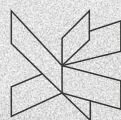


MONA

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



SYDDANSK UNIVERSITET



VIA University
College



PROFESSIONS-
HØJSKOLEN
ABSALON



AARHUS
UNIVERSITET

KØBENHAVNS
PROFESSIONS
HØJSKOLE



: Erhvervsakademi og
: Professionshøjskole



KØBENHAVNS UNIVERSITET
NATUR- OG BIOVIDENSKAB

MONA

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

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

Redaktion

Jens Dolin, Institut for Naturfagernes Didaktik, Københavns Universitet (ansvarshavende)
Dorte Moeskær Larsen, Syddansk Universitet
Ole Goldbech, Københavns Professionshøjskole
Magnus Boye, Institut for Naturfagernes Didaktik, Københavns Universitet

Redaktionskomité

Bjørn Johannsen, Københavns Professionshøjskole
Brian Krog Christensen, Danske Science Gymnasier
Charlotte Krog Skott, Professionshøjskolen Absalon
Lars Brian Krogh, Læreruddannelsen i Aarhus, VIA University College
Martin Niss, Institut for Naturvidenskab og Miljø, Roskilde Universitet
Morten Rask Petersen, Anvendt Forskning i Pædagogik og Samfund, UCL

Manuskripter

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

Produktionsplan og deadlines for indsendelse af bidrag til MONA

Artikelmanuskripter og forslag til aktuelle analyser modtages løbende og behandles så hurtigt som muligt. Den redaktionelle proces (inkl. peer-review) tager mindst tre måneder. Deadlines aftales individuelt.

Layout og sats: Narayana Press

ISSN: 2245-8948. © MONA 2025

Citat kun med tydelig kildeangivelse

Indhold

6 Artikler

- 7 Læringsspor – et didaktisk begreb til at beskrive progression og sammenhæng inden for tal og algebra
Charlotte Krog Skott, Thomas Kaas, Morten Blomhøj og Marit Schou
- 28 Viden om samarbejde mellem grundskoler og virksomheder i Danmark – et overblik over litteraturen
Mathilde Hjerrild Carlsen og Simon Olling Rebsdorf
- 51 Undervisning i matematisk opmærksomhed – set fra børnehaveklasselederes perspektiv
Birgitte Henriksen
- 71 **Kommentarer**
- 72 Som med dannelse er naturfagspraksis også sproglig praksis – om fagspecifik literacy og legitim viden i naturfagsundervisningen
Anna-Vera Meidell Sigsgaard

Fra redaktionen

I lande, der typisk scorer højt på matematik i internationale undersøgelser såsom TIMSS og PISA, har det tilfælles, at der er fokus på relationer mellem centrale matematiske begreber og ideer. Og på rækkefølgen hvormed de begreber og ideer præsenteres for elever.

Netop denne ide om matematikfaglig sammenhæng og progression, kan understøttes med det didaktiske begreb læringsspor. Det skriver Charlotte Krog Skott, Morten Blomhøj, Thomas Kaas og Marit Schou i artiklen "Læringsspor – et didaktisk begreb til at beskrive progression og sammenhæng inden for tal og algebra".

Et læringsspor betegnes her som en forestillet vej for elevernes læring, baseret på hypoteser om, hvordan eleverne sandsynligvis vil tænke og udvikle deres forståelser. Internationalt set er det udbredt og anerkendt at beskrive sammenhæng og progression i matematikundervisning med læringsspor, men det endnu er nyt i Danmark. Forfatterne håber, at læringsspor på sigt kan medvirke til, at danske elever i grundskolen og på ungdomsuddannelserne udvikler mere solide forståelser inden for tal og algebra.

Siden 2014 har elever allerede i børnehaveklassen skulle begynde at lære om matematisk opmærksomhed. Alligevel er feltet stadig sparsomt udforsket i forskningen, skriver Birgitte Henriksen i artiklen "Undervisning i matematisk opmærksomhed – set fra børnehaveklasselederes perspektiv".

Henriksen undersøger, hvilke udfordringer børnehaveklasselederne oplever i et spændingsfelt mellem forventninger om akademisk undervisning og børnehaveklassens legende pædagogik. Her finder hun blandt andet et behov for videreuddannelses tiltag, der kan styrke deres matematikdidaktiske viden.

Naturfagslærere og matematiklærere har i en årrække benyttet samarbejde med virksomheder i grundskolen, fx for at gøre undervisningen praksisnær, autentisk og motiverende for eleverne. I artiklen "Viden om samarbejde mellem grundskoler og virksomheder i Danmark – et overblik over litteraturen" kortlægger Mathilde Hjerrild Carlsen og Simon Olling Rebsdorf hvilken systematisk viden, der findes om samarbejdets bidrag og udfordringer i en dansk kontekst.

Den reviewede forskning viser, at samarbejdet kan bidrage til at øge elevernes læring i naturfagene ved at tilbyde autentiske læringsmiljøer. Men litteraturen viser også udfordringer, skriver forfatterne.

Lærerne mangler de nødvendige kompetencer til at skabe og vedligeholde kontakt til virksomheder og til at sikre elevernes lærings-udbytte af samarbejdet. Reviewet

viser også, at der mangler viden om virksomheders engagement i samarbejdet samt om læreres kompetencer.

Vi runder dette nummer af *MONA* af med en kommentar til Tine Ejdrup, Martin Sillasen, Jesper Bremholm og Bettina Buchs "Nyere trends i literacy i naturfagene – et internationalt review med inspiration fra fagspecifik literacy". Her skriver Anna-Vera Meidell Sigsgaard, at literacy i naturfag ikke blot handler om tilegnelse af fagsprog, men om at udvikle elevernes evne til kritisk at forholde sig til naturvidenskabelig viden.

Ved at forstå, hvordan undervisningen bevæger sig mellem forskellige vidensniveauer, og hvilket sprog eleverne har brug for på de forskellige niveauer, kan lærere bedre støtte elevernes faglige udvikling og hjælpe dem med at bygge bro mellem hverdagsprog og fagsprog, lyder det.

Hvis du også ønsker at udgive eller kommentere på forskning i *MONA*, kan du altid kontakte tidsskriftet på mona@ind.ku.dk.

God læsning.



Artikler

I denne sektion bringes artikler der er vurderet i henhold til MONA's reviewprocedure og derefter blevet accepteret til publikation.

Læringsspor – et didaktisk begreb til at beskrive progression og sammenhæng inden for tal og algebra



Charlotte Krog Skott,
Professionshøjskolen
Absalon



Morten Blomhøj, Aarhus
Universitet



Thomas Kaas,
Professionshøjskolen
Absalon



Marit Schou, Odense
Tekniske Skole

Abstract: Faglig sammenhæng og progression spiller en central rolle for elevers læring af matematik. Sammenhæng og progression er imidlertid vanskelige at beskrive på måder, der kan støtte en realisering af dem i matematikundervisningen. Børne- og Undervisningsministeriet har bedt Nationalt Center for Udvikling af Matematikundervisning om at udvikle sådanne beskrivelser som grundlag for en fælles indsats for tal og algebra i grundskolen og på ungdomsuddannelserne. Baggrunden er de udfordringer med tal og algebra, som mange elever oplever. I artiklen diskuterer vi, hvordan læringsspor, der er et relativt nyt forskningsfelt, kan bidrage til det, og vi udfolder og eksemplificerer vores tilgang, kaldet fælles matematiske praksisser.

Introduktion

Fagområdet tal og algebra er ikke alene vigtigt for at lære matematik, men også for dannelse og uddannelse i mere bred forstand. Dette gælder både i grundskolen, på de gymnasiale uddannelser og på erhvervsuddannelserne. Desværre peger internationale undersøgelser, såsom TIMSS (Kjeldsen et al., 2019) og PISA, på, at danske elever er særlig udfordrede på dette fagområde, og tilbagemeldinger fra nationale prøver og eksamener på de tre uddannelsesområder peger i samme retning. Derfor har en

ekspertgruppe nedsat af Børne- og Undervisningsministeriet opfordret til, at tal og algebra gøres til et indsatsområde, der bør handles på (Skott et al., 2022).

På denne baggrund bad ministeriet Nationalt Center for Udvikling af Matematikundervisning (NCUM) om at udarbejde et grundlag for en fælles indsats til styrkelse af tal- og algebraområdet i grundskolen og på ungdomsuddannelserne (herefter omtalt som indsatsen). Indsatsen har to hovedformål:

1. At bidrage til sammenhæng og progression i elevernes forståelser, færdigheder og kompetencer inden for tal og algebra i grundskolen og på ungdomsuddannelserne
2. At støtte lærere i grundskolen og på ungdomsuddannelserne i at undervise, så sammenhængen og progressionen kan realiseres i praksis.

Indsatsen skal bl.a. forebygge de faglige problemer, der kan opstå i overgangen mellem grundskolen og ungdomsuddannelserne. Det er en præmis, at indsatsen kan ses som et vejledende supplement til ministerielle læreplaner. Den skal altså bidrage med en tolkning og konkret udfoldning af sammenhæng og progression i centrale dele af tal- og algebraområdet. Undervisere og andre kan bruge indsatsen som retningsgivende for udvikling af undervisningspraksis, men ikke som undervisningsmateriale. Indsatsen er udgivet digitalt på www.matematikdidaktik.dk.

Forfatterne til denne artikel udgør den primære skrivegruppe bag udviklingen af indsatsen. Inspirationskilden er især en nyere gren af matematikdidaktisk forskning, der har fokus på at udvikle beskrivelser af sammenhænge og progressioner i elevernes læring og undersøge, hvordan disse kan bruges som støtte i matematikundervisningen (Lobato & Walters, 2017). Det gøres via begrebet *læringsspor* (en samlet oversættelse af *hypothetical learning trajectory* og *learning progression*), der i vores anvendelse betegner en forestillet vej for elevernes læring af faglige mål, baseret på hypoteser om, hvordan eleverne sandsynligvis vil tænke og udvikle deres forståelser gennem en række aktiviteter (Cobb & Gravemeijer, 2008). Læringsspor har udviklet sig fra at være den enkelte lærers redskab i den daglige undervisning til at være et kollektivt redskab, der bruges i andre sammenhænge end lokal undervisning og med et mere langsigtet perspektiv, fx ved udarbejdelse af læreplaner (se fx Skott et al., 2018). Internationalt set er det udbredt og anerkendt at beskrive sammenhæng og progression i matematikundervisning med læringsspor (Lobato & Walters, 2017), mens det endnu er nyt i Danmark.

Indsatsen relaterer sig til det didaktiske problemfelt, der handler om at beskrive sammenhæng og progression i matematikundervisningen, på måder, der kan støtte en realisering af dem i praksis. Det er et komplekst didaktisk problem, som nationale mål, læseplaner og lærebogsmaterialer på forskellige måder altid har søgt at bidrage til. Mål og læseplaner yder ikke – og skal heller ikke yde – tilstrækkelig detaljeret støtte

til, at lærere kan realisere den intendede progression i deres daglige undervisning. I eksisterende lærebøger er forskningsmæssige begrundelser for faglige sammenhænge og progressioner sjældent omtalt, og bærende faglige og fagdidaktiske idéer er som regel ikke beskrevet i detaljer (se fx Gissel et al., 2019). Det gør det vanskeligt for lærere eksplicit at styre efter disse idéer i undervisningen. Problemet synes altså ikke at kunne løses alene ved mål, læseplaner og lærebøger. I artiklen diskuterer vi, hvordan forskning i læringsspor kan bidrage til dette problemfelt.

Vi beskriver først de oprindelige idéer med læringsspor, og hvordan de siden er udviklet til at beskrive faglig progression og sammenhæng mere generelt. Derefter beskriver, begrunder og udfolder vi den tilgang til læringsspor, som er brugt i indsatsen, kaldet *fælles matematiske praksisser*. Til sidst diskuterer vi styrker og udfordringer ved tilgangen i forhold til det didaktiske problemfelt, der er artiklens omdrejningspunkt. Vi bruger læringssporet *At løse ligninger* (3.-6. klasse) som et gennemgående eksempel. Artiklen har mere karakter af en teoretisk fremstilling end af et forskningsstudie, så derfor har vi ikke inkluderet forskningsmetodiske overvejelser.

Forskning i læringsspor

For snart 30 år siden introducerede Martin Simon (1995) begrebet *hypothetical learning trajectories* som en del af en model for matematiklæreres beslutningstagning i den daglige undervisning. Baseret på et konstruktivistisk læringssyn definerede Simon begrebet som bestående af tre elementer: "de læringsmål, som definerer retningen, læringsaktiviteter og en hypotetisk læringsproces – en forudsigelse af, hvordan elevernes forståelse vil udvikle sig i relation til læringsaktiviteterne" (Simon, 1995, s. 136, vores oversættelse). Mere præcist kan Simons læringsspor siges at bestå af en lærers hypoteser eller forventninger til, hvordan hans/hendes elevers aktuelle forståelser af et emne eller et begreb kan udvikle sig i retningen af et