *Bildung*. *Cultural Studies of Science Education*, *13*(1), 147-161.

Sjöström, J. (2019). Didactic modelling for socio-ecojustice. *Journal for Activist Science and Technology Education*. *10*(1), 45-56.

Sjöström, J., & Eilks, I. (2018). Reconsidering different visions of scientific literacy and science education based on the concept of *Bildung*. In: Y. Dori, Z. Mevarech, D. Baker (eds.), *Cognition, Metacognition, and Culture in STEM Education – Learning, Teaching and Assessment* (pp. 65-88). Cham: Springer.

Sjöström, J., Eilks, I., & Talanquer, V. (2020). Didaktik models in chemistry education. *Journal of Chemical Education*, *97*(4), 910-915.



116885_mona_04-2022_.indd 133 09-11-2022 13:23:44

Sjöström, J., Eilks, I., & Zuin, V. G. (2016). Towards eco-reflexive science education. *Science & Education*, *25*(3-4), 321-341.

Sjöström, J., Frerichs, N., Zuin, V. G., & Eilks, I. (2017). Use of the concept of *Bildung* in the international science education literature, its potential, and implications for teaching and learning. *Studies in Science Education*, *53*(2), 165-192.

Sjöström, J. & Tyson, R. (2022). *Didaktik för lärande och bildning*. Stockholm: Liber.

Sund, P. (2016). Discerning selective traditions in science education: a qualitative study of teachers' responses to what is important in science teaching. *Cultural Studies of Science Education*, *11*(2), 387-09.

van Poeck, K., & Östman, L. (2020). The risk and potentiality of engaging with sustainability problems in education – A pragmatist teaching approach. *Journal of Philosophy of Education*, *54*(4), 1003-1018.

Yavuzkaya, M., Clucas, P. & Sjöström, J. (2022). ChemoKnowings as Part of 21st Century *Bildung* and Subject Didaktik, *Frontiers in Education*, *7*, 869156.



116885_mona_04-2022_.indd 134 09-11-2022 13:23:46

# Hvad blev der lige af perspektivet?



Lars Brian Krogh, VIA UC



Ole Goldbech, Københavns Professionshøjskole

*Kommentar til Jørgen Løye Christiansen: "Naturfaglige kompetencer i grundskolen – hvilke bør der fokuseres på?", MONA, 2022(3).*

Jørgen Løye Christiansen, herefter JLC, stiller i en artikel i *MONA, 2022(3)*, en række spørgsmål: Hvilke naturfaglige kompetencer bør være de væsentligste i naturfagsundervisningen i grundskolen? Behøver det være de nuværende fire naturfaglige kompetencer? Evt. hvad med den relative vægtning?

Spørgsmålene er særdeles *vigtige* når man betænker at de naturfaglige kompetencer udgør rygraden i beskrivelsen af grundskolens naturfag på langs og på tværs. Spørgsmålene er også særdeles relevante, for som JLC pointerer (og illustrerer i sin tabel 1), så er der kompetencetermer og -varianter "nok at vælge imellem". Så vidt, så godt. Vigtige målkategorier fortjener kritisk granskning og diskussion, måske også i større udstrækning end de nuværende udvalg af naturfaglige kompetencer reelt er blevet det.

Kommentaren her går imidlertid på at vi ikke er voldsomt overbeviste af JLC's granskning og punktvise argumentation. Og vigtigere endnu mener vi at præmissen for og perspektivet i JLC's argumentation er så snævre at en kompetenceorientering efter de resulterende anbefalinger vil undergrave det almendannende sigte som er udtrykt i folkeskolens formål og naturfagenes læseplaner, fx afsnit om identiteten af fagene.

JLC synes mest optaget af at opnå begrebslig klarhed – hvornår er noget en *naturfaglig* kompetence hhv. hvornår er det "bare" (vores fremhævelse) en *generisk*? Han fastslår indledningsvis at det vil være "nyttigt at klarlægge hvad naturfaglige kompetencer egentlig er" (s. 9), men afklaringen vokser desværre ikke ud af den efterfølgende argumentation i teksten. JLC omtaler først en række forskellige danske såvel som internationale forsøg på at eksplicitere hvad man meningsfuldt kan forstå ved naturfaglig kompetence. Kun undtagelsesvist diskuteres disse op imod hinanden – og JLC anfører selv (s. 10) at der er "ingen konsensus på tværs af landegrænser



116885_mona_04-2022_.indd 135 09-11-2022 13:23:48

for hvad det vil sige at være naturfagligt kompetent". Hvilket alt i alt ikke bringer os nærmere at klarlægge hvad naturfaglige kompetencer *egentlig* er eller bør være *i en dansk kontekst*. Her ville det have været herligt med en mere dybtgående analyse af de forskellige buds relative styrker og svagheder. Dette ville også have aktualiseret behovet for at tydeliggøre hvad en brugbar formulering af naturfaglige kompetencer skal gøre godt for – hvad er efter JLC's opfattelse meningen med, målet med og perspektivet i at beskrive naturfaglige kompetencer?

