STEM-didaktik

STEM didaktik

med fokus på matematik til grundskole, gymnasie og dagtilbud

Connie Svabo
Dorte Moeskær Larsen
Katrine Bergkvist Borch
Maiken Westen Holm Svendsen
Mette Als Kristensen

Syddansk Universitetsforlag

© Forfatterne og Syddansk Universitetsforlag 2024
Foto: Nick Degn og Robert Wengler
LabSTEM er finansieret af Novo Nordisk Fonden og Region Syddanmark
Grafisk tilrettelæggelse og omslag: Mikkel Henssel
ISBN: 978-87-408-3524-3
Tryk og sats: Specialtrykkeriet Arco

Indhold

Forord af Keith Devlin 12

Forfatternes forord 14

Tak 16

Om bogen 18

Introduktion 22

Udfordringer: mangel på elever, mangel på lærere 22

Udvikling af nye tilgange: begrundelser for STEM 23

STEM er tværfaglighed 24

STEM har fokus på de deltagende børn, unge og voksne 25

Fokus på M og balance mellem forskellige fagområder 25

Laboratoriemodellen og LabSTEM-projektet for nye STEM-aktiviteter og efteruddannelse 26

Bogens struktur 27

Kapitel 1. LabSTEM-projektet og Laboratoriemodellen 40

Laboratoriemodellen som kompetenceudvikling gennem aktionslæring 42

Laboratoriemodellen: kompetenceudvikling gennem deltagelse i udviklingsprojekt 42

Praksis, uddannelse og viden 43

LabSTEM-projektet i Laboratoriemodellens fem skridt 44

LabSTEM-projektets mål og resultater 46

Kapitel 2. Hvad er STEM? 50
S – Science 54
T – Teknologi 54
E – Engineering 55
M – Matematik 56
STEM og STEM-uddannelse 56
Diskussions- og refleksionsspørgsmål 59

Kapitel 3. Didaktiske principper for STEM-aktiviteter 62
Princip 1: STEM og almendannelse 66
Princip 2: deltagercentrering 68
Princip 3: omverdensorientering 71
Princip 4: STEM og læreplaner 73
Princip 5: STEM-integrationen 75
STEM-didaktisk rammeværk 78
Diskussions- og refleksionsspørgsmål 85

Kapitel 4. Integration i STEM-undervisningen 90
Konkrete måder at integrere disciplinerne i STEM 97
Integration ud fra faglige hovedområder 98
Integration ud fra kontekst eller mere åbne problemstillinger 104
Integration ud fra metoder 107
Integration ud fra tværgående begreber 108
Diskussions- og refleksionsspørgsmål 109

Kapitel 5. Matematikkens rolle i STEM **114**

Matematik er overset i STEM 115

Matematik og de andre hovedområder 116

Matematisk modellering i STEM 118

Matematik i STEM-forløb 121

Matematik som redskab (øverste del af modellen) 123

Matematik som mål 124

Case 127

Afrunding 128

Diskussions- og refleksionsspørgsmål 129

Kapitel 6. STEM i dagtilbud **134**

STEM, matematik og science-pædagogik i dagtilbud – hvad er det? 136

Princip 1: STEM skal bidrage til udvikling af almendannelse 137

Princip 2: STEM-deltagerorientering i dagtilbud 138

Princip 3: STEM-omverdensorientering i dagtilbud 139

Princip 4: STEM understøtter den styrkede pædagogiske læreplan og læreplanstemaerne 140

Princip 5: STEM-integration i dagtilbud 145

STEM som kontinuitetspraksis 146

Fire eksempler på STEM-aktiviteter, hvor matematikken er i fokus 147

Fra frø til planter 148

Se og hør vinden 148

STEM i narrativer – et eksempel med bogen Flodpest 150

Sanseligt science-univers som pædagogiske læringsmiljøer 151

Diskussions- og refleksionsspørgsmål 153

Kapitel 7. STEM i grundskolen **166**

STEM-didaktik i grundskolen – hvad er det? 168

Princip 1: STEM-almendannelse i grundskolen 170

Princip 2: STEM-deltagerorientering i grundskolen 172

Princip 3: STEM-omverdensorientering i grundskolen 173

Princip 4: STEM-læreplansorientering i grundskolen 174

Princip 5: Integreret STEM i grundskolen 175

Hvordan udvikler man et STEM-forløb? 176

STEM som kontinuitetspraksis 180

Tre eksempler på STEM-aktiviteter til grundskolen, som har matematik i fokus 181

Diskussions- og refleksionsspørgsmål 187

Kapitel 8. STEM i gymnasiet **196**

STEM-didaktik på de gymnasiale uddannelser – hvad er det? 198

Princip 1: STEM-almendannelse på de gymnasiale uddannelser 199

Princip 2: STEM-deltagerorientering på de gymnasiale uddannelser 200

Princip 3: STEM-omverdensorientering på de gymnasiale uddannelser 202

Princip 4: STEM-læreplansorientering på de gymnasiale uddannelser 203

Princip 5: STEM-integration i de gymnasiale uddannelser 206

Hvordan udvikler man et STEM-forløb? 207

STEM som kontinuitetspraksis 210

Tre eksempler på STEM-aktiviteter, der har matematikken i fokus 211

Diskussions- og refleksionsspørgsmål 217

Kapitel 9. Lærerkompetencer i STEM-undervisning **226**

Introduktion 227

Undervisning i tværfaglige tilgange betyder nye udfordringer 228

Lærernes udfordringer – erfaringer fra LabSTEM-projektet 230

STEM-lærerkompetencer 234

STEM-læreres affektive felt 238

Ændring af fagkulturen i forbindelse med STEM-lærerudvikling 239

Diskussions- og refleksionsspørgsmål 240

Kapitel 10. Laboratoriemodellen – arbejdspladsbaseret STEM-kompetenceudvikling **246**

Introduktion 247

Laboratoriemodellen som arbejdspladsbaseret kompetenceudvikling 247

Kompetence opnås gennem læring på jobbet 248

Laboratoriemodellen som aktionsforskning 249

Hvad siger empirien om den oplevede kompetenceudvikling i LabSTEM? 250

Sæt endnu mere fokus på det samarbejdende læringsmiljø 253

Afklar deltagernes arbejde med egen praksis 254

Justeringer i laboratoriearbejdet: endnu længere ind i praksis 255

Endnu mere fokus på rekruttering og lokal forankring 256

Laboratoriemodellen re-designet 257

Nyt projekt LabSTEM+ 259

Konkrete eksempler fra det nye LabSTEM+ 260

Diskussions- og refleksionsspørgsmål 262

Om forfatterne **266**

Forord af Keith Devlin*

Ved at give både konceptuelle rammer og håndgribelige praktiske eksempler demonstrerer denne bog, hvordan integration af STEM, der involverer situationer og problemer fra den virkelige verden, kan revitalisere matematiklæring fra daginstitution til gymnasium og videre derefter. Matematikkens rolle, selv om den nogle gange overses i integreret STEM-undervisning, er et centralt fokus her, både som et redskab for andre discipliner og som et mål i sig selv. Den giver en tilgang til matematiklæring, som alle studerende bør opleve, også matematikstuderende.

Jo længere tid jeg har undervist, jo større er afstanden blevet mellem, hvordan jeg opfattede matematik, da jeg selv lærte det, og hvordan matematik fremstår for mine studerende. Igennem størstedelen af min skoletid var hovedregning og regning med pen og papir vigtige færdigheder i hverdagen, og skolefag som matematik og fysik krævede viden om brugen af logaritmetabeller og regnestokke. Og ikke alene havde jeg brug for at vide, hvordan man anvendte disse metoder og værktøjer, de var også en del af *min opfattelse af, hvad matematik er*, og *hvad det vil sige at lave matematik*, herunder at bruge matematik i dagligdagen.

Ingen af de studerende, jeg siden har undervist, har haft denne opfattelse. For dem har numerisk beregning været noget, man foretog ved hjælp af en billig, håndholdt lommeregner. Det har ikke været indlysende værdifuldt for dem egenhændigt at mestre numerisk beregning. "Hvorfor skal vi lære det her?" er et velkendt spørgsmål.

