

STEM-didaktik

– et internationalt, systematisk review om
STEM-undervisningens didaktik



Dorte Moeskær
Larsen, Syddansk
Universitet, LSUL



Mette Lindharth
Als Kristensen,
Syddansk
Universitet, LSUL



Michael Fabrin
Hjort, Syddansk
Universitet, LSUL



Lars Seidelin,
Syddansk
Universitet, LSUL

Abstract: *En STEM-tilgang til undervisningen er efterhånden velkendt, og den beskrives ofte til at have stort potentiale. Ikke desto mindre er implementeringen af denne nye tilgang ikke ligetil på grund af den manglende konsensus omkring, hvordan STEM defineres, og om der er en tilgang, som vi kan kalde en STEM-didaktik. Denne artikel bidrager ved at beskrive et litteraturstudie med udgangspunkt i 62 udvalgte studier. Disse er gennemlæst, analyseret og efterfølgende syntetiseret. Resultaterne peger på forskellige perspektiver på både begrundelser, indhold/kontekst, metoder og integrationen. Afslutningsvis perspektiveres reviewets resultater med det danske udviklings- og forskningsprojekt LabSTEM.*

Indledning

Et større fokus på styrkelse af STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) i uddannelsessystemet i Danmark har efterhånden gjort sit indtog på alle uddannelsesniveauer. STEM-akronymet er blevet velkendt, og der arbejdes med STEM-strategier i en lang række regioner, kommuner, skoler osv. Begrebet STEM blev præsenteret af National Science Foundation (NSF) i 90'erne (Bybee, 2013) med ambitionen om at skabe bedre sammenhæng imellem de naturvidenskabelige fag og som en mulighed for at arbejde med bredere naturvidenskabelige problemstillinger. Brugen af en integreret læseplan/læreplan har vist sig at forbedre ikke blot elevernes faglige præsentationer, men også deres ikkekognitive læringsresultater, såsom interesse for STEM-områderne (Mustafa et al., 2016; Riskowski et al., 2009) og motivation for at fordybe sig i STEM-

områderne (Wang et al., 2016) hvilket måske også kan føre til et stigende antal STEM-kandidater (National Academy of Engineering and National Research Council, 2014).

Der forestår dog udfordringer med at undervise ud fra en STEM-tilgang. I et århundrede har undervisere i matematik og forskellige sciencefag institutionaliseret og urokkeligt forsvaret deres suverænitet over (fag)områderne, og det kræver både stor tilvæning og kompetence at ændre dette billede (Sillasen & Linderoth, 2017). I Danmark forestår der en opgave med hvordan og af hvem STEM skal defineres (Schmidt, 2019), og hvilket indhold og hvilke tilgange et STEM-forløb bør eller skal have, og hvordan forskellige udfordringer med at gennemføre STEM-undervisning skal løses. Nærværende artikel sigter mod at adressere disse områder.

I takt med at STEM-undervisning går fra at være en politisk målsætning til også at være en større og tydeligere del af klasserummene, skal der afklares nogle didaktiske aspekter omkring hvordan forskellige fagprofessionelle – pædagoger, lærere og undervisere – kan begrebssette, men også rent praktisk gribe undervisningen an (Seidelin & Larsen, 2021). STEM-undervisningen har siden sin begyndelse været under kontinuerlig udvikling, og der er stadig mange forskellige definitioner af hvad STEM-undervisning er, hvilket er en indikation på at der ikke er konsensus om hvad STEM-undervisningen indebærer. I sagens natur er STEM tværfagligt da det består af forskellige fag og discipliner, og ofte fremhæves en holistisk tilgang til STEM, men selv inden for denne tilgang er der ikke konsensus om definitionen. Shaughnessy (2013) definerer for eksempel STEM-undervisning som løsning af problemer baseret på science- og matematikbegreber og metoder der inkorporerer anvendte engineeringstrategier og anvendelse af teknologi. I denne definition er de enkelte fag og discipliner og deres karakteristika centrale. Omvendt definerer Sanders (2009) og Bybee (2013) det fra et andet perspektiv der forsøger at forstå alle STEM-discipliner som en sammenhængende enhed hvis undervisning er integreret og koordineret via løsningen af problemer i den virkelige verden.

Forskningsspørgsmål og tidlige reviews

Forskningsartikler omkring STEM-undervisning har fået en stigende opmærksomhed inden for de sidste år (Bozkurt et al., 2019), og der foreligger allerede en del forskellige litteraturreviews omkring emnet. Disse reviews har haft mange forskellige foki og undersøgelsesområder. Eksempelvis findes der en del undersøgelser omkring hvordan forskning i STEM-undervisning er udført, herunder fx forskningsmetoder, dataindsamlingsmetoder, samplestørrelse osv. (Kaleci & Korkmaz, 2018 samt Decker & McGill, 2019). Der er også reviews med fokus på STEM i forhold til diversitet og minoritetsgrupper. Eksempelvis beskriver Caldwell et al. (2018) vigtigheden af at skræddersy målene i STEM-undervisningen til behovene hos de underrepræsenterede grupper, fx for at få piger til at få en større interesse for STEM-fagene. I et litteraturreview af

McDonald (2016) fokuseres der på hvad der skal til for at udvikle STEM-undervisning i forhold til de enkelte fag, og her identificeres tre nøglefaktorer:

1. Vigtigheden af at fokusere på STEM allerede på mellemtrinnet for at opretholde elevernes interesse og motivation for at deltage i STEM
2. Implementering af en effektiv pædagogisk og didaktisk praksis for at øge elevernes interesse og motivation for at deltage i STEM
3. Udvikling af dygtige og kompetente lærere.

I søgningen på allerede udførte reviews med fokus på STEM-uddannelse fandt vi i alt 22 reviews, men ingen af disse har specifikt fokus på hvilken didaktik der er i spil i de beskrevne STEM-forløb. Hensigten med denne artikel er derfor at få et overblik over hvad den nyeste internationale litteratur anvender af definitioner af STEM, og om der kan identificeres en STEM-didaktik. For at gøre dette har vi foretaget en systematisk gennemgang af den nyeste internationale forskningslitteratur om STEM-undervisning. Baseret på resultaterne af den systematiske gennemgang beskrives en model med elementer i en STEM-didaktik der kan understøtte fremtidig STEM-undervisning.