Undervejs i sin omtale har JLC fat i de to første danske definitioner af naturfaglig kompetence, som begge blev til i forbindelse med arbejdet med *Fremtidens naturfaglige uddannelser* (findes i hhv. selve FNU-rapporten, Andersen et al., 2003, og i et bidrag til baggrundsantologien *Inspiration til fremtidens naturfaglige uddannelser*, Dolin et al., 2003. Med visse modifikationer er det sidstnævnte som er afsættet for den nuværende tænkning om naturfaglige kompetencer i samtlige naturfags målbeskrivelser og læseplaner. Af JLC's kommentarer hertil fremgår det at han faktisk er opmærksom på at der var tale om et forsøg på at lave en tværgående kompetencebeskrivelse *ud fra et almendannende perspektiv*. Da beskrivelsen blev til, var det helt afgørende for os (Lars Brian Krogh har som medforfatter en vis historikindsigt) at vi ville gøre kompetencebegrebet pædagogisk relevant i en dansk kontekst ved at vinkle vores beskrivelse ud fra et almendannelsesperspektiv og med særlig vægt på Svein Sjøbergs (Sjøberg, 2005) kulturelle og demokratiske argumenter. I forlængelse af det kulturelle argument prøvede vi at identificere en fælles *epistemologisk* naturvidenskabelig kerne som muliggjorde at man kunne beskrive arbejdsdeling på tværs og progression i arbejdet med naturfagene. Det ledte os til at indføre empiri/undersøgelseskompetence, modelleringskompetence og repræsentationskompetence (som sidenhen i 2014-reformen blev omkalfatret til kommunikationskompetence). Disse metoder og tankegange er vigtige aspekter af fagets egenart – og fremstår for JLC som *hele* begrundelsen for at tale om naturfaglige kompetencer.

I vores oprindelige arbejde var vi imidlertid mindst lige så optagede af at inkorporere et fagoverskridende og demokratisk almendannelsesperspektiv. Så eleverne ikke bare skulle have viden om/kunnen i fag, men at de samtidig kunne forbinde denne viden med historiske, kulturelle og samfundsmæssige forhold.

For på denne måde at "skabe mening og autonomi og udøve medbestemmelse i de livssammenhænge hvor det er relevant". Dette essentielle dannelsessigte fik os til at indføre perspektiveringskompetencen. Og både sigtet og perspektiveringskompetencen udfoldes i den grad i naturfagenes aktuelle arbejde med fællesfaglige problemstillinger i udskolingsfagene. Det er dette sigte JLC er parat til at skrive ud af naturfagene med sin *anbefaling*: "Derfor vil jeg anbefale at de naturfaglige (del) kompetencer der er undervisningens målkategorier, tydeligt evner at indfange grundlæggende naturfaglige metoder og tankegange" (s. 12). Helt konkret ønsker han at kun



116885_mona_04-2022_.indd 136 09-11-2022 13:23:50

empirikompetence og modelleringskompetence fremover opfattes som naturfaglige kompetencer, mens perspektiverings- og kommunikationskompetence anses for "vigtige kompetenceområder i nok alle grundskolens fag" (s. 12) – ikke-karakteristiske for naturfag og altså noget alle andre fag lige så vel kunne tilvejebringe!

JLC's argumentation for at bortdømme perspektiverings- og kommunikationskompetence som naturfaglige kompetencer er ikke uproblematisk. JLC anfører selv at OECD "anlægger det synspunkt at (del)kompetencer bliver til naturfaglige (del)kompetencer via relationen til det naturfaglige genstandsfelt" (s. 11). Efter vores opfattelse et fornuftigt omend ikke voldsomt strikt kriterium, al den stund at det ikke er klart hvori en sådan relation skal bestå. JLC anfører: "Med et sådant synspunkt vil de fleste af de kompetencer der oplistes i tabel 1, kunne betegnes som naturfaglige delkompetencer." Uden at argumentationen bliver helt eksplicit, så forstår vi at JLC anser dette for uhensigtsmæssigt, hvorfor han er tilskyndet til at lave en snæver udskilning med fokus på naturfaglige metoder og tankegange (s. 12). Efter vores opfattelse har såvel perspektiveringskompetencen som kommunikationskompetencen også indlysende relation til det naturfaglige genstandsfelt: Hvad angår fx perspektiveringskompetencen, så er der jo tale om *naturfaglig viden* som perspektiveres historisk, kulturelt og samfundsmæssigt. Tilmed har denne viden i B. Bernsteinsk forstand også sin egenart som en *særlig* hårdt klassificeret og ofte dekontekstualiseret viden som kræver rekontekstualisering for at blive brugbar for eleverne. Dette arbejde bæres af perspektiveringskompetencen, og det er klart naturfagligt både i udspring og af natur. Tilsvarende kan man sige at den beskrevne kommunikationskompetence vægter det specifikt naturfaglige sprog og har fokus på "naturfaglige teksters indholdsmæssige og sproglige særkender, fx objektivitetskrav og nominaliseringer" (jf. læseplan i udskolingens naturfag). Den amerikanske forsker J. Lemke (1990), som har spillet en central rolle i udviklingen af et sociokulturelt læringssyn i naturfagene, fastslår i en berømt sentens: "learning science is learning to talk science." Hvordan kan man – i forlængelse heraf – mene at kendskab til det naturfaglige sprog og dets særlige genrer og formater ikke skulle være en naturfaglig kompetence? Som tilmed er altafgørende for at man som elev kan deltage i naturfagenes *sociale* og *kommunikative/diskursive* praksisser. Naturfagene (herunder også de bagvedliggende videnskabsfag) er karakteriseret ved andet og mere end *epistemologiske* praksisser (se fx Kelly, 2014).