For flertallet er matematik noget, som computere laver for dem; de føler ikke behov for at vide ret meget, hvis overhovedet noget, om disse systemers indre funktion. I den forstand minder deres syn på matematik om, hvordan vi ser på biler eller andre teknologiske hjælpemidler (herunder computere).

* Dette forord er en bearbejdet udgave af teksten "What's it like to be a student in my class?", som kan læses i sin fulde længde på Mathematical Association of Americas officielle online blog, MATH VALUES, fra den 2. april 2024.

Hvordan kan de lærende så finde motivationen til at gå dybere ind i matematikken?

Jeg er næppe alene om at mene, at der ikke er nogen anden måde at udvikle matematisk tænkning på, end at bruge tid på at lære den.

Eftersom de digitale værktøjer findes, og eftersom de kan løse mange af opgaverne for os, så er der imidlertid ikke længere behov for, at de studerende mestrer grundlæggende færdigheder i en sådan grad, at de selv kan udføre dem flydende og hurtigt med en meget lav fejlprocent. Sådan er det. Det er et vilkår, og det må accepteres.

Det uundgåelige svar på motivationsspørgsmålet er altså, at der må tages udgangspunkt i den opfattelse af matematik, som vores studerende har med sig til undervisningen, nemlig *at det er noget, vi gør ved hjælp af maskiner*. Så jeg vil hermed opfordre til at gøre brug af de tilgængelige værktøjer til at løse faglige problemer, som udspringer af den lærendes hverdag.

At løse problemer fra den virkelige verden har flere uddannelsesmæssige fordele:

- Det gør det indlysende, at *det her med matematik er nyttigt*.
- Man kan vælge et emne/problem, som (i det mindste nogle af) deltagerne ser som *direkte relevant for dem*.
- De lærende oplever på første hånd, at langt de fleste anvendelser af matematik sker i kombination med flere (nogle gange mange) andre discipliner og teknikker.
- De fleste anvendelser af matematik i verden sker i forbindelse med såkaldte "wicked problems", hvor matematikken giver præcise svar, der *bidrager* til den samlede løsning.

Matematikere skal være bevidste om denne virkelighed; typiske matematikopgaver er udelukkende til øvelse, mens man lærer.

Dr. Keith Devlin
Stanford-matematiker emeritus.
Adjungeret professor, Forskningscenter for
Naturvidenskabelig Uddannelse og Formidling,
Institut for Matematik og Datalogi, Syddansk Universitet

Forfatternes forord

STEM er omdrejningspunkt for uddannelsespolitisk debat og faglig udvikling. Bogen her handler om STEM-didaktik og dens potentialer i en dansk sammenhæng. Vi tager de konstruktive briller på og anlægger en innoverende forholdemåde til STEM i en dansk uddannelseskontekst, idet vores ambition er at indtænke tværfaglighed og øge fokusset på kompetencer.

STEM fremhæves som nøglen til at dække den voksende efterspørgsel på kvalificerede fagfolk inden for områderne *videnskab* (Science), *teknologi* (Technology), *ingeniørvidenskab* (Engineering) og *matematik* (Mathematics). Rapporter og politisk retningsangivende dokumenter fremhæver STEMs centrale rolle i innovation og styrkelsen af Danmarks globale konkurrenceevne. Store og indflydelsesrige virksomheder spiller markante roller i at fremme STEM-uddannelse. De argumenterer for, at der er et akut behov for at uddanne arbejdskraft inden for STEM-felterne, og de finansierer forskning i den retning.

Selvom STEM er en katalysator for, at samfundet investerer i uddannelse, vækst og udvikling, fremhæver kritikere, at fokusset på STEM på negativ vis kan indsnævre formålet med uddannelse til at være problemløsning og teknologiudvikling – og gør matematik og naturvidenskab til hjælpediscipliner, der skal 'designificeres' og 'teknologiseres' for at være relevante for både de lærende og omverdenen.

Kritikere udtrykker bekymring for, at demokrati og dannelse nedprioriteres til fordel for økonomiske interesser. Tjener STEM-uddannelsestænkning samfundets eller virksomheders interesser? Bliver eleverne instrumentelt gjort til brikker i en samfundsmaskine, som producerer arbejdskraft og forbrugere? Kommer fagene til at handle alt for meget om problemer?

Hvad kan STEM være i Danmark?

STEM må i en dansk sammenhæng ikke kun vægte arbejdsmarkedets behov, men også – og først og fremmest – anerkende vigtigheden af børnenes og de unges almendannelse, dannelse og uddannelse. Hertil hører også, at STEM ikke nødvendigvis handler om problemer, der skal løses, men også om fænomener med fascinationskraft for børn og elever, lærere og pædagoger.

Praksisnær bog om STEM-didaktik

Vi har skrevet denne bog, fordi vi ser et behov for at samle international forskning om STEM-uddannelse og oversætte den til en dansk kontekst. Vi er alle praksisnære og har været involveret i projektet LabSTEM, hvor vi netop, i tæt samarbejde med pædagoger og lærere, har arbejdet med at udvikle STEM-aktiviteter og forløb gennem en række laboratorier, der har form som workshops. Desuden har vi gennem undervisning på både universitetet og professionshøjskoler set et behov for at samle litteratur på dansk, som kan anvendes af studerende, som senere selv skal ud og arbejde med STEM i deres respektive praksisser. STEM-aktiviteter og -forløb er udviklet på baggrund af international forskning, og denne bog byder på forskningsbaserede og praksisnære nedslag, der fx handler om:

- Hvad er STEM-uddannelse egentlig for noget?
- Hvornår er noget STEM og ikke bare et tværfagligt projekt med fx matematik og engineering?
- Hvordan udvikler man STEM-forløb med fokus på matematik?
- Hvilke tilgange er der til at udvikle STEM-aktiviteter/forløb?
- Hvordan kan man arbejde med STEM-lærerkompetencer?
- Hvordan understøtter arbejdspladsen, at der arbejdes med STEM?

Undervejs giver vi masser af eksempler fra LabSTEM-projektet, så de nationale og internationale forskningsnedslag understøttes af konkrete cases og eksempler. Vi håber, at bogen her vil bidrage til en meningsfuld anvendelse af STEM-tilgange i dansk uddannelse, pædagogik og didaktik.

Tak

LabSTEM-projektet har bidraget til at udvikle STEM i en dansk sammenhæng, ved at der er udviklet konkrete STEM-aktiviteter på langs af uddannelsessystemet: til dagtilbud, grundskolen, de gymnasiale uddannelser og erhvervsuddannelserne. Det har kun været muligt på grund af alle de mennesker, der har været en del af laboratorierne i løbet af projektet. De har bidraget til at skabe mere viden om STEM-uddannelse i Danmark. Laboratorierne har været spredt geografisk over otte kommuner i Region Syddanmark. Her har pædagoger og lærere fra dagtilbud og skoler, pædagogiske konsulenter fra kommunerne og undervisere fra ungdomsuddannelser med stort engagement været med til at gennemføre projektet, og de har alle bidraget med nytænkning og stor faglighed.

Tak til

Den faglige gruppe

Kaj Nedergaard, UC SYD, Birgitte Lund Jensen, UC SYD, Bettina Brandt, UC SYD, Mette Als Kristensen, SDU, og Lars Seidelin, SDU.

Dagtilbud

Fredericia Kommune: Børnehaven Snaremosen, Børnehuset Erritsø, Børnehuset, Østervold, Børnehuset Savannen, Børnehuset Valhalla, Brohaven, Dagtilbuddet, Skovlodden, Duponts Gård, Idrætsbørnehuset, Olympiaden, Kløverløkken, Kulturbørnehaven Gades Gårds, Labyrinten, Lucinahaven og Stendalen.
Langeland Kommune: Børnehaven Pyramiden, Børnehaven Vejlen og Simmerbølle Børnehave.
Odense Kommune: Afrodite Børnehus, Børnehuset Dragen, Børnehuset Tænkehatten, Dalum Børnehus, Dalumgård Børnehus, Lahns Børnecenter og Midgård Børnehus.