De specifikke forskningsspørgsmål der er behandlet i den systematiske gennemgang, er:

- Hvilke definitioner af STEM-undervisning finder vi i den nyeste forskningslitteratur?
- Hvilken didaktik danner grundlaget for den beskrevne STEM-undervisning?
- Hvilke udfordringer beskrives der i den nyeste forskningslitteratur omkring STEM-undervisning?

Metode

Metoden indeholder først en systematisk søgning, udvælgelse og gennemlæsning af artikler. Det systematiske review er baseret på syv trin, foreslået af Petticrew og Roberts (2008). Denne tilgang hjælper med at systematisere processen: 1) Formulering af et tydeligt forskningsspørgsmål; 2) Bestemmelse af hvilke typer undersøgelser der skal inkluderes; 3) Udførelse af selve litteratursøgningen; 4) Screening af resultaterne af denne søgning; 5) Kritisk vurdering af de inkluderede studier; 6) Syntese af undersøgelserne og vurdering af heterogenitet blandt undersøgelsesresultaterne; 7) Formidling af resultaterne.

Først blev fem databaser udvalgt til søgningen for at sikre at resultaterne repræsenterede forskellige videnskabelige områder, såsom psykologi (psycinfo), videnskab (web of science) og pædagogik (EBSCO). I EBSCO udvalgte vi søgning i databaserne

Academic Search Premier: ERIC, MathSciNet og Teacher Reference Center. Derudover var Scopus og Proquest inkluderet fordi de giver et bredt og globalt overblik over litteratur inden for mange forskellige grene af forskningen. Derefter blev der i databaserne lavet en bloksøgning så ordene "STEM literacy", "STEM education", "STEM learn*", "STEM competen*" eller "STEM teach*" skulle indgå i titel eller abstract, mens ordet mathemati* skulle indgå i enten titel, abstract eller selve teksten. Matematik blev fremhævet i denne søgning idet det var vigtigt for os at matematik var en del af STEM-forløbene¹. Søgeordene blev valgt ved at screene abstracts i specielle udgaver af tidsskrifter med fokus på STEM-undervisning.

Tidsintervallet for artiklerne var fra 1. januar 2015 til 1. marts 2020 således at reviewet bygger på den nyeste forskning. Sproget i artiklerne var engelsk. I de databaser der tillod det, blev der kun søgt i peer-reviewede artikler. Efter dubletterne var taget ud af søgningen, resulterede dette i 4812 artikler. Disse artikler blev først sorteret ved gennemlæsning af titel/abstract af tre forskere, og kriterierne for at en artikel blev ekskluderet, var som følger:

1. Artiklen omhandler kun en af disciplinerne i akronymet STEM.
2. Artiklen omhandler ikke dagtilbud, grundskole eller ungdomsuddannelser, dvs. artikler med fokus på videregående uddannelser ekskluderes.
3. Artiklen omhandler STEM i uformelle undervisningsmiljøer, dvs. sommerskole, ungdomsskole, museum eller lignende ekskluderes.
4. Artiklen omhandler undervisning, der kræver særligt udstyr eller software der ikke er tilgængeligt på en almindelig institution, herunder specifikke eksklusive robotter.
5. Artiklen har fokus på STEAM (med Art) eller andre akronymer som ikke er STEM.
6. Artiklen har fokus på en specifik gruppe af elever, herunder køn, etniske minoriteter, særligt intelligente børn eller børn med særlige behov.
7. Artiklen handler om et specifikt lands uddannelsespolitik/styringsdokumenter.
8. Artiklen omhandler specifikt uddannelse eller efteruddannelse af lærere.
9. Artiklen fokuserer ensidigt på elevers eller læreres holdninger og forventninger til STEM-undervisning.

For at styrke reliabiliteten i udvælgelsen af artikler blev de første 100 artikler drøftet og sorteret i fællesskab. Derefter blev artiklerne delt i tre, dvs. ca. 1600 artikler til hver forsker. I gennemlæsningen af overskrifter og abstracts var intentionen at hvis der var tvivl om eksklusion, skulle artiklen forblive inkluderet. De artikler der blev udvalgt af én forsker, blev derefter genlæst af en af de andre forskere. Forsker 1

¹ LabSTEM projektet, som dette review er udarbejdet i, har fokus på matematik som omdrejningspunkt for STEM-undervisningen. Denne specifikke søgning på "matematik" gav dog ikke anderledes resultater idet matematik næsten altid indgår når STEM bliver forklaret med ordene Science, Teknologi, Engineering og Matematik.

udvalgte fx 147 artikler ud af de læste abstracts/overskrifter, og forsker 2 genlæste disse overskrifter/abstracts, og der blev fjernet yderligere 60 artikler efter en kort drøftelse med forsker 1.

Efter denne sortering var der i alt $n=172$ artikler tilbage. Herefter blev alle reviews, metastudier og proceedings også sorteret fra hvilket resulterede i $n=151$ artikler. Alle tre forskere læste nu i fællesskab disse artiklers titler og abstracts, og inklusion af den enkelte artikel blev diskuteret på baggrund af de ni eksklusionskriterier. Dette resulterende i 84 artikler. Herudover blev der lavet en specifik søgning i NorDiNa, NOMAD og MONA for også at give mulighed for at inkludere nordisksprogede artikler hvilket resulterede i otte ekstra artikler hvoraf tre blev udvalgt til gennemlæsning. Det samlede tal blev dermed 87 artikler. De inkluderede artikler blev nu hver især gennemlæst, analyseret og sammenfattet i en indskrivningstabel bestående af 12 kategorier. Under gennemlæsningen blev yderligere 25 artikler ekskluderet på baggrund af eksklusionskriterierne, og det endelige antal artikler blev således 62.