Når vi er betænkelige ved – og går i rette med – JLC's anbefaling, så er det altså fordi vi faktisk mener at naturfag skal forstås som andet og mere end dets metoder og tankegange. Men vigtigere endnu mener vi at naturfaglig undervisning i grundskolen bør have et klart dannelsesmæssigt perspektiv som bør afspejles i fagenes kompetencebeskrivelser. Hvis man følger JLC's anbefaling og skriver perspektiveringskompetence og kommunikationskompetence ud af naturfagenes målbeskrivelser, så vil disse vigtige dannelsesaspeker tilsvarende forsvinde fra den prioriterede undervisning



116885_mona_04-2022_.indd 137 09-11-2022 13:23:52

og fra fagenes prøver ("backwash-effect"). I bedste fald vil eleverne opnå en snæver Vision I-dannelse (i forlængelse af Roberts (2007) og Sjöström & Eilks (2018)) som er god hvis man skal studere naturfagligt, men som ikke gavner eleverne når de skal forholde sig til alle tidens epoketypiske problemstillinger i deres livsverdener. Det kan hverken eleverne eller samfundet være tjent med.

Så selvom artiklen rejser en vigtig diskussion, forbliver anbefalingen herfra at man læser hen over dens væsentligste anbefaling!

## Referencer

Andersen, N.O., Busch, H., Horst, S. & Troelsen, R. (2003). *Fremtidens naturfaglige uddannelser – bd. 1: Strategiplan 2003-2008 og videre frem*. Undervisningsministeriet.

Dolin, J., Krogh, L. & Troelsen, R. (2003). En kompetencebeskrivelse af naturfagene. I: H. Busch, S. Horst & R. Troelsen (red.), *Inspiration til fremtidens naturfaglige uddannelser* (s. 59-142). Undervisningsministeriet.

Kelly, G.J. (2014). Discourse Practices in Science Learning and Teaching. I: *Handbook of Research on Science Education, vol. II* (s. 321-336). Routledge.

Lemke, J.L. (1990). *Talking Science: Language, Learning and Values*. Ablex Publishing Corporation.

Roberts, D.A. (2007). Scientific Literacy/Science Literacy. I: S.K. Abell & N.G. Lederman (red.), *Handbook of Research on Science Education* (nr. 25, s. 729-780). Lawrence Erlbaum Associates.

Sjøberg, S. (2005). *Naturfag som almendannelse – en kritisk fagdidaktik*. Klim.

Sjöström, J. & Eilks, I. (2018). Reconsidering Different Visions of Scientific Literacy and Science Education Based on the Concept of Bildung. I: Y.J. Dori, Z.R. Mevarech & D.R. Baker (red.), *Cognition, Metacognition, and Culture in STEM Education* (s. 65-88). Innovations in Science Education and Technology, 24. Springer International Publishing.



116885_mona_04-2022_.indd 138 09-11-2022 13:23:53

# Om naturfaglige kompetencer – en replik



Jørgen Løye Christiansen,
Professionshøjskolen
Absalon

*Replik til Lars Brian Krogh & Ole Goldbechs kommentar: "Hvad blev der lige af perspektivet?", MONA, 2022(04).*

Lars Brian Krogh og Ole Goldbech (K & G) kommenterer i dette nummer af MONA artiklen "Naturfaglige kompetencer i grundskolen – hvilke bør der fokuseres på?" Artiklen (Christiansen, 2022) er et "position paper" der diskuterer hvilke kompetencer vi bør kalde naturfaglige, og hvor mange af dem vi bør fokusere eksplicit på i naturfagsundervisningen. Det glæder mig at K & G også synes det er en relevant og vigtig diskussion.