Sønderborg Kommune: Børnebyen, Gammeldam Børnehus og Lilleskovens Børnehave.

Grundskole

Esbjerg Kommune: Ansgarskolen Vadehav og Vittenbergskolen Vadehav.
Faaborg-Midtfyn Kommune: Naturskolen Åløkkestedet, Ferritslev Friskole, Broskolen Årslev og Nordagerskolen.
Fredericia Kommune: Erritsø Fællesskole, Fjordbakkeskolen, Frederiksodde Skole, Kirstinebjergskolen og Ullerup Bæk Skolen.
Kolding Kommune: Ålykkeskolen.
Langeland Kommune: Humble Skole, Nordskolen og Ørstedsskolen.
Odense Kommune: Henriette Hørlücks Skole, Hunderupskolen, Kroggårdsskolen og Sanderumskolen.
Sønderborg Kommune: Havnbjerg Skole og Nordals Skolen.

Gymnasier og erhvervsskoler

Alssundgymnasiet Sønderborg, Det Blå Gymnasium – Sønderborg, EUC Syd HTX, Fredericia Gymnasium, Ribe Katedralskole, Svendborg Erhvervsskole og Sønderborg Statsskole.

Tak også til vores netværkspartnere

ASTRA, Teknologisk Institut, SDU-RIO, Danske Science Gymnasier og Region Syddanmark.

Tak til vores formidlingspartnere

Odense Zoo, Økolariet, Fjord & Bælt, Naturama, Harteværket, Naturpark Lillebælt og Geopark Det Sydfynske Øhav.

Og tak til vores kollegaer

Sidst men ikke mindst: Tak til vores gode kollegaer på Forskningscenter for Naturvidenskabelig Uddannelse og Formidling for god faglig sparring og godt kollegialt miljø. Mange tak til vores interne og eksterne reviewere for medtænkning og konstruktiv feedback.

Om bogen

Denne bog handler om STEM-pædagogik og -didaktik – altså uddannelse, undervisning og pædagogik inden for hovedområderne science, teknologi, engineering og matematik. Bogen spænder over pædagogiske aktiviteter i dagtilbud, videre til grundskolen, som gennem sin undervisning har fokus på børn og unges almene udvikling og læring, og videre til studieforberedende undervisning på gymnasiale uddannelser.

Bogen præsenterer den angloamerikanske 'STEM'-uddannelsestænkning som inspiration for pædagogik og didaktik i matematik og naturvidenskabelige fag i en dansk sammenhæng. Med særligt fokus på matematikkens (M'ets) rolle i STEM er hensigten med bogen at udfylde tre videnshuller: 1) først og fremmest at 'oversætte' STEM til en dansk pædagogisk og didaktisk praksis, 2) dernæst at bidrage med en række konkrete måder, hvorpå man kan udøve STEM med et særligt fokus på matematik, på de forskellige niveauer i det danske uddannelsessystem, og endelig 3) at konkretisere og eksemplificere de efteruddannelsesmæssige implikationer af STEM – hvordan opbygges STEM-lærerviden eller STEM-pædagogviden, og hvordan foretages arbejdspladsbaseret STEM-kompetenceudvikling?

STEM indebærer et integreret arbejde med naturvidenskab, teknologi, engineering og matematik i det pædagogiske arbejde eller i undervisningen. Ved at arbejde sammenhængende med disse områder kan eleverne se, hvordan både naturvidenskab, teknologi, engineering og matematik kan anvendes i virkelige situationer. For både pædagoger og lærere kan deres arbejde med STEM være anledning til faglig inspiration, erfaringsudveksling og undervisningsudvikling.

Forskningsmæssigt bygger bogen på internationale undersøgelser og litteratur om STEM som en tværfaglig tilgang til undervisning og pædagogik. Bogen trækker endvidere på almenpædagogik og matematik-, naturfags-, teknologi- og engineeringdidaktik og på forskningsbaseret viden om arbejdspladsbaseret efteruddannelse.

Empirisk bygger bogen på aktionsforskningsprojektet LabSTEM (projektet beskrives i kapitel 1 og 10), hvor forskere og lærer- og pædagogud-

dannere i samarbejde med pædagoger og lærere udvikler og anvender STEM i en dansk sammenhæng.

Bogen fortæller om erfaringerne fra LabSTEM-projektet, et afsluttet udviklingsprojekt, som nu videreføres i form af LabSTEM+ og de to søsterprojekter LabSTEM Nord og LabSTEM Øst. I alle LabSTEM-projekterne benyttes den angloamerikanske STEM-tænkning i en dansk sammenhæng.

Bogen tager afsæt i det afsluttede LabSTEM-projekt og rammesætter, rapporterer og reflekterer over de erfaringer, der er gjort i projektet. Vi deler nogle af de produktive indsigter, problemstillinger og læringspunkter, projektet har foranlediget. Vi deler en række konkrete resultater og nyudviklinger: STEM-principper, et didaktisk rammeværk, erfaringer med og begrundelser for at fokusere på M'et i STEM, og vi kommer med konkrete forslag til grundskole, dagtilbud og gymnasie.

Hvem henvender bogen sig til?

STEM-didaktikken indskriver sig i matematik- og naturfagsdidaktikken og har samtidig aktualitet i pædagogisk arbejde af mere almen karakter. Fagligt placerer bogen sig inden for uddannelsesforskning, didaktik og pædagogik.

Bogen henvender sig primært til studerende, undervisere og forskere inden for pædagogik og didaktik.

Den henvender sig også til lærere, pædagoger og beslægtede professioner, der arbejder pædagogisk og didaktisk med de faglige perspektiver, der kan siges at falde ind under STEM – alt inklusive. Altså de professionelle, der ser mulighederne i at få en ny tilgang at trække på i praksis, og som lader sig inspirere af de principper, modeller, perspektiver og problemstillinger, der beskrives og diskuteres i bogen.

Bogen er ikke en progressionsbog. Den præsenterer ikke detaljerede gennemgange af, hvordan matematik kan tænkes i en STEM-progression helt fra dagtilbud til gymnasie. Enkeltkapitlerne om dagtilbud, grundskole og gymnasie skal ses som nedslag, som vi bruger til at tilnærme os konkret pædagogisk og didaktisk arbejde. Vi har skrevet bogen, så man kan plukke og sammensætte kapitlerne, som man ønsker. Eksempelvis bruger vi bogens kapitler 2, 3, 4, 5 og 9 i undervisningen på universitetet i fagdidaktik.

Bogen forbinder STEM-tilgangen til den daglige praksis, og essensen i bogen er at beskrive, hvordan en STEM-didaktik kan se ud i danske børnehaver, skoler og ungdomsuddannelser. Der er os bekendt ingen bøger på

det danske marked, der giver en fyldestgørende beskrivelse af dette. Der findes bøger, der er beslægtede med denne bog og har den samme målgruppe, men i disse bøger er der enten fokus på en af disciplinerne i STEM eller på tværfaglige og holistiske tilgange uden fokus på hovedområderne. I denne bog er der intentioner om at omfavne holistiske og tværfaglige tilgange; samtidig er der fokus på, hvordan de enkelte hovedområder i STEM inddrages, og hvordan dette står i relation til eksisterende læreplaner eller pædagogiske mål og rammer.

Bogen samler den nyeste danske og internationale forskning i en 'STEM-didaktik'. Den belyser, hvor STEM-begrebet kommer fra, hvordan man kan integrere STEM-tænkning i allerede eksisterende pædagogiske og didaktiske aktiviteter, og den giver også eksempler på helt nye aktiviteter. Med bogen vil vi gerne være med til at 'knække STEM-koden' i en dansk kontekst ved at vise, hvordan STEM-didaktik kan udvikles, tilrettelægges og gennemføres i dagtilbud, grundskole og på de gymnasiale uddannelser.

Bogen har en ambition om at være konkret og anvendelig i undervisningen på professionshøjskoler og universitetet. Vi vil gerne være med til at oversætte STEM til dansk praksis. Hvad kan man som lærer eller pædagog gøre, hvis man gerne vil arbejde med STEM? Bogen henvender sig til danske forskere, undervisere og studerende inden for fagene undervisning, pædagogik og didaktik. Ambitionen er, at bogen kan anvendes til undervisning på professionsbachelor, bachelor- og kandidatniveau, og at den vil finde læsere på både professionsuddannelserne og universiteterne. Bogen adresserer problemstillinger, som er relevante på en lang række uddannelser, hvor naturvidenskabelig uddannelse og formidling indgår.

Særligt til grundskole og gymnasie

Bogen er et bidrag til en didaktisering af STEM i grundskolen og på de gymnasiale uddannelser, som har fået hvert deres kapitel i bogen: kapitel 7, 'STEM i grundskolen', og kapitel 8, 'STEM på de gymnasiale uddannelser'. Både grundskolelærere og lærere på de gymnasiale uddannelser vil have glæde af introduktionen, kapitel 2, 'Hvad er STEM?', kapitel 3, 'Didaktiske principper for STEM-aktiviteter', og kapitel 4, 'Integration i STEM-undervisningen'. De kapitler giver et indblik i den internationale arena for STEM-uddannelse oversat til en dansk skolekontekst. Matematikundervisere i grundskole og på de gymnasiale uddannelser vil også have glæde af kapitel 5, 'Matematikkens rolle i STEM'.

Særligt til det pædagogiske område

Denne bog handler mere om skole end om dagtilbud. Alligevel henvender vi os også til studerende, forskere, fagprofessionelle og eksperter inden for det pædagogiske område.

Til læsere inden for det pædagogiske område, herunder dagtilbud, anbefaler vi særligt kapitel 6, 'STEM i dagtilbud', og de kan også drage nytte af og finde inspiration i nogle af de øvrige kapitler, hvis de selv kan oversætte skoletilgangen med fag og undervisning til hverdagen i dagtilbud og en ikke-skolebaseret pædagogisk sammenhæng. Her foreslår vi fx kapitel 2, 'Hvad er STEM?', kapitel 3, 'Didaktiske principper for STEM-aktiviteter', og kapitel 4, 'Integration i STEM-undervisningen'.

Vi har respekt og sympati for den årvågenhed, der findes i det pædagogiske område over for ikke at 'skole-ficere' dagligdagen i et dagtilbud, og over for det fokus, der er på læringsmiljøer i dagtilbud (som modvægt til at opstille læringsmål for det enkelte barn). Erfaringerne fra LabSTEM-projektet er, at STEM er et mulighedsrum, også i det pædagogiske arbejde med læringsmiljøer i natur, udeliv og science. Vi håber, at denne bog kan være et bidrag til arbejdet med at udvikle en science- og matematikdidaktik til dagtilbud. Der er forskel på skoledidaktik og dagtilbudsdidaktik. Det didaktiske rammeværk i kapitel 3 er udviklet med skolebaseret undervisningspraksis for øje. Hvorvidt rammeværket også kan benyttes i det pædagogiske arbejde i dagtilbud, må bero på faglig diskussion og afprøvninger i praksis.

Introduktion

Dette er et af de første omfattende forsøg på at dele erfaringer med og perspektiver på at benytte STEM-didaktik i en dansk sammenhæng. Bogen kommer med bud på, hvordan STEM kan se ud i det danske uddannelsessystem, og viser, hvordan STEM kan fremme en forståelse af matematik og naturvidenskab, der er både helhedsorienteret, deltagercentreret og omverdensorienteret. Bogen er et fagligt bidrag til at diskutere og udvikle STEM-didaktik på langs af det danske uddannelsessystem. Hvordan kan STEM oversættes til dansk?

Udfordringer: mangel på elever, mangel på lærere

En betydelig udfordring i forbindelse med undervisning i matematik og naturvidenskabelige og tekniske fag er at øge elevernes interesse for og engagement i disse fagområder, da elever kan opleve dem som vanskelige og uinteressante (Gilbert 2004; Ruffel et al., 1998; Darmayanti et al., 2023). En række studier konstaterer ifølge Dohn (2022), at unges interesse for naturvidenskab falder i løbet af skolegangen. Det fører til bekymringer for muligheden for at rekruttere tilstrækkeligt med studerende til videregående uddannelser inden for naturvidenskab, teknologi, ingeniørfag og matematik (STEM), bekymringer om mangel på kvalificeret arbejdskraft i fremtiden, undersøgelser af elevers studieforløb ind og ud af STEM-områderne (Lykkegaard & Ulriksen, 2019) og øget opmærksomhed på kvalitet i uddannelse. Samtidig står uddannelsessektoren over for udfordringer med at tiltrække og fastholde kvalificerede og motiverede lærere (Sunesen et al., 2022), og både i USA og i Storbritannien er der dokumenteret mangel på kvalificerede lærere inden for matematik, naturvidenskab og teknologi (Roberts, 2022; British Science Association, 2020; Fuentes & Bloom, 2023).

For at imødegå disse udfordringer er det vigtigt at udvikle og benytte innovative undervisningsmetoder og kompetencer. STEM-didaktik præsenteres i denne bog som bidrag til at håndtere de udfordringer, matematik og naturfag står overfor.

Udvikling af nye tilgange: begrundelser for STEM

Der er både en politisk, en uddannelsesmæssig og en forskningsmæssig begrundelse for at beskæftige sig med STEM-didaktik.

STEM blev introduceret i 1990'erne af det amerikanske National Science Foundation som en forkortelse for "Science, Technology, Engineering and Mathematics" (Sanders, 2009). Siden har akronymet spredt sig til det meste af verden, og der tales om STEM-problematikker, STEM-uddannelser og STEM-undervisning.

I Danmark fremhæves STEM ofte i forbindelse med forbedret naturvidenskabelig uddannelse og som et redskab til at udvikle tekniske, digitale og matematiske kompetencer blandt børn og unge (Møller, 2022). Både politisk og erhvervsmæssigt er der stor opmærksomhed på STEM – blandt andet på grund af en forventet fremtidig mangel på kompetence i, og mangel på interesse for, STEM-fagene. Rapporten *Mismatch på det danske arbejdsmarked i 2030*, udarbejdet af IRIS Group og HBS Economics for Danske Gymnasier og IDA i september 2021 (IRIS Group, HBS Economics, 2021), afdækker uoverensstemmelsen mellem det formodede antal personer med en STEM-relateret mellemlang og lang videregående uddannelse og efterspørgslen på STEM-arbejdsstyrken frem mod 2030. Rapporten fremskriver, at der på arbejdsmarkedet i 2030 forventes at mangle 7.000 personer med en mellemlang videregående uddannelse med kompetencer inden for teknik og IT, og at der kommer til at mangle 13.000 personer med en lang videregående uddannelse inden for engineering, teknik og IT. Netop denne udvikling er i fokus, når det handler om STEM-didaktik, hvor et af målene er, at undervisning motiverer og inspirerer elever til at vælge en STEM-uddannelse.

Et vægtigt argument for, at STEM har sin berettigelse i dagtilbud, grundskole og gymnasium, er, at STEM kan være en væsentlig bidragyder til børn og unges almendannelse. STEM byder ind med en holistisk og systemisk måde at forholde sig til verdens kompleksitet og fagoverskridende problemstillinger og kriser. Bybee (2018) introducerer begrebet STEM-literacy, der er en måde at anskue børn og unges STEM-færdigheder og kompetencer på, og som kan ses som en del af almendannelsen. Et væsentligt element i STEM-literacy er individets forståelse for STEM-relaterede problemer i samfundet og viljen til med faglig indsigt at engagere sig i disse som handlende og reflekterende borgere (Bybee, 2018).

STEM-didaktik er et internationalt uddannelsespolitisk fænomen: STEM promoveres af den nordamerikanske National Science Teachers Association (Bybee, 2013; Bybee, 2018) som et bud på, hvordan fremtidens arbejdsmarkedsbehov kan imødeses uddannelsesmæssigt, idet naturvidenskabelig uddannelse skal kvalificere til, at man kan arbejde tværfagligt og med forståelse for de komplekse og overlappende systemer, som i stigende udstrækning gennemsyrer vores verden. STEM-fortalere argumenterer for, at tværfaglighed er essentiel for at udvikle kompetencer i at arbejde helhedsorienteret og problembaseret. Gennem tværfaglighed lærer man at anskue naturvidenskabelige problematikker ud fra forskellige indgangsvinkler, og man lærer at håndtere mange samfundsmæssige problemstillingers uløselige kompleksitet (Jankvist, Nielsen & Michelsen, 2013; Repko, Szostak & Buchberger, 2017).

STEM er tværfaglighed

I arbejdet med STEM ligger der en stor grad af tværfaglighed, og en del af STEM-didaktikkens forskningsperspektiver handler derfor om integrationen af S, T, E og M. Der findes tidligere forskning på dette område, og et sted at starte er Nielsen (2016), der behandler tværfaglige tilgange til undervisning i grundskolen. Her introduceres blandt andet, hvordan man tværfagligt kan arbejde undersøgende og problemorienteret. Bogen *Tværfaglighed og fagligt samspil* (Andersen et al., 2019) er et eksempel på en bog, der behandler begrebet tværfaglighed i flere forskellige faglige retninger og uddannelsesniveauer, og den giver et bud på, hvordan tværfaglighed kan bidrage til elevers og studerendes fordybelse og læring, og hvordan det tværfaglige samspil kan være med til at udvikle fagene. Zeuner (2012) behandler tværfaglighed i gymnasiet generelt uden et særligt fokus på de fag, der indgår i STEM-undervisningen. Der findes også bøger, der adresserer tværfaglige nøgleudfordringer og bæredygtighed med fokus på holistiske tilgange i både skole (Belling & Frandsen, 2017; Lysgaard & Jørgensen, 2020) og dagtilbud (Broström & Frøkjær, 2021). Disse udfordringer kan adresseres i integrerede STEM-forløb, og ovennævnte bøger kan derfor være gode at hente inspiration i, men STEM-didaktik omhandler mere end det. Der findes også litteratur, der har særligt fokus på et af hovedområderne i STEM i tværfaglige sammenhænge. Det gælder fx Auener et al. (2018), som beskriver en engineering-didaktik for grundskolen, som er god at orientere sig i, hvis man ønsker at bringe mere engineering ind i de naturvi-

denskabelige fag i grundskolen. Nørregaard & Rasmussen (2012) og Nielsen & Nørgaard (2018) beskriver, hvordan der kan arbejdes tværfagligt mellem naturfagene (Science) i grundskolen. Førstnævnte har fokus på science i relation til omverdenen, mens sidstnævntes fokus er science i skolen og naturfagsprøven med eksempler på undervisningsforløb. Når det gælder bøger med fokus på teknologi og designprocesser, er Iversen et al. (2019) og Schultz & Lembecke (2020) et sted at starte. Den førstnævnte handler om, hvordan vi kan tale meningsfuldt om digital teknologi i undervisningen, hvordan elever selv kan designe digitale artefakter, og hvordan man som lærer kan give elever forståelse for digitale artefakter, som andre har designet, mens den anden bog handler om, hvordan man som underviser kan tilrettelægge et læringsmiljø, hvor eleverne kan konstruere digitale teknologier. Ovenstående litteratur har fokus på hvert deres hovedområde i S, T, E og M. Denne bog beskriver *integreret* STEM (Larsen et al., 2022), altså hvordan de forskellige faglige perspektiver meningsfuldt kan spille sammen (Christensen, 2022).

STEM har fokus på de deltagende børn, unge og voksne

STEM er en måde at knytte de pædagogiske aktiviteter i skolen eller dagtilbuddet til omverdenen.

De nye STEM-tilgange tager ofte udgangspunkt i børn og unges nære omverden og handler især om temaer som klima, bæredygtighed, sundhed og innovation. STEM tilbyder altså, at man kan arbejde med temaer og emner, der befinder sig uden for klasselokalet og tættere på børn og unges dagligdag. For grundskolen og de gymnasiale uddannelser gælder, at de undervisningsmæssige og skoleinterne begrundelser for STEM handler om, at STEM-undervisning kan være en vej til at udvikle de enkelte fag på en relationel og holistisk måde. Intentionen er samtidig, at eleverne kan udvikle kompetencer inden for de enkelte fag undervejs i STEM-arbejdet. Her kan tilgangen også støtte elevernes motivation, idet man kan tage udgangspunkt i nogle af de områder, der interesserer eleverne, og samtidig udbygge deres forståelse af fagenes relevans.

Fokus på M og balance mellem forskellige fagområder

En af de problemstillinger, der behandles i forskningslitteraturen om STEM-uddannelse, er balancen mellem de forskellige fagområder. Hvordan kan man i dagtilbuddet eller skolen arbejde med henholdsvis science, tek-

nologi, engineering og matematik? Matematikkens rolle i STEM er vigtig at fremhæve, fordi forskning påviser en risiko for, at matematikken træder i baggrunden i den tværfaglige STEM-undervisning (English, 2016; Fitzallen, 2015; Maass et al., 2019; Shaughnessy, 2013; Stohlmann, 2018). Matematik er en central grundfaglighed og et vigtigt redskab i naturvidenskab, og derfor er det vigtigt, at STEM-undervisning både fremmer elev-engagement og sikrer grundfagligheden. Et overordnet spørgsmål, som har guidet os i vores arbejde med at skrive bogen, er: *Hvordan kan den tværfaglige STEM-tilgang sættes i spil i hele den danske uddannelseskæde – og hvordan kan dette gøres med et særligt fokus på matematik?*

Laboratoriemodellen og LabSTEM-projektet for nye STEM-aktiviteter og efteruddannelse

LabSTEM er et samarbejde mellem praksis og forskning, tilrettelagt med inspiration fra Laboratoriemodellen, hvor fagprofessionelle udvikler og anvender STEM i en dansk sammenhæng i samarbejde med undervisere på lærer- og pædagoguddannelserne og forskere på universitetet og professionshøjskolerne. Laboratoriemodellen er en tilgang til kompetenceudvikling af fagprofessionelle, der arbejder med de naturvidenskabelige fag, matematik og de tekniske fag, herunder pædagoger, lærere i grundskolen og undervisere på ungdomsuddannelserne. Et laboratorie er et praksislæringsfællesskab, som består af en række kompetenceudviklingsworkshops og mellemliggende aktiviteter og refleksion. Et laboratorie er i Laboratoriemodellen ikke et fysisk rum, men et pædagogisk og didaktisk udviklings-, forsknings- og læringsrum, som er udviklet i forbindelse med matematik og naturfagsdidaktiske udviklingsprojekter (Michelsen et al., 2017).

I LabSTEM-projektet har vi udforsket, hvordan den tværfaglige STEM-tilgang med fokus på matematik kan sættes i spil i hele den danske uddannelseskæde. Her har 200 fagprofessionelle gennem kompetenceforløb udviklet STEM-aktiviteter med et særligt fokus på at integrere matematik i STEM. Der er i LabSTEM-projektet afviklet 19 laboratorier med workshops for lærere og pædagoger, som har resulteret i over 70 STEM-aktiviteter til både dagtilbud, grundskole og ungdomsuddannelser. Konkret er der fx udviklet STEM-aktiviteter med fokus på matematik, hvor man måler spirer, bygger cykelskure eller undersøger udviklingen af ulve i Danmark. LabSTEM-projektet har også resulteret i kvalitativ og kvantitativ empiriproduktion. Arbejdet er dokumenteret ved hjælp af video, lydopta-

gelser og skriftlige noter. Både undervisningsudviklingen og empiriproduktionerne ligger til grund for projektets resultater, som ses i oversigten i kapitel 1, hvor der også er en mere detaljeret beskrivelse af LabSTEM-projektet og Laboratoriemodellen.

Et af de vigtige resultater af LabSTEM-projektet er, at vi er blevet klogere på, hvordan det giver mening at sætte STEM ind i dansk uddannelsessammenhæng. Vi svarer på det overordnede spørgsmål om, hvordan STEM kan sættes i spil i Danmark, ved at relatere STEM til de lovgivningsmæssige rammer, der er for det pædagogiske og didaktiske arbejde i Danmark, og derved beskrive potentialer for STEM i dansk praksis. Vi synliggør for hvert uddannelsestrin, 1) hvordan man kan arbejde med STEM, og 2) hvordan man kan arbejde med STEM med særligt fokus på matematik. Det betyder blandt andet, at vi fx i forbindelse med undervisning i grundskolen tager afsæt i, hvordan en matematiklærer kan arbejde med STEM. Samtidig viser vi, hvordan natur/teknologilæreren, biologilæreren, fysik/kemilæreren og geografilæreren kan benytte STEM, ligesom vi også præsenterer STEM for dagtilbud – som en måde at arbejde med natur, udeliv og science på.

Det er forskningsmæssigt nyt, når vi i bogen systematisk samtænker STEM og læring i dagtilbud, skole og gymnasial uddannelse gennem præsentation, diskussion og analyse af en række nye STEM-aktiviteter. Bogen belyser de mange muligheder, STEM tilbyder på forskellige niveauer i uddannelseskæden, og diskuterer også nogle af de faldgruber, der kan være forbundet med en oversættelse af STEM til dansk sammenhæng.

Bogen viser, at STEM tilbyder måder at interagere med natur, teknologi, udeliv og science på, såvel som matematik, fysik, kemi, biologi, geografi, teknikfag, teknologi – ja, hele den portefølje af faglige perspektiver, læreplanstemaer og fag, der ligger inden for de naturvidenskabelige og teknologiske hovedområder.

Bogens struktur

Bogen formidler væsentlige indsigter fra projektet. Projektets resultater og bogens kapitler kan grupperes i tre dele: ***Første del*** handler om *STEM-didaktik med fokus på matematik*. Her kommer først en præsentation af LabSTEM-projektet og Laboratoriemodellen (kapitel 1), dernæst en definition af, hvad STEM er, og en introduktion til integreret STEM (kapitel 2); herefter præsenteres didaktiske principper for STEM og et didaktisk ram-

meværk (kapitel 3); en dybere indføring i integreret STEM (kapitel 4); og et rammeværk, der beskriver, hvordan matematik spiller sammen med andre hovedområder i STEM-aktiviteter (kapitel 5). ***Anden del*** handler om *anvendelse af STEM-didaktik* i form af tre kapitler, der tager konkret livtag med tre didaktiske anvendelsessammenhænge: dagtilbud (kapitel 6), grundskole (kapitel 7) og de gymnasiale uddannelser (kapitel 8). ***Del tre*** indeholder to kapitler, som sætter fokus på *STEM som omdrejningspunkt i faglig udvikling* i form af et kapitel om STEM-lærerkompetencer i STEM-undervisning (kapitel 9) og et om STEM-kompetenceudvikling gennem Laboratoriemodellen (kapitel 10).

Her følger en kapiteloversigt med en lidt mere detaljeret beskrivelse af hvert kapitel i bogen.

Kapitel 1: LabSTEM-projektet og Laboratoriemodellen

Kapitlet præsenterer LabSTEM-projektet og Laboratoriemodellen som kompetenceudvikling gennem aktionslæring. Udviklingsprojektets cirkulære og iterative forandringsproces gennemgås trin for trin. LabSTEM-projektets mål og resultater bliver præsenteret. Arbejdspladsbaseret kompetenceudvikling i udviklingsprojekter organiseret efter Laboratoriemodellen tages op igen i kapitel 10.

Kapitel 2: Hvad er STEM?

STEM-akronymet består af forbogstaverne for fire hovedområder, Science, Teknologi, Engineering og Matematik. I dette kapitel defineres hovedområderne individuelt og i relation til STEM, og det beskrives, hvordan de kommer i spil i bogens bud på en STEM-didaktik.

Når vi definerer S, T, E og M i bogen her, taler vi om de fire hovedområder. I dansk såvel som international litteratur anvendes flere forskellige begreber, når bogstaverne i STEM skal defineres, fx bruger Bybee (2018) begrebet *STEM-discipliner* om Science, Technology, Engineering and Mathematics. Når vi vælger at benytte betegnelsen *STEM-hovedområder*, er det blandt andet, fordi *disciplin* på dansk relaterer sig til mindre specifikke områder inden for S, T, E og M; fx er genteknologi en disciplin inden for faget bioteknologi, som hører til hovedområdet science.

S'et i STEM dækker over de naturvidenskabelige fag, herunder biologi, kemi, fysik og naturgeografi, altså det, vi i uddannelsessystemet kalder skolefag (Enevoldsen og Jelsøe, 2012) eller undervisningsfag (Winsløw,

2006). Hovedområdet science dækker altså over mange forskellige fag, og i de fag indgår en række discipliner. I dagtilbudssammenhænge kan begrebet science forbindes til natur og udeliv fra læreplanstemaet "Natur, udeliv og science".

T'et i STEM dækker over teknologi, som både er et samfundsmæssigt fænomen, og som dækker over en række fag, der undervises i på forskellige uddannelsesinstitutioner, herunder den gymnasiale uddannelse HTX, de tekniske erhvervsuddannelser og på ingeniøruddannelserne på Danmarks Tekniske Universitet og de øvrige universiteters tekniske fakulteter. Alt efter hvilket uddannelsesniveau i uddannelseskæden der er tale om, kan T'et altså dække over enkelte fag, men også være dækkende for et helt område – et hovedområde, der dækker over forskellige tekniske aspekter.

E'et i STEM dækker over engineering. Her snakker man ofte i uddannelsessammenhæng om en engineering arbejdsmetode, men E'et er, ligesom T'et, også både fag og uddannelser, fx ingeniøruddannelserne. Det vil sige, at E både kan ses som en didaktik i grundskolen og som et hovedområde på universitetsniveau.

M'et i STEM dækker over matematik. I uddannelsessammenhæng defineres matematik som et undervisningsfag, men der refereres også til matematik som et vidensfag. Et vidensfag defineres som en "afdeling af menneskelig viden", som fandtes, længe før der fandtes matematikere som profession (Enevoldsen og Jelsøe, 2012). Matematik har et meget bredt anvendelsesområde og er en forudsætning for at forstå og anvende mange andre former for viden. I dagtilbudssammenhænge arbejdes der med matematisk opmærksomhed som begreb som en del af den styrkede pædagogiske læreplan.

Kapitel 3: didaktiske principper for STEM-aktiviteter

Med afsæt i den internationale forskningslitteratur og erfaringerne fra LabSTEM-projektet har vi udviklet fem principper for en STEM-didaktik. De overordnede principper for STEM-didaktikken er *dannelsesorientering, deltagercentrering*, *omverdensorientering*, *læremålsorientering og STEM-integration på tværs af disciplinerne*. Bogen viser samlet set, hvordan disse principper kan udleves i konkrete undervisningsforløb og pædagogiske situationer.

I dette kapitel udfoldes spørgsmålet om, hvordan en tværfaglig STEM-didaktik kan se ud baseret på de fem principper for STEM-under-

visning, der er udviklet i LabSTEM-projektet og rapporteret i et review præsenteret i Larsen et al. (2022). De fem principper er:

1. STEM-aktiviteter skal være en væsentlig bidragsyder til udvikling af almendannelse.
2. STEM-aktiviteter skal sætte deltageren i centrum.
3. STEM-aktiviteter skal handle om omverdenen.
4. STEM-aktiviteter skal understøtte den læring, der arbejdes med på det pågældende trin.
5. STEM-aktiviteter skal integrere to eller flere af disciplinerne i STEM på en meningsfuld måde.

I kapitlet udfoldes disse principper ud fra en teoretisk vinkel, suppleret med eksempler fra praksis, hvor disse principper er anvendt. Der afsluttes med refleksioner over, hvad en STEM-didaktik kan indeholde. Derudover præsenterer vi et STEM-rammeværk til at udvikle STEM-undervisning i grundskolen og på de gymnasiale uddannelser. Rammeværket er et didaktisk værktøj, som er udviklet på baggrund af national og international forskning og på baggrund af praktiske erfaringer fra STEM-projekter i ind- og udland. Det didaktiske rammeværk gennemgås detaljeret i kapitel 3 og igen dels i kapitel 7 med grundskolelærere som målgruppe, dels i kapitel 8 med lærere på de gymnasiale uddannelser som målgruppe. Der er nogle gentagelser på tværs af de tre kapitler, men vi har valgt at gennemgå rammeværket på den måde, for at kapitlerne enkeltvis kan anvendes i undervisningsudvikling på henholdsvis grundskole og de gymnasiale uddannelser.

Kapitel 4: integration i STEM-undervisningen

Akronymet STEM dækker over fire meget forskellige hovedområder med hver deres baggrund og kulturelle tilgange og arbejdsmåder. I STEM-undervisningen kan det derfor være en udfordring at integrere dem. Udfordringen bliver ikke mindre af, at de fire hovedområder samtidig kan integreres på mange forskellige måder. Integrationen kan anlægges i et flerfagligt perspektiv, et fællesfagligt perspektiv eller et mere fagoverskridende perspektiv (Jantsch, 1972) ved at koordinere, komplementere, korrelere, sammenkoble eller kombinere områderne. Indholdsmæssigt er der også forskellige måder at integrere de forskellige hovedområder på. Integratio-

nen kan ske med et overordnet emne eller problemstilling som det bærende element, idet de enkelte fag derfor får en mindre rolle. I undervisning kan hovedområderne også integreres ud fra bestemte metoder som den undersøgende tilgang (inquiry-based), hvor eleverne selv stiller spørgsmål og går i de retninger, der skal til for at fuldføre undersøgelsen. Integrationen kan også ske, ved at man lader en af disciplinerne være udgangspunkt for forløbet, som så omfavner de andre hovedområder. Engineering-design er ofte udgangspunktet for en sådan integration (Stohlmann, 2018, Honey et al., 2014). Endelig beskriver Bybee (2018), hvordan tværgående begreber kan støtte integrationen i STEM. I alle fire hovedområder kan der arbejdes med tværgående begreber som årsagsvirkning, systemer og modellering af systemer.

I kapitlet udfoldes disse forskellige tilgange til integration både teoretisk og ud fra eksempler på STEM-forløb.

Kapitel 5: matematikkens rolle i STEM

Der er stor forskel på, hvordan STEM-undervisning defineres, og hvad den indeholder (Larsen et al., 2022). Akronymet STEM betyder ikke, at undervisningen nødvendigvis omfatter alle STEM-hovedområder inden for science, teknologi, engineering og matematik i lige høj grad og på samme måde. Målet med STEM-undervisning beskrives ofte som dobbeltsidet, da undervisningen skal give eleverne færdigheder og kompetencer til at løse udfordringer i komplekse og tværfaglige sammenhænge *og samtidig* sikre, at kompetencerne i de enkelte fag øges (Maass et al., 2019). Med dette dobbelte mål er der risiko for, at de enkelte fag bliver overskygget af den overordnede komplekse sammenhæng, og der er en bekymring i forskningslitteraturen for, at især matematik ikke kommer til sin ret i integreret STEM-undervisning. Honey et al. (2014) har i en undersøgelse fundet ud af, at det i STEM-undervisning ser ud til, at der er en mindre positiv indvirkning på et matematisk læringsudbytte end fx i science. Flere forskere påpeger derfor en risiko for, at matematik ofte kommer i baggrunden, når der undervises i STEM (English, 2016; Fitzallen, 2015; Maass et al., 2019; Shaughnessy, 2013; Stohlmann, 2018). Denne udfordring adresserer vi i dette kapitel.

I Kristensen et al. (2024) beskrives et review, hvor det netop er undersøgt, hvilken rolle matematik har i de STEM-forløb, der er beskrevet i forskningslitteraturen, og dette review diskuteres i kapitel 5. Samtidig har

vi udviklet et rammeværk, der beskriver, hvordan matematik spiller sammen med andre hovedområder i STEM-aktiviteter. Med udgangspunkt i rammeværket giver vi eksempler på flere af disse roller.

Kapitel 6: STEM i dagtilbud

STEM kan være et omdrejningspunkt for det pædagogiske arbejde, også i dagtilbud. I dette kapitel giver vi konkrete bud på, hvordan man kan arbejde med STEM i læreplanstemaet 'natur, udeliv og science', men vi underbygger også med afsæt i den nyeste forskning på dagtilbudsområdet, hvordan STEM kan bidrage til både almendannelse, begyndende matematisk opmærksomhed og nysgerrig undersøgelse af naturvidenskabelige fænomener og objekter. Science i børnehøjde har fokus på, at børnene undersøger omgivelserne nysgerrigt og videbegærligt gennem leg. Det er børnenes nysgerrighed, der skal være drivkraft for deres aktiviteter og undersøgelser. Vi sætter fokus på at arbejde med STEM i dagligdagens legemiljøer, fx gennem leg, planlagte aktiviteter og som en del af dagligdagens pædagogiske situationer. For de yngste børn er det vigtigt, at de forholder sig til den nære omverden, familien og legepladsen, og at aktiviteter tager udgangspunkt i disse lokale miljøer. Det kunne fx foregå ved at undersøge vejret ved at se, høre og mærke vind, varme og vand og bygge simple apparater til at måle forskellige vejrforhold. I kapitlet præsenterer vi konkrete eksempler på sådanne STEM-læringsmiljøer og STEM-aktiviteter i dagtilbud, og kapitlet viser, hvordan STEM kan understøtte pædagogisk arbejde med natur, udeliv og science, herunder bæredygtighed og en forståelse for samspillet mellem menneske, samfund og natur.

Kapitel 7: STEM i grundskolen

STEM-undervisning i grundskolen er et vigtigt fokusområde af flere årsager, og der lægges både politisk og forskningsmæssigt op til, at STEM skal integreres i den daglige undervisning på de danske skoler. STEM-undervisning kan være med til at styrke elevernes faglige kompetencer i fagene, der relaterer sig til de enkelte hovedområder, S, T, E og M. STEM-undervisning kan være med til at øge elevernes motivation og interesse inden for STEM-fagene (Larsen et al., 2022). I kapitlet diskuteres det, hvordan man kan udvikle, gennemføre og evaluere STEM-aktiviteter i grundskolen. Vi går ud fra de fem STEM-principper og det didaktiske STEM-rammeværk. Vi kommer blandt andet ind på, hvordan STEM-undervisning kan

integreres i de fælles mål i science-fagene og matematik, og hvordan man kan integrere de forskellige hovedområder, S, T, E og M, når der arbejdes med STEM-undervisning i grundskolen. Til slut i kapitlet præsenteres konkrete eksempler på STEM-aktiviteter, som er udviklet og afprøvet af grundskolelærere i LabSTEM-projektet.

Kapitel 8: STEM i de gymnasiale uddannelser

Dette kapitel beskæftiger sig med STEM på de gymnasiale uddannelser STX, HTX og HF. Der er et stort potentiale i at arbejde med STEM-undervisning som en del af det tværfaglige arbejde, der opfordres til i styredokumenterne for matematik, de naturvidenskabelige fag og de teknologiske fag. Argumenter for at arbejde med STEM-undervisning i de gymnasiale uddannelser dækker over, både at STEM-undervisning bidrager til almendannelse og det 21. århundredes kompetencer, og at STEM-undervisning kan imødekomme anbefalinger fra Matematikkommissionen om, at matematik i samspil med andre fag kan bidrage til at øge elevernes motivation for matematik (Grønbæk, 2017). Desuden er der et behov for, at de gymnasiale uddannelser klæder de unge på til en videregående uddannelse. Kapitlet viser, hvordan undervisere kan arbejde med STEM på tværs af fagene på de gymnasiale uddannelser og på en meningsfuld måde integrere de forskellige hovedområder i forløbene. Kapitlet præsenterer konkrete eksempler på STEM-aktiviteter med et særligt fokus på at integrere matematik med de andre hovedområder på de gymnasiale uddannelser STX, HTX og HF.

Kapitel 9: STEM-lærerkompetencer i STEM-undervisning

En lærer spurgte engang en af bogens forfattere: "Jeg er uddannet matematik- og biologilærer, og jeg har også arbejdet med teknologi med eleverne, men hvad er det, jeg nu skal lære på jeres STEM-lærer-workshop?" Spørgsmålet er relevant, og det danner udgangspunkt for dette kapitel.

Lærere uddannes i dag i de enkelte fag til at blive matematiklærer, biologilærer, geografilærer og så videre. Men hvad skal der til, når lærerne, der ofte har en mere enkeltfaglig tilgang til undervisning, skal integrere fagene i udvikling af STEM-forløb?

Kapitlet er bygget op om eksplicitte erfaringer fra deltagende lærere og undervisere i LabSTEM-projektet, men også om en mere teoretisk beskri-

velse af, hvad der i litteraturen benævnes STEM-lærer-udfordringer, og hvad lærere skal kunne for at integrere STEM i deres undervisning.

Kapitel 10: Laboratoriemodellen – arbejdspladsbaseret STEM-kompetenceudvikling

Kapitlet præsenterer LabSTEM-projektet som arbejdspladsbaseret kompetenceudvikling for lærere og pædagoger, organiseret med inspiration fra Laboratoriemodellen, som henter noget af sit grundlag i aktionslæring. Erfaringer fra LabSTEM-projektet benyttes som læringspunkter til det nye LabSTEM+-projekt, som præsenteres til sidst i kapitlet. Endvidere reflekterer vi i kapitlet over, hvordan udviklingsprojekter som LabSTEM kan tilrettelægges, så de giver god mulighed for arbejdspladsbaseret kompetenceudvikling.

Litteratur

Andersen, L.K., Hobel, P. & Holgersen, S. (red.). (2019). *Tværfaglighed og fagligt samspil.* Aarhus Universitetsforlag.

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

Belling, L. & Frandsen, L. (2017). *Bæredygtig dannelse – skitser til en empatisk verden*. Dafolo.

British Science Association [APPG on Diversity and Inclusion in STEM]. (2020). *Inquiry on Equity in STEM education [Final report].*

Broström, S. & Frøkjær, T. (2021). *Pædagogik for bæredygtighed og science i dagtilbud.* Samfundslitteratur.

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

Bybee, R.W. (2018). *STEM Education Now More Than Ever*. NSTA press.

Christensen, B. (2022). STEM-undervisning i gymnasiet. *MONA – Matematik-Og Naturfagsdidaktik*, (4), 72-86.

Darmayanti, R., Laila, A.R.N., Khan, S., Fitriyah, I.D., Bausir, U., Setio, A. & Usmiyatun, U. (2023). Students' Attitudes Towards Learning Mathematics: "Too Soft Attitudes-Very Difficult-Boring-In A Good Way". *Indonesian Journal of Learning and Educational Studies*, 1(1), 31–52.

Dohn, N. B. (2022). A gender perspective on the structure of adolescents' interest in science, *International Journal of Science Education*, 44(10), 1565-1582.

Enevoldsen, T. & Jelsøe, E. (red.). (2012). *Tværvidenskab i teori og praksis*. Hans Reitzels Forlag.

English, L.D. (2016). STEM education K-12: perspectives on integration. *International Journal of STEM Education,* 3(3), 1-8.

Fitzallen, N. (2015). STEM education: What does Mathematics have to offer? I M. Marsman *(red.), Mathematics education in the margins. Proceedings of the 38th annual conference of the Mathematics Education Research Group of Australasia* (s. 237–244). MERGA.

Fuentes, S.Q. & Bloom, M.A. (2023). The Intricacies of the STEM Teacher Shortage. *Electronic Journal for Research in Science & Mathematics Education*, 27(2), i-vii.

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

Grønbæk, N., Rasmussen, A-B., Skott, C.K., Bang-Jensen, J., Jensen, K.B.S., Fajstrup, L., Schou, M.H., Christensen, M., Lumholt, M., Kjærup, R.M., Jørgensen, S., Hansen, S.L. & Markvorsen, S. (2017). *Matematikkommissionen – Afrapportering.*

Honey, M., Pearson, G. & Schweingruber, H. (red.). (2014). *STEM integration in K-12 education: Status, prospects, and an agenda for research*. National Academies Press.

IRIS Group, HBS Economics. (2021). *Mismatch på arbejdsmarkedet for it-uddannede i 2030*. Udarbejdet for Danske Gymnasier og IDA.

Iversen, O.S., Dindler, C. & Smith, R.C. (2019). *En designtilgang til teknologiforståelse*. Dafolo.

Jankvist, U.T., Nielsen, J.A. & Michelsen C. (2013). Preparing future teachers for interdisciplinary: designing and implementing a course for pre-service upper secondary teachers. *Nordic Studies in Mathematics Education*, 18(2), 71-92.

Jantsch, E. (1972). Inter- and transdisciplinary university: A systems approach to education and innovation. *Higher Education,* 1(1), 7-37.

Kristensen, M.L.A., Larsen, D.M., Seidelin, L. & Svabo, C. (2024). The Role of Mathematics in STEM Activities: Syntheses and a Framework from a Literature Review. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 12(2), 418.

Larsen, D.M., Kristensen, M., Hjort, M. & Seidelin, L. (2022). STEM- didaktik – et internationalt, systematisk review om STEMundervisningens didaktik. *MONA – Matematik- Og Naturfagsdidaktik*, (1), 6-22.

Lykkegaard, E. & Ulriksen, L. (2019). In and out of the STEM pipeline—A longitudinal study of a misleading metaphor. *International Journal of Science Education,* 41(12), 1600–1625.

Lysgaard, J.A. & Jørgensen, N.J. (red.) (2020). *Bæredygtighedens pædagogik – forskningsperspektiver og eksempler fra praksis*. Frydenlund.

Maass, K., Geiger, V., Ariza, M.R. *et al.* (2019). The Role of Mathematics in interdisciplinary STEM education. *ZDM Mathematics Education*, 51, 869–884.

Michelsen, C., Petersen, M.R. & Ahrenkiel, L. (2017). Laboratoriemodellen – kompetenceudvikling med fokus på forandring af praksis. *MONA – Matematik- Og Naturfagsdidaktik,* (4), 39-55.

Ministeriet for Børn, Undervisning og Ligestilling. (2016). Kommissorium for matematikkommission for de gymnasiale uddannelser [dokument].

Møller, M. (2022). Fra STEM-faglighed til STEM-kompetencer. *MONA – Matematik- Og Naturfagsdidaktik*, (4), 8-30.

Nielsen, B. (2016). *Det fælles i det faglige*. Hans Reitzels Forlag.

Nielsen, B. & Nørgaard, K. (2018). *Det fælles i naturfagene*. Samfundslitteratur.

Nørregaard, H. & Rasmussen, J.B. (red.). (2012). *Skolens naturfag – en hjælp til omverdensforståelse* [E-bog]. Dafolo.

Repko, A.F., Szostak, R. & Buchberger, M.P. (2017). *Introduction to Interdisciplinary Studies* (2. udg.). SAGE.

Roberts, T. (2022) Grow Your Own: Recommendations for Addressing Teacher Shortages for STEM and Other Critical Needs Areas. *Current Urban Studies*, 10, 611-618.

Ruffell, M., Mason, J. & Allen, B. (1998). Studying attitude to mathematics. *Educational studies in Mathematics*, 35, 1–18.

Sanders, M. (2009). STEM, STEM Education, STEMmania. *The Technology Teacher*, 68(4), 20-26.

Schultz, C.A. & Lembecke, S. (2020). *Lærer under designprocesser – digital fabrikation og designprocesser i FabLab*. Dafolo.

Shaughnessy, M. (2013). By way of introduction: Mathematics in a STEM context. *Mathematics Teaching in the Middle School,* 18(6), 32.

Stohlmann, M. (2018) A vision for future work to focus on the M in integrated STEM. *School Science and Mathematics*, 118(6), 310-319.

Sunesen, M., Lunde Frederiksen, L., Thorborg, M. & Ørsted Andersen, F. (2022). Lærermangel i Danmark. *Paideia*, 22, 21–32.

Winsløw, C. (2006). *Didaktiske elementer. En indføring i matematikken og naturfagenes didaktik*. Biofolia.

Zeuner, L. (2012). *Fagsamspil og erkendelse i de gymnasiale uddannelser*. Samfundslitteratur.