De 12 kategorier blev udvalgt til at klarlægge nogle overordnede tilgange i de inkluderede artikler: hvilket *skoleniveau* artiklen omhandlede, fx dagtilbud eller udskoling, hvilket *forskningsdesign* der blev anvendt, herunder anvendte *metoder og data*, hvilket *land* artiklen stammede fra, hvilket *formål* artiklen havde, hvilke *teorier* der blev anvendt i artiklen, men også hvilke fund artiklen fremkom med. Derudover havde vi fokus på at undersøge (jf. vores forskningsspørgsmål) hvilke fag i *S/T/E/M* der er i spil i artiklen, hvad der beskrives som *målet* for at lave STEM-undervisning, eventuelle beskrevne *udfordringer* med STEM-undervisning, specifikke beskrivelser af hvordan STEM *defineres* i artiklerne, og hvilken STEM-didaktik der eksplicit beskrives.

Metodisk kan et litteraturreview laves på flere måder, og det er klart at de valg der bliver taget i starten af processen, får indflydelse på resultaterne. Især søgeordene har indflydelse, men også inklusionskriterierne har betydning. Andre valg kunne have givet andre inkluderede artikler og dermed måske have påvirket resultaterne.

Inkluderede artikler og deres fund

De 12 forskellige kategorier i indskrivningstabellen blev efterfølgende syntetiseret hver for sig. I det følgende vil der være en kort beskrivelse af hvilke forskellige artikler der var inkluderet i reviewet. Artiklerne er opstillet og nummereret i følgende link: <http://kortlink.dk/2dewa>. I det efterfølgende vil de inkluderede artikler blive refereret til ud fra deres nummer.

De inkluderede artikler er trykt i 42 forskellige tidsskrifter hvilket viser hvor bredt dette felt er. Der er artikler publiceret i specifikke STEM-tidsskrifter, men der er også artikler fra mere almenpædagogiske tidsskrifter, fx *Journal of Educational Research* og fra mere fagspecifikke tidsskrifter, fx *Journal of Microbiology & Biology Education*. De

62 artikler stammer fra 16 forskellige lande hvor USA og til dels Australien er stærkt repræsenterede med henholdsvis 26 artikler og ni artikler.

39 % af studierne var kvalitative undersøgelser, og i disse var der en nogenlunde lige fordeling af studier der anvendte interviews (n=11) og/eller observationer (n=13). Lidt færre analyserede forskellige dokumenter (n=8), heraf fx analyser af elevprodukter/elevlogbøger eller læreplaner. I de kvantitative undersøgelser var hovedparten eksperimenter (n=14) som blev undersøgt enten ved test og/eller spørgeskemaer hvoraf enkelte tilføjede observationer. I de undersøgelser vi beskriver som 'mixed methods', var der ligeledes oftest eksperimenter (n=9) der alle blev undersøgt både kvalitativt (fx med observationer og/eller interviews) og kvantitativt med test og/eller spørgeskemaer. Dog var der et studie der ikke blev karakteriseret som eksperiment da det handlede om at undersøge lektionsplaner og logbøger med både kvantitative og kvalitative tilgange. De artikler som vi har kategoriseret som "teoretiske artikler", indeholdt alle diskussioner og refleksioner omkring hvordan STEM-undervisning skal udvikles eller udføres, uden decideret at have udført kvalitativ eller kvantitativ forskning.

De inkluderede artikler indeholder alle forskellige typer af fund der overordnet kan kategoriseres i fire forskellige områder:

1. Fund der beskriver hvad STEM-undervisning udvikler hos eleverne. Der blev blandt andet beskrevet at der udvikles scientific literacy eller problemløsningskompetencer (fx 2, 27, 59), computational thinking (fx 25, 60), holdninger til STEM-faget (fx 32, 33, 49, 50, 62), kritiske, kreative og analytiske kompetencer (fx 9, 35, 45) eller overordnet 21. århundredes- kompetencer (42, 48).
2. Fund med kritiske perspektiver i forbindelse med at gennemføre STEM-undervisning i en traditionel skolekultur, fx at det kan være svært for eleverne at overføre det de har lært i STEM-forløb, til de individuelle fag (32), samt problematikker omkring at der sjældent måles på STEM-kompetencer i afsluttende test (43).
3. Fund der handler om hvad der skal tages hensyn til når der skal planlægges STEM-forløb (6, 58). Herunder fx at det er vigtigt at inddrage eleverne (38, 39), at undervisningen skal være dialogisk (41), at undervisningen skal være elevcentreret, fx inquiry-based undervisning, playful learning, projektbaseret undervisning eller lignende (fx 10, 11, 33, 44) eller evt. at have fokus på fx big ideas (24), bæredygtighed (46), produktudvikling (33), design (28, 53, 61), matematisk modellering (12, 55), engineering (13, 14, 15, 21) eller virtuelle eller interaktive teknologier (3, 26).
4. Fund omkring strukturelle ting, fx vigtigheden af opbakning fra ledelsen og styrkede samarbejdsstrukturer (30, 55, 56) og vigtigheden af efteruddannelse af STEM-lærere (48).

Didaktik, fagdidaktik og STEM-didaktik

Der findes forskellige beskrivelser af hvad didaktik er og handler om, ligesom der findes definitioner af fagdidaktik, fx matematikdidaktik eller fysikdidaktik, men spørgsmålet er om vi kan komme nærmere på hvad der definerer og indgår i en integreret STEM-didaktik? Allerede i 1964 beskriver Høgh Larsen didaktik som en række tekniske overvejelser over:

1. Mål og midler samt beslutninger vedrørende stofvalg og undervisningsformer
2. Formidlingen af det stof der er valgt som middel til at opfylde de stillede mål
3. Lærerens tilrettelæggelse af sin undervisning
4. Undervisningssituationen (Larsen, 1964, s. 100).

Frede V. Nielsen skelner mellem to hovedopfattelser af hvad didaktik skal omfatte. Den ene kalder han didaktik i en relativt snæver eller specifik betydning som omfatter spørgsmål vedrørende "*undervisningens begrundelse og formål, dens mål og indhold samt kriterier for indholdsudvælgelse*" (Nielsen, 1998, s. 19). Den anden opfattelse vedrører undervisning i bredere forstand da den også indeholder spørgsmål om "*undervisningens metode, rammer og elevdeltagelse*" (Nielsen, 1998, s. 21).

Når vi diskuterer fagdidaktik angår det eksplicit et bestemt fag. Fx omfatter matematikdidaktik det komplekse didaktikfelt der eksplicit angår matematik, fx overvejelser og refleksioner i forhold til det faglige indhold i matematikundervisningen, praksis i matematikundervisningen og undervisningsmetoder samt begrundelser for indholdet – hele matematikundervisningens virksomhedsform (Blomhøj, 2016).

Svein Sjøberg (2005) afgrænser naturfagernes didaktik til at være "*alle de overvejelser, der er knyttet til den indholdsmæssige side af skolens undervisning i naturfag*" (s. 35) og til besvarelsen af naturfagsundervisningens *hvad, hvorfor og hvordan*.

Sillasen et al. (2018) lægger også vægt på disse tre spørgsmål i deres beskrivelse af hvad engineeringdidaktik er, men denne didaktik handler mindre om indhold og karakteriseres snarere som en arbejdsmetode i skolen. Denne metode inspireres af ingeniørers arbejdsmetode og engineeringdidaktikken forholder sig således til hvordan denne metode kan didaktiseres (Sillasen et al., 2018). Teknologiforståelse er måske snart et fag i grundskolen, og derfor er dette fags fagdidaktik med målbeskrivelser, læseplan/vejledning og formater ved at blive defineret (Teknologiforståelse i folkeskolen, 2021). En STEM-didaktik indeholder altså flere forskellige overlap af eksisterende fagdidaktikker, måske kommende fags didaktikker og ikkefags didaktikker som gør det meget komplekst at diskutere en samlet integrationsdidaktik.

For at komme tæt på didaktikken i de inkluderede artikler vil vi i det følgende anvende Niensens (1998) brede didaktikforståelse i forhold til hvordan en STEM-didaktik er defineret, men vi har tilføjet punktet "STEM-definitioner" for at tydeliggøre at vi

ikke har et præcist afgrænset fag, og at vi ikke har fokus på almindidaktik. Sidste punkt omkring integration er ligeledes tilføjet fordi vi her har flere "fag"-didaktikker der skal virke sammen:

- STEM-definitioner
- Begrundelser og mål for STEM-undervisning
- Indholdselementer eller kontekster i STEM-undervisning
- Metoder, rammer og elevdeltagelse
- Integrationselementer.

I det følgende vil vi først ud fra kategorierne "*Definitioner for STEM*" og "*Mål/begrundelser for STEM*" samt "*didaktik*" fra vores indskrivningstabel beskrive hvad der karakteriserer elementer i en STEM-didaktik. Desuden vil vi afslutningsvis medtage en beskrivelse af de udfordringer i at undervise med STEM-tilgange der er beskrevet i vores indskrivningstabel, da dette kan have implikationer for hvordan man griber den beskrevne didaktik an.

STEM-definitioner

I størstedelen af de inkluderede artikler er der slet ikke beskrevet nogen definition af STEM-undervisning (n=40). Oftest er der blot skrevet hvad STEM-akronymet står for (fx 30, 32). De resterende artikler samler sig nogenlunde i to forskellige kategorier:

Flere artikler (6, 8, 15, 28, 31, 33, 36, 40, 50) beskriver at STEM kan defineres som **integrationen af de forskellige fagområder (STEM)** ud fra enten en specifik kontekst eller opgave eller et specifikt projekt med det formål at udvikle elevernes kompetencer i de enkelte discipliner, men også at udvikle kompetencer på tværs (20) eller at forstå, innovere og løse komplekse problemstillinger (19), at udvikle STEM-literacy (23) eller at gøre undervisningen mere relevant, anvendelsesorienteret og motiverende (9).

I andre artikler beskrives STEM som en aktivitet (2, 24) der kan defineres som en bestemt **måde at trække på begreber og arbejdsmåder** fra videnskabsfagene matematik og science samtidig med at engineering inddrages, og passende teknologi anvendes (14).

Der er i de inkluderede artikler ikke enighed om hvad der skal til for at man kan definere undervisningen som STEM-undervisning. I nogle artikler (4, 37, 49) er det STEM-undervisning hvis minimum to af de fire discipliner indgår, mens en enkelt er tydelig omkring at matematik som minimum skal indgå (12).

Begrundelser og mål for STEM-undervisning

I de inkluderede artikler skrives der mange forskellige begrundelser for at arbejde tværfagligt i undervisningen. Klausen (2011) opdeler begrundelser for at udføre

tværfagligt samspil i interne og eksterne begrundelser. De skoleinterne begrundelser handler fx om udvikling i de enkelte fag. De skoleeksterne begrundelser handler mere overordnet om fx samfundsudviklingen. I STEM-litteraturen beskrives det specifikt at arbejdet med STEM-undervisning hjælper på stoftrængselsproblemerne i forhold til synergieffekter, men det beskrives også som mere motiverende for eleverne (Bybee, 2018). I forhold til samfundsudviklingen bliver STEM-undervisning specifikt beskrevet som kvalificerende både i forhold til en arbejdsmarkedsvinkel, men også kvalificerende i forhold til at blive kritiske borgere (Bybee, 2018). Disse beskrivelser vendes ofte til både at være begrundelser for og årsager til overhovedet at udføre STEM-undervisning.

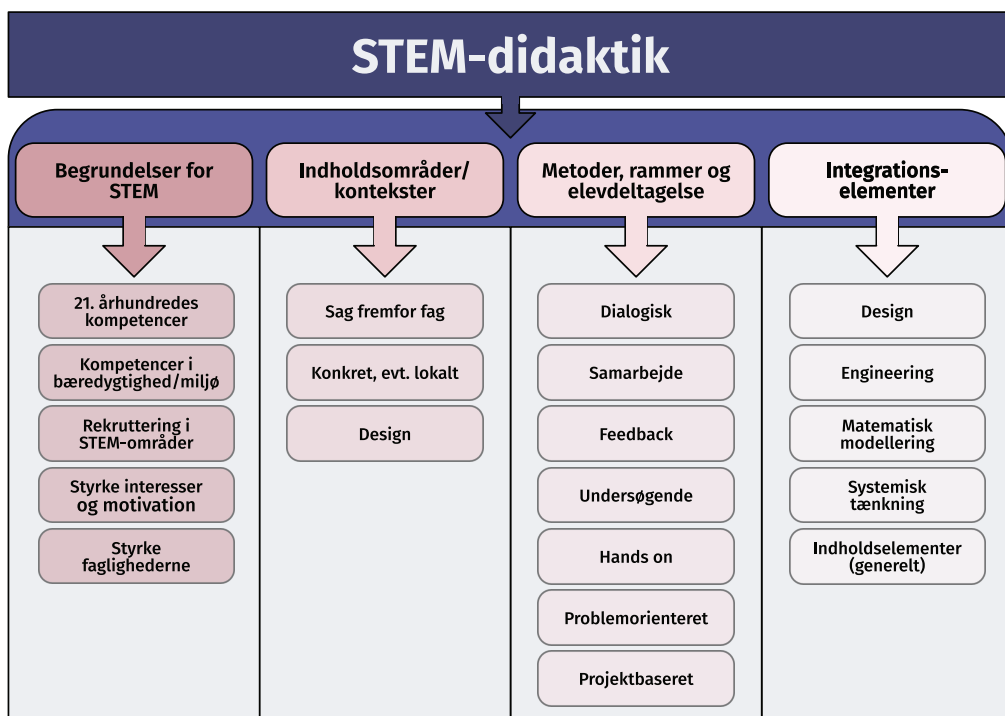
I de inkluderede artikler beskrives der både skoleinterne og skoleeksterne begrundelser for at arbejde med STEM-undervisning. I de skoleeksterne er der især fokus på hvordan STEM-undervisning vil styrke elevernes kompetencer i det 21. århundrede (2, 4, 13, 30, 31, 43, 44), herunder bliver der specifikt beskrevet områder som innovation (40, 42), samarbejdsfærdigheder, kommunikationsfærdigheder (42) og kreativitet (45, 52), men også kompetencer inden for miljø og bæredygtighed er inkluderet som områder der er mål for STEM-undervisning (33, 46). Samfundsmæssigt nævnes der både økonomiske fordele (41), men også et bedre globalt udsyn nævnes (23). Der er også en del artikler der peger på elevernes fremtidige rekruttering, jobs og karriere inden for STEM-fagene (27, 29, 36, 42, 48, 50).

I forhold til de skoleinterne begrundelser beskrives det ofte at målet er at styrke elevernes faglige kompetence på de enkelte fagområder og opnå synergieffekter (39, 50), men der er også fokus på at styrke interesser for STEM-fagene mere overordnet (11). Dette kan også ske ved at undervisningen bliver mere kvalificeret når der anvendes STEM-strategier fordi dette i så fald vil styrke sammenhængen i undervisningen og gøre den mere meningsfuld (49, 60) og dermed mere motiverende (50). Endelig handler flere begrundelser også om at få begge køn (40) samt alle minoritetsgrupper med i udviklingen i skolen, herunder de socialt udsatte (21). Generelt går begrundelserne for STEM-undervisning i mange forskellige retninger, men overordnet set beskrives ofte det 21. århundredes kompetencer (fx kreativitet, kollaboration, kritisk tænkning og kommunikation) og den fremtidige rekruttering som begrundelser for at lave STEM-undervisning, mens de skoleinterne begrundelser er mere sjældne.

Indholdselementer eller kontekster i STEM-undervisning

Tværfaglighed kræver ofte mere komplekse og vanskeligt håndterbare emner. Klausen (2011) beskriver at disse emner gerne skal være "sociale konstruktioner" (s. 82), men de skal samtidig "udgøre en enhed" (s. 83) da det skal være et sammenhængende emne. En del af de inkluderede artikler har i deres beskrevne forløb fokus på design eller engineeringdesign som et indholdselement, fx at designe en hjelm (38) eller

kreativitet i designprocessen (45, 52). I disse forløb er tanken at det skal være sagen der er i fokus, og ikke de enkelte fag. Overordnet beskrives konteksten for problemet ofte at spille en nøglerolle i STEM-undervisningen (20). Konkrete STEM-emner som fx vand, energi og robotter (54) eller fokus på sammenfaldende “big ideas” inden for matematik, science, teknologi og engineering (24) eller “real-world scenarios” (12,18) beskrives her som gode kontekster for elevernes STEM-arbejde. Dette kunne fx være bæredygtighed og medborgerskab (31). Overordnet beskrives det at der kan være fokus på konteksten i stedet for begrebsindholdet (11). Her er der flere artikler der påpeger at konteksten og indholdet skal være noget fra elevernes hverdag – noget eleverne kan relatere til (41), og som er lokalt (44). Det kunne fx være materialer der kan hentes i elevernes køkken eller i det nærliggende supermarked (39).



Figur 1. Overordnet model viser elementer i en STEM-didaktik baseret på de inkluderede artiklers didaktik

Metoder, rammer og elevdeltagelse

Lærerens metoder og tilrettelæggelse af undervisningen anses som en vigtig faktor for hvorledes undervisningen udfoldes i klasserummet (Hiim & Hippe, 2007), og der er mange forskellige perspektiver på hvordan fx en elevcentreret undervisning kan tilrettelægges. Larsen & Lindhart (2019) beskriver blandt andet hvordan undersøgende

matematikundervisning med fordel kan tilrettelægges i forskellige faser (iscenesættelsen, aktivitetsfasen og fællesgørelsen).

STEM-undervisningens metoder beskrives også i flere af de inkluderede artikler. Her beskrives flere steder vigtigheden af at undervisningen tilrettelægges således at eleven kan være deltagende i dialoger og diskussioner (18, 51), mens undervisning tilrettelagt med gruppearbejde (20, 50) samt peerfeedback beskrives som styrker i en STEM-undervisning (48, 51).

Der har i både matematik- og sciencedidaktisk forskning været fokus på vigtigheden af at eleverne tager del i læringsprocessen og bliver den aktive medspiller i undervisningen ved fx selv at opstille de problemer de efterfølgende skal undersøge osv. Det medvirker fx til at eleverne får et større ejerskab og dermed større motivation for at involvere sig (Artigue and Blomhøj, 2013).

Elevcentrerede tilgange er også den oftest beskrevne tilgang til elevernes deltagelse i STEM-undervisningen i de inkluderede artikler (fx i 20, 52). Denne tilgang kan udforme sig i mange forskellige tilgange, herunder fx elevernes "hands-on activities" (18, 39, 61), undersøgende undervisning (11, 41, 44, 50, 53, 59), projektbaseret undervisning (2, 18, 28, 35, 44, 45) eller problemorienteret undervisning (29, 30, 42, 43, 49, 50, 53, 54, 60). Elevernes nysgerrighed (11) og en legende tilgang (10, 51) til undervisningen beskrives også som havende potentiale og vigtige i en STEM-didaktik. Endelig beskrives også en kropslig læring (embodied learning) som meget passende til at involvere eleverne i en STEM-undervisning (57, 61).

Integrationselementer

Spørgsmålet om hvordan de forskellige områder i STEM skal kobles til et fælles forløb, har typisk ikke noget bestemt eller entydigt svar da en sådan integration kan foregå på flere forskellige overlappende måder, fx ved at koordinere, komplementere, korrelere, koble eller kombinere områderne (Bybee, 2013). Bybee (2013) gør opmærksom på at der ikke er én rigtig vej at gå, men at det er mere komplekst.

I flere af de inkluderede artikler beskrives det hvordan nogle forskellige elementer kan være med til at styrke det tværfaglige i undervisningen og netop få integreret fagene på en konstruktiv måde. Designprocesser er et af de områder som flere gange nævnes som potentielt til at hjælpe eleverne med at lære STEM-indhold ud fra en integreret tilgang ligesom det styrker elevernes engagement i deres læringsproces (13, 28, 45, 53, 61). I forhold til design nævnes specifikt engineeringdesign som et godt udgangspunkt for integrationen (15, 16, 21) eller engineeringudfordringer (6). Men flere beskriver også engineering som værende det element der netop formår at binde de andre S-T-M-områder sammen (20, 37). Matematisk modellering beskrives ligeledes som en måde at integrere fagene på. Ved at anvende matematisk modellering som et tværfagligt element vil eleverne samtidig bedre kunne se matematikken som

relevant og værdifuld (5, 12, 31, 59, 69). Endelig beskrives også andre områder som fx spatial ræsonnering (34), systemisk tænkning (21, 32) eller specifikke kontekster som fx bæredygtighed og energi (31, 36) der kan være elementer der integrerer STEM-områderne.

Ovenstående beskrivelser af de inkluderede artikler er her samlet i figur 1.

Modellen synliggør de inkluderede artiklers didaktik, herunder hvilke begrundelser de giver for at anvende STEM, hvilke indholdsområder de peger på, hvilke metoder de fremhæver, og endelig hvilke forskellige tilgange der nævnes for at integrere fagene. Modellen her kan eventuelt tænkes anvendt i planlægningen af nye STEM-forløb, eller som et redskab til at analysere og kvalificere en STEM-undervisning.

Udfordringer med at udføre STEM-undervisningen i traditionel skolekontekst

Udfordringer med at undervise med en STEM-tilgang beskrives på forskellige niveauer i de inkluderede artikler. Overordnet set beskrives det som en udfordring at STEM-begreberne ikke er tydeligt defineret i hverken politiske uddannelsesdokumenter eller i mere didaktiske tilgange (40), og at relationerne mellem fagene og deres roller i STEM-undervisningen er uklar og udefineret (31). På undervisningsniveau beskrives der udfordringer i at undervise i områder/fag der ikke nødvendigvis er lærernes kompetenceområde/undervisningsfag (31), fx at anvende matematik som redskab i STEM-undervisningen (54, 55), og hvad der skal lægges i de mere udefinerede områder "engineering" og "teknologi" (37). Desuden beskrives der generelt en udfordring i at lærernes mindset skal ændres så de kan være mere opmærksomme på sammenhængen mellem fagområderne (24).

Der peges på at der er behov for efteruddannelse og kompetenceudvikling af lærerne så de lærer hvordan de operationaliserer og implementerer STEM-undervisning i et ofte tæt pakket curriculum (30). Herunder nævnes også udfordringer med at eleverne skal indgå i dette nye område – og kunne mestre at koble de forskellige fag (5), og at elever med særlige behov ofte er ekstra udfordrede (6). Det beskrives også som ekstra tidskrævende for eleverne (22, 26). Endelig beskrives det som en udfordring for STEM-tilgange at skolen, læreruddannelsen, eksamener, test og faglokaler på skolen er struktureret i og tilpasset fag (19).

Diskussion og konklusion

I ovenstående review kunne vi konstatere at der ikke var mange forfattere der tydeligt beskrev hvordan de definerer STEM-undervisning. Eksempelvis kan det være problematisk at undervisningen kaldes STEM-undervisning når der blot er to fagområder der integreres som fx matematik og fysik som måske ofte naturligt integreres

uden det inkluderer teknologi og engineering. Men spørgsmålet er om vi kan sætte et minimum op for at kunne anvende begrebet *integreret STEM-undervisning*: Skal vi som minimum have tre bogstaver med? Eller skal matematik være med som et minimum? Eller er det muligt at opretholde en vis diversitet i akronymets definition for at skabe forskellige og flere muligheder for STEM i skolen? Væsentligt er det muligvis at eleverne arbejder hen imod at opnå STEM-literacy, eksempelvis som Bybee (2018) beskriver det i fire punkter:

- Viden, holdninger og færdigheder til at identificere spørgsmål og problemer i virkelighedens verden, herunder at forklare og drage evidensbaserede konklusioner inden for STEM-relaterede områder.
- Forståelse for hvad der er karakteristiske træk ved STEM-disciplinerne.
- Opmærksomhed i forhold til hvordan STEM-disciplinerne former vores verden (materielt, intellektuelt og kulturelt).
- Villighed til at engagere sig i STEM-relaterede udfordringer som konstruktiv, vedkommende og reflekterende borger. (Vores oversættelse, Bybee, 2018, s. 10).

Samtidig kan vi dog opfordre til at man altid beskriver hvilken definition af STEM der anvendes i forskellige STEM-beskrivelser, så det er tydeligt for modtageren.

Det er måske ikke overraskende at mange lærere føler sig udfordret når de skal planlægge, gennemføre og evaluere STEM-undervisning. Dette kan være på grund af den manglende enighed omkring definitionen, men det drejer sig nok primært om spørgsmål som: Hvordan gennemføres STEM-forløb? Hvilke metoder skal der anvendes? Og til dels: Hvad skal STEM-indholdet være? Men også spørgsmål om hvorfor overhovedet at anvende en STEM-tilgang og ikke bare STE eller MT osv.

I disse dage er teknologiforståelse på dagsordenen rundt omkring i Danmark, og spørgsmål som hvordan dette evt. nye fag skal integreres i grundskolen, er aktuelle, så at sætte T sammen med SEM gør kompleksiteten endnu større for lærerne.

Overordnet set er det en udfordrende opgave læreren står over for, så det er ikke så underligt at der beskrives mange forskellige udfordringer i litteraturen som vi bliver nødt til at tage højde for i udviklingen af en STEM-didaktik.

Den beskrevne STEM-didaktik indeholder flere aspekter som har rod i forskellige tilgange. Elevcentrerede metoder arbejdes der allerede med i både matematik- og scienceundervisningen, fx i den undersøgende tilgang (IBME og IBSE), men den beskrives og tænkes ofte lidt forskelligt i henholdsvis matematik og science. Så spørgsmålet er: Hvordan ser en undersøgende tilgang ud i en STEM-undervisning? Er den anderledes? I STEM-undervisningen har vi altså nogle didaktik-begreber der anvendes og defineres forskelligt i de forskellige (fag)didaktikker – og de skal samtidig sættes ind i en ny tværfaglig sammenhæng. Det der gør didaktikken speciel i denne model, er

at den her ikke beskriver en fagdidaktik idet STEM ikke er et fag, men en integration af fire forskellige områder hvoraf to områder endnu ikke er fag, og hvoraf det ene område, science, faktisk er mange fag.

Vores model bidrager her til at få et overblik over allerede anvendte og beskrevne begreber og metoder, men modellen indeholder også nogle grundlæggende helt klare særegne træk idet den indeholder integrationselementer. Den indeholder elementer hvor der typisk kommer andre indholdsområder og kontekster i spil som netop har fokus på det tværfaglige og ikke nødvendigvis de enkelte fag. Modellens begreber (figur 1) skal altså tænkes ind i en STEM-tilgang, og de didaktiske områder skal ses som nye STEM-didaktiske genstandsområder som vi nu skal udfolde og udforske for at kvalificere STEM-undervisningen. Det kræver at både praksis og forskning medtager, undersøger, analyserer og reflekterer over disse nye genstandsområder når der i fremtiden udvikles STEM-forløb og STEM-didaktik. Figur 1 sætter således fokus på væsentlige perspektiver både i forhold til hvorfor, hvad og hvordan, og den kan ses som et udgangspunkt for at diskutere elementer i en fremtidig STEM-didaktik.

Perspektivering – LabSTEM og STEM-didaktik

Ovenstående review er gennemført som en del af det treårige projekt “Laboratorium for integreret STEM-undervisning og læring” (LabSTEM) med start januar 2020 (www.sdu.dk/da/forskning/labstem). Projektets formål er at udvikle en STEM-didaktik i en dansk kontekst og stille den til rådighed for undervisnings- og læringspraksis med henblik på at understøtte en samfundsforankret, bæredygtig og tværfaglig STEM-undervisning på alle uddannelsesplaner. Reviewet viser at der er mange vinkler på hvordan det faglige samspil kan udføres inden for STEM-undervisning, og det synliggør behovet for at dagsordensætte udvikling af kvalitet i STEM-didaktik i en dansk kontekst.

Igennem det første år i LabSTEM-projektet er der udviklet undervisningsforløb og diskuteret STEM-didaktik i forskellige laboratorier i Region Syddanmark. Dette har medført at der er arbejdet hen imod en række principper for STEM-undervisning. Disse principper har både grobund i de enkelte laboratorier hvor fagprofessionelle har diskuteret og udviklet STEM-didaktikprincipper, men principperne er også udsprunget af dette review som en mere teoretisk tilgang, og de er udviklet i arbejdet i den faglige gruppe i LabSTEM som indeholder læreruddannere, pædagoguddannere og forskere. I vores foreløbige proces har vi opskrevet følgende didaktiske principper for LabSTEM:

STEM-undervisningen har til formål at udvikle demokratisk dannelse og handlekompetence inden for STEM:

- STEM-undervisningen skal have en omverdensorientering. Det kan være en konkret og evt. lokal problemstilling som skal indeholde en vis grad af kompleksitet (jf. kolonne 2 i figur 1).
- STEM-undervisningen skal være elevcentreret, dvs. at undervisningen tager udgangspunkt i elevernes egne undersøgelser, egne problemstillinger, eksperimenter eller projekter (jf. kolonne 3 i figur 1).
- STEM-undervisningen skal integrere alle fire fag (STEM) på en naturlig måde. Dette kan ske ved fx kontekstintegration, ved hjælp af tværgående STEM-begreber eller ved fx at sætte et af fagene i fokus (fx engineering eller matematisk modellering) (jf. kolonne 4 i figur 1).
- STEM-undervisningen skal støtte den læring og undervisning der i øvrigt arbejdes med på det pågældende trin, jf. de eksisterende læreplaner.

Næste skridt er nu at undersøge hvordan og om STEM-lærerne på trods af diverse udfordringer formår at gennemføre STEM-forløb ud fra disse principper.

LabSTEM er udviklet af professor MSO Claus Michelsen, Syddansk Universitet. Projektet er støttet med seks millioner af Novo Nordisk Fonden og tre millioner fra Region Syddanmarks uddannelsespulje, og disse midler er tilvejebragt af Claus Michelsen. Vi takker desuden Claus Michelsen for at have været med til at diskutere og vejlede i literatursøgningsprocessen og for hans hjælp til gennemlæsning af udvalgte artikler.

Endelig vil vi sige tak til Jens Dolin, professor emeritus ved KU for konstruktiv vejledning.

Referencer

- Artigue, M. and M. Blomhøj (2013). Conceptualizing inquiry-based education in mathematics. *ZDM*, 45(6), 797-810.
- Blomhøj, M. (2016). *Fagdidaktik i matematik*. Frederiksberg, Frydenlund Academic.
- Bozkurt, A., Ucar, H., Durak, G. & Idin, S. (2019). The Current State of the Art in STEM Research: A Systematic Review Study. *Cypriot Journal of Educational Sciences*, 14(3), 374-383. DOI: 10.18844/cjes.v14i3.3447.
- Bybee, R. W. (2013). *The case for STEM education: Challenges and opportunities*. Arlington, National Science, Teachers Association press.
- Bybee, R. W. (2018). *STEM education now more than ever*. Arlington, National Science Teachers Association press
- Caldwell, L., Garcia, R., Cagle, N. (2018). K-12 diversity pathway programs in the E-STEM fields: A review of existing programs and summary of unmet needs. *Journal of STEM Education: Innovations and Research*, 19(4).

- Decker, A. & McGill, M. M. (2019). A systematic review exploring the differences in reported data for pre-college educational activities for computer science, engineering, and other STEM disciplines. *Education Sciences*, 9(2), 69. DOI: 10.3390/educsci9020069.
- Hiim, H. & Hippe, E. (2007). *Læring gennem oplevelse, forståelse og handling*. København, Gyldendalske boghandel.
- Høeg Larsen, C. (1964). Didaktikkens emne. *Dansk pædagogisk Tidsskrift*, 12, 401-414.
- Klausen, S. H. (2011). *På tværs af fag: Fagligt samspil i undervisning, forskning og teamarbejde*. København, Akademisk Forlag.
- Kaleci, D., Korkmaz, Ö. (2018). STEM Education Research: Content Analysis. *Universal Journal of Educational Research*, 6(11), 2404-2412. DOI: 10.13189/ujer.2018.061102.
- Larsen, D. M., Lindhart, B. K. (2019). Undersøgende aktiviteter og ræsonnementer i matematikundervisningen på mellemtrinnet. *MONA: Matematik Og Naturfagsdidaktik*, (1), 7-21.
- McDonald, C. V. (2016). STEM Education: A review of the contribution of the disciplines of science, technology, engineering and mathematics. *Science Education International*, 27(4), 530-569.
- Mustafa, N., Ismail, Z., Tasir, Z., Said, M., Haruzuan, M. N. (2016). A meta-analysis on effective strategies for integrated STEM education. *Advanced Science Letters*, 22(12), 4225-4228. DOI: 10.1166/asl.2016.8111.
- National Academy of Engineering and National Research Council. (2014). *STEM Integration in K 12 Education: Status, Prospects, and an Agenda for Research*. Washington, DC: The National Academies Press.
- Nielsen, Frede (1998). *Almen Musikdidaktik*. 2. rev. udg., opr. 1994. København, Akademisk Forlag.
- Petticrew, M., Roberts, H. (2008). *Systematic reviews in the social sciences: A practical guide*. John Wiley & Sons.
- Riskowski, J. L., Todd, C. D., Wee, B., Dark, M., Harbor, J. (2009). Exploring the effectiveness of an interdisciplinary water resources engineering module in an eighth grade science course. *International Journal of Engineering Education*, 25(1), 181-195.
- Sanders, M. (2009). STEM, STEM Education, STEMmania. *Technology Teacher*, 68(4), 20-26.
- Schmidt, J. R. (2019). Hvem definerer STEM i skolen og skoleforskning? *MONA: Matematik-og Naturfagsdidaktik* (2), 70-88.
- Seidelin, L., Larsen, D. M. (2021). STEM-integration – mere end en målsætning for grundskolen? *EMU*, Danmark Læringsportal.
- Shaughnessy, M. (2013). Mathematics in a STEM Context. *Mathematics Teaching in the Middle School*, 18(6), 324-324. DOI:10.5951/mathteacmidscho.18.6.0324.
- Sillasen, M. K., Daugbjerg, P., Krogh, L. B. & Nielsen, K. (2018). *Engineering i skolen: Vidensgrundlag*. VIA University College.
- Sillasen, M. K. & Linderoth, U. H. (2017). Tværfaglig undervisning i folkeskolens naturfag. *MONA – Matematik- Og Naturfagsdidaktik*, (3) 19-38.
- Sjøberg, S. (2005). *Naturfag som almindelse, En kritisk fagdidaktik*. Aarhus, Klim.

Wang, H. H., Moore, T. J., Roehrig, G. H. and Park, M. S. (2011). STEM integration: Teacher perceptions and practice. *Journal of Pre-College, Engineering Education Research*, 1(2), 113. DOI: 10.5703/1288284314636.

Teknologiforståelse i folkeskolen (2021) *Didaktiske prototyper, format og vejledning*. Lokaliseret d. 5. november 2021 på: <https://tekforsøget.dk/forlob/didaktiske-principper/>.

English abstract

A STEM approach in teaching is gradually becoming a well-known strategy, and is often described as having great potential. Nevertheless, implementation of this new strategy is not straightforward because of a lack of consensus both on how STEM is defined and on whether there can be a special approach called a STEM education approach. This article contributes to this challenge by describing a literature study based on 62 published studies. These have been read, analyzed and synthesized. The results point to different perspectives on justifications, content, methods and integration. Finally, the results are put into perspective with the Danish project called LabSTEM.