Beskrivelsen af folkeskolens formål og læseplanerne for naturfagene har gennem tiden ændret sig, og det kan og vil de naturligvis også i fremtiden. Derfor må det være legitimt at spørge om organisering og målbeskrivelser af naturfagene kan gøres på en anden måde. Vi må tillade os at spørge hvorfor en organisering af naturfagsundervisningen i netop fire kompetenceområder er det rigtige, og hvorfor netop disse fire (undersøgelses-, modellerings-, perspektiverings- og kommunikationskompetencen) er de mest hensigtsmæssige.

Diskussionen udspiller sig i rammerne af definitioner af hvad vil det sige at være naturfagligt kompetent.

Jeg synes Weinerts definition på fornuftig vis kan give udtryk for kravene til den naturfagligt kompetente:

> "Naturfaglige kompetencer er de, for enkeltpersoner, tilgængelige eller lærbare kognitive færdigheder og evner der, forbundet med motivation, viljestyrke, socialt beredskab og sociale færdigheder, afstedkommer succesfuld og ansvarlig problemløsning i variable naturfaglige situationer" (Weinert, 2001, efter Wiesner & Schreiner, 2020, tilført "naturfaglige").



116885_mona_04-2022_.indd 139 09-11-2022 13:23:55

Det synes tydeligt at den naturfagligt kompetente benytter sig af talrige understøttende kompetencer uden hvilke personen ikke ville kunne fremstå kompetent. Problemet er imidlertid, som jeg ser det, at en sådan overordnet definition, omend generelt fornuftig, ikke er særlig handlingsvejledende i forhold til undervisning og læring i naturfag. Vi er derfor, i min optik, nødt til at udvælge nogle naturfaglige kompetenceområder som i særlig grad er karakteristiske for den naturfagligt kompetente. Dette synes jeg gælder for empirikompetence og modelleringskompetence, da de i høj grad har afsæt i naturfaglige metoder og tankegange og er væsentlige når eleverne skal designe og gennemføre undersøgelser. Da eleverne i grundskolen har mange forskellige fag, vil der i de andre fag være særligt fokus på talrige andre væsentlige kompetencer, som alle vil være vigtige for den almendannede person.

Når man læser K & G's kommentar, kan man få det indtryk at de mener at jeg ikke synes at kommunikationskompetence og perspektiveringskompetence er vigtige i naturfagsundervisningen. Men jeg kan beroligende slå fast at jeg synes de er meget vigtige, måske ligefrem essentielle. Men det at de er vigtige, gør dem ikke, i min optik, automatisk til naturfaglige kompetencer – de er nemlig mere end det. Jeg mener at kommunikations- og perspektiveringskompetencen er essentielle generiske kompetencer for det almendannede menneske, hvorfor de bør anvendes og udvikles i alle skolens fag, ikke bare i naturfag. I alle grundskolens fag bør hensigtsmæssig og fagrelevant kommunikation og perspektivering komme til udtryk.

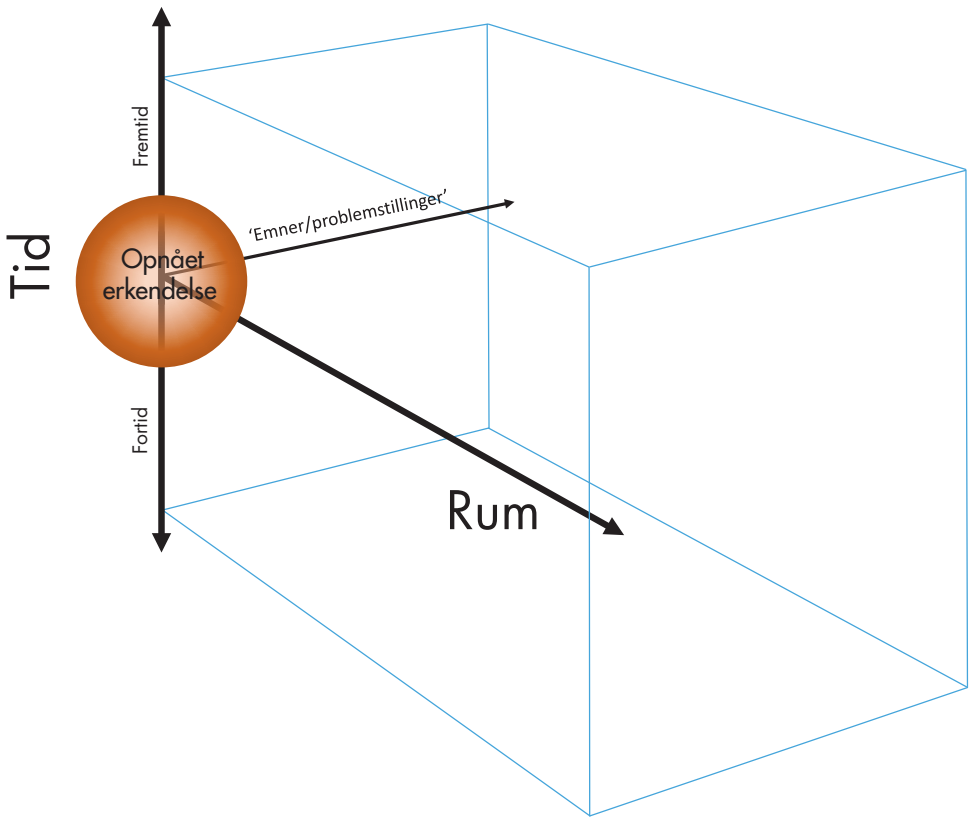
Så når jeg i artiklen (Christiansen, 2022) foreslår en forsimpling af naturfagenes kompetencemålskategorier fra fire til to, er det ikke fordi jeg mener at der skal tages noget væk fra naturfagene – det er snarere et forsøg på at reducere kompleksiteten hvad angår rammesætning og evaluering af naturfagsundervisningen i grundskolen, således at de generiske kompetencer nu ses som værdimarkører for de to toneangivende naturfaglige kompetencer: empiri- og modelleringskompetencen.

Altså, i en situation hvor det ønskes at bedømme en elevs niveau af målopfyldelse hvad angår empirikompetencen, skal eleven kunne ræsonnere, fortolke og argumentere (via fagsprog) for fx valg og fravalg og styrker og svagheder i forhold til eksempelvis elevens dataindsamlingsmetode. Eleverne skal derfor argumentere for deres forskellige påstande med belæg og hjemmel, lejlighedsvist udvidet med gendrivelse, rygdækning og styrkemarkør, kendt fra den klassiske argumentationsteori. Elever der på fornuftig vis kan kommunikere og argumentere for deres naturfaglige påstande, vil, tænker jeg, få højere karakterer end dem der ikke kan (for at bruge den lidet flatterende karaktermetafor). På denne måde opfattes den generiske kompetence kommunikationskompetencen som en værdimarkør når elevens niveau af målopfyldelse skal bedømmes. På tilsvarende vis forholder det sig med perspektiveringskompetencen. Eleven skal kunne "træde et skridt tilbage" og se sine resultater i en større sammenhæng. Eleven skal altså kunne sætte sit emne/sine resultater ind



116885_mona_04-2022_.indd 140 09-11-2022 13:23:57

i andre sammenhænge, altså relatere dem til noget andet, fx historisk, kulturelt og samfundsmæssigt, som K & G anfører. Der kan derfor være tale om perspektivering i kombinationer af rum, tid og "problemstillinger/emner" (se figur 1), hvor der kan perspektiveres snævert inden for fag/emne til andre fag/emner/problemstillinger, til situationer i fortid, nutid og fremtid og til helt tilsvarende problemstillinger, bare udspillet andre steder, alt efter hvad der i situationen giver mening.




**Figur 1.** *Perspektivering i kombinationer af rum, tid og "problemstillinger/emner".*

Naturfagsundervisningen bør naturligvis rammesættes således at eleverne får tid og mulighed for at perspektivere en naturfaglig erkendelse til en relevant omverden. Spørgsmål af typen "Hvordan tror du *dette* (*dette* = den opnåede erkendelse der danner udgangspunkt for perspektiveringen) kan anvendes til at …?", "Hvad er forskellen og lighederne mellem *dette* og …?", "Hvorfor tror du det er sådan?" og "Hvordan kan du bruge *dette* i det du kan komme ud for i din hverdag?" kan være gavnlige for strukturering af elevernes perspektiveringsovervejelser. Evner en elev ikke nogen grad af perspektivering, kan eleven ikke ligge i toppen af "karakterskalaen". Derfor skal perspektiverings- og kommunikationskompetencerne skrives ind i målbeskrivel-



116885_mona_04-2022_.indd 141 09-11-2022 13:23:59

serne som væsentlige værdimarkører der kan være med til at afgøre hvor naturfagligt kompetent en elev er i en given situation.

Når K & G stadig ønsker at kalde kommunikationskompetence og perspektiveringskompetence for naturfaglige kompetencer, er det på linje med OECD (2018), hvor kompetencer bliver til naturfaglige kompetencer via relationen til det naturfaglige genstandsfelt. Problemet med et sådant standpunkt er bare, frygter jeg, at listen med naturfaglige kompetencer som skal læseplansbeskrives og evalueres, kan blive meget lang. Ellers er man nødt til at argumentere for hvorfor nogle af de ellers generiske kompetencer kommer på listen over naturfaglige kompetencer (fx kommunikationskompetencen og perspektiveringskompetencen) mens andre ikke gør (fx problemløsningskompetence, kreativ kompetence, kritisk kompetence, læringskompetence og læsekompetence).

Hvis man anfører at de sidstnævnte kompetencer naturligvis er en del af/inkluderet i de valgte naturfaglige kompetencer, accepterer man et kompetencehierarki som meget hurtigt kan komme til at ligne det jeg præsenterede i artiklens figur 1 (se Christiansen, 2022).

## Referencer

Christiansen, J.L. (2022). Naturfaglige kompetencer i grundskolen – hvilke bør der fokuseres på? *MONA, 2022(3)*, s. 6-17.

OECD (2018). *PISA for Development Assessment and Analytical Framework: Reading, Mathematics and Science*. Paris: OECD Publishing.

Wiesner, C. & Schreiner, C. (2020). Ein Modell für den kompetenzorientierten Unterricht und als Impuls für reflexive Unterrichtsentwicklung und -forschung. I: U. Greiner, F. Hofmann, C. Schreiner & C. Wiesner (red.), *Bildungsstandards: Kompetenzorientierung, Aufgabenkultur und Qualitätsentwicklung im Schulsystem* (s. 319-352). Waxmann.



116885_mona_04-2022_.indd 142 09-11-2022 13:24:01

# Litteratur

I denne sektion bringes anmeldelser af og notitser om nye bøger, rapporter og andre væsentlige ressourcer inden for det matematik- og naturfagsdidaktiske felt. Læsere opfordres til at kontakte redaktionen med henblik på at få bragt anmeldelser og notitser. Indlæg er ikke genstand for peer-review.

116885_mona_04-2022_.indd 143 09-11-2022 13:24:03

# Scenariedidaktik

## – en GUT-teori for elevers undersøgende arbejde med autentiske komplekse problemstillinger?



Martin Krabbe
Sillasen, VIA
University College




*Anmeldelse af "Håndbog i Scenariedidaktik". Redigeret af Simon Skov Fougt, Jeppe Bundsgaard, Thorkild Hanghøj og Morten Misfeldt. Udgivet på Aarhus Universitetsforlag 2022.*

Denne anmeldelse starter lidt atypisk ved at referere til et andet videnfelt end det didaktiske. Da jeg havde læst bogen, søgte jeg – som jeg ofte gør når jeg læser ny og inspirerende viden indenfor didaktikken – tilbage i mit eget faglige arnested, fysikkens verden, for at forbinde den nyerhvervede viden med et vidensfelt som jeg har lang erfaring med.

Indenfor fysikkens verden har man i mange år søgt efter den ultimative teori, som forbinder Einsteins relativitetsteori med kvantemekanikken og partikelfysikkens Standardmodel. En såkaldt Grand Unified Theory (GUT). Hertil er man ikke nået endnu, og status fra fysikkens verden tyder på at der er lange udsigter.

Inspirationen til denne perspektiverende reference til fysikkens verden opstod fordi jeg efter at have læst "Håndbogen" sad tilbage med en fornemmelse af at det har været forfatternes ambition netop at sammenfatte en GUT-teori for de mange forskellige didaktiske teorier for elevers undersøgende arbejde, som



116885_mona_04-2022_.indd 144 09-11-2022 13:24:05

findes i det didaktiske felt på tværs af forskellige fag og fagligheder. Alene indenfor det naturfaglige område findes der mindst syv forskellige undervisningstilgange som kredser om dette fokus (se kapitel 1 i Daugbjerg, Krogh, Nielsen & Sillasen (2021)).

Min fornemmelse af forfatternes ambition valideres i kapitel 1, hvor forfatterne netop begrunder behovet for at formulere scenariedidaktik som et begreb og en tilgang "der gør det muligt at tale om fællestræk for mange forskellige slags elevaktiverende undervisningsmåder, der indebærer meningsfulde opgaver, realistiske og udviklende arbejdsformer og -relationer og ikke mindst fælles udfordringer ved at realisere disse tilgange i praksis."

Jeg tilslutter mig forfatternes begrundelse for behovet for at kunne sammenligne de mange forskellige slags elevaktiverende undervisningsmåder som findes i det didaktiske felt. Spørgsmålet er så om scenariedidaktikken opfylder dette behov.

## Er scenariedidaktik en GUT-teori?

Efter denne indflyvning er det på sin plads at svare på det oplagte spørgsmål: Er det lykkedes forfatterne at lave en GUT-teori for elevers undersøgende arbejde der rækker ind i alle skolens fag? Mit svar vil sikkert skuffe læseren da jeg kun kan svare "måske". Håndbogen er jo ganske ambitiøs og kommer med eksempler på applikation af scenariedidaktikken i både dansk, matematik, sprogfagene, historie, samfundsfag og teknologiforståelse. Da mine primære interesseområder er naturfags- og teknologididaktik, har jeg koncentreret mig om de kapitler i bogen som fokuserer på naturfag og teknologiforståelse. Hvis man er interesseret i hvordan en matematikdidaktiker, historiedidaktiker eller sprogdidaktiker vurderer bogens kvalitet, må man søge anmeldelser andetsteds.

Afgrænses min vurdering til applikation af scenariedidaktik i naturfagene og teknologiforståelse, vil jeg derimod sige at forfatterne er lykkedes ganske godt med at positionere scenariedidaktik som "et overbegreb for en lang række forskellige metoder, der deler nogle grundlæggende karakteristika og udfordringer, fælles forestillinger, faktiske situationer med udfordringer, som eleverne undersøger og handler i og med, og som har forskellige udfald, og hvor eleverne må kommunikere og samarbejde." (Kap. 1, side 16)

## Intermezzo med didaktiske benspænd

Her er der behov for et lille intermezzo som forklarer hvordan bogen er bygget op. Indledningsvist starter håndbogen med to kapitler som introducerer scenariebegrebet som et overbegreb. Herefter følger en række bogsektioner dedikeret til forskellige fagfelter: dansk, matematik, naturfag, sprog, historie og samfundsfag. I hver sektion indledes med en oversigtsartikel som relaterer scenariedidaktikken



116885_mona_04-2022_.indd 145 09-11-2022 13:24:07

til fagfeltet. Herefter følger en række casekapitler som eksemplificerer hvordan scenariedidaktikken kan anvendes i forskellige undervisningskontekster.

De to indledende kapitler udfolder scenariebegrebet på en ganske god måde, så man som læser sidder tilbage med en god teoretiske forståelse som udgangspunkt for at læse videre ind i de faglige felter man måtte være yderligere interesseret i.

Håndbogen afrundes med et velskrevet kapitel af Thomas Illum Hansen (TIH), som kaster et kritisk blik på scenariedidaktikken ved at bruge to af Deweys nøglebegreber – *receptiv undergoing* og *learning by doing* – som teoretisk baggrundstæppe. Centralt i TIH's kritik af scenariedidaktikken – som jeg er ganske enig i – står at han forbinder scenariedidaktikken med megen vægt på "den eksperimenterende, handlingsorienterede, problemløsende og hypoteseafprøvende dimension af Deweys pædagogiske tænkning" (s. 520). Han spørger kritisk om dette ikke er et videnskabeligt undersøgelsesbegreb som primært er velegnet til at beskrive den hypotesebaserede del af menneskers læring og tænkning, og som bedst kan karakteriseres med begrebet *Learning by doing,* hvor subjektet er aktiv og en som udfører en handling. Men som TIH indvender ved hjælp af begrebet *undergoing*, så handler verden også *med* mennesker og udsætter det for et spektrum af oplevelser som ikke altid ender med succesfulde erfaringer der egner til uddannelsesformål. I forlængelse af disse overvejelser om indholdsvalg afslutter TIH kapitlet med to velmenende didaktiske bespænd. Det første benspænd er behovet for at overveje hvad målene er med at anvende et scenarie. Et scenarie er kun en middel og en del af en større indholdsproblematik. Hvad lærer eleverne fx af naturfaglige kompetencer når de deltager i Naturfagsmaraton i 5.-6. klasse? Hvordan er Naturfagsmaraton med til at styrke elevernes interesse for naturfag på den lange bane? (Kap. 16). Det andet benspænd vedrører ifølge TIH en potentiel fare for at pådutte elever moralske pointer på et for spinkelt grundlag ved at tematisere *for* komplekse problemstillinger som eleverne ikke vil være i stand til at forholde sig til med den faglighed som de lærer på et givent klassetrin. Det kræver både nytænkning og et professionelt blik for læringsprogression når lærerteams skal planlægge problemorienteret undervisning som både indeholder læring af fundamentale faglige begreber såvel som at arbejde problemløsende adækvat for elevernes aktuelle udviklingstrin.

## Teknologiforståelse

Den sidste bogsektion, som jeg ikke nævnte i intermezzoet, omhandler (digital) teknologiforståelse som en faglighed i skolen. I casekapitlerne (kapitel 31-34), som efterfølger det indledende oversigtskapitel (kapitel 30), eksemplificeres hvordan nye og interessante didaktiske begreber knyttet til (digital) teknologiforståelse kan operationaliseres i forskellige undervisningssituationer. Det drejer sig om: digital myndiggørelse, computationel tænkning og komplekse problemstil-



116885_mona_04-2022_.indd 146 09-11-2022 13:24:09

linger (eller "wicked problems", som det hedder på nydansk). Hertil også et tankevækkende kapitel om hvordan man skal passe på med at lave scenarier med for få frihedsgrader, som hæmmer elevernes muligheder for at aktivere deres fantasi som en læringsmæssig ressource.

Et lille hår i suppen i denne ellers veldisponerede kobling af scenariedidaktik til (digital) teknologiforståelse er at forfatterne i kapitel 30 forsøger at legitimere (digital) teknologiforståelse som et selvstændigt fag i skolen. Det er måske ikke lige på sin plads når håndbogens overordnede fokus er at besvare scenariedidaktikkens tre overordnede spørgsmål, som præsenteres i læsevejledningen (s. 13): Hvordan etablerer læreren et læringsfællesskab i klasserummet? Hvordan understøtter læreren at eleverne reflekterer fagligt? Og hvordan kobler læreren – og eleverne – scenariet til verden uden for skolen?

En uddannelsespolitisk diskussion om (digital) teknologiforståelse hører til andre steder end i en håndbog, hvis primære formål ifølge introduktionen er at inspirere studerende og praktikere til at bruge scenariedidaktikken i egen praksis.

## Naturfag

For naturfags vedkommende karakteriserer Jens Dolin i oversigtskapitlet (kap. 15) hvordan naturfagsdidaktikken fint harmonerer med scenariedidaktikken anskuet ud fra et autencitetsperspektiv. For at underbygge denne harmoni fremhæver Dolin fire begrebssæt som indenfor naturfagsdidaktikken bidrager til at understrege vigtigheden af autencitet i undervisningen: Konstruktivistisk læringsteori, kompetenceorienteringen, undersøgelsesbaseret naturfagsundervisning (UNBU eller IBSE) og socio-scientific issues – eller på dansk: samfundsfaglige problemstillinger med et naturvidenskabeligt/teknologisk indhold. Naturfagsdidaktikere foretrækker akronymet SSI.

Efter oversigtkapitlet følger fire casekapitler som eksemplificerer hvorledes autencitet kan udfoldes på tre forskellige former: personlig autencitet, samfundsmæssig autencitet og faglig autencitet. Kapitlerne omhandler alle velvalgte scenarier som illustrerer at scenariedidaktikken favner vidt forskellige slags læringskontekster som fx Naturfagsmaraton i 5.-6. klasse (kap. 16), Re-design af udsatte byområder i tværfaglig undervisning med anvendelse af citizen-science i 5.-9. klasse (kap. 17), skole-virksomhedssamarbejde (kap. 18) og Mars-basen i fysik C i gymnasiet (kap. 18).

Fra min naturfagsdidaktiske position er jeg glad for at Dolin i oversigtskapitlet laver en kobling mellem autencitetsbegrebet og scenariedidaktikken, af to grunde. For det første viser det at vi indenfor naturfagsdidaktikken allerede før scenariedidaktikkens fremkomst har haft fokus på at inddrage autentiske problemstillinger som eleverne kan arbejde undersøgende med. Man kan stille sig selv det spørgsmål om autencitetsbegrebet i sig selv kan bruges til at sammenligne fælles træk ved forskellige elevcentrerede undervisningstilgange som fx IBSE,



116885_mona_04-2022_.indd 147 09-11-2022 13:24:10

engineering, problembaseret læring, entreprenørskab, innovation etc. Dertil behøver vi måske ikke et scenariebegreb? For det andet at vi ikke skal til at opfinde en masse nye didaktiske begreber for at kunne arbejde scenariedidaktisk i tværfaglig samarbejder med andre fagområder. Det sidste er fx tilfældet med introduktionen af (digital) teknologiforståelse som en ny faglighed i skolen.

## Scenariedidaktikken på tværs af fagdomæner

Et element som jeg synes er underbelyst i denne håndbog, er scenariebegrebets tværfaglige potentiale, som jeg mener godt kunne have fortjent at blive underbygget med flere eksempler i håndbogen. De eksempler som findes i håndbogen, udfoldes primært indenfor hvert fagdomæne, som det fx manifesterer sig i casekapitlerne for naturfag.

Ambitionen med at udvikle scenariedidaktik som et overbegreb på tværs af mange fagdomæner bidrager jo netop med et didaktisk sprog som også giver mulighed for at undersøge muligheder og udfordringer for tværfagligt samarbejde mellem fx sprogfag og naturfag.

## Referencer

Daugbjerg, P., Krogh, L.B., Nielsen, K. & Sillasen, M.K. (2019). Engineering i Gymnasiet: Vidensgrundlag. VIA University College. Lokaliseret 20.10.2022: Engineering i Gymnasiet: Vidensgrundlag — UC Viden – Professionshøjskolernes Videndatabase.



116885_mona_04-2022_.indd 148 09-11-2022 13:24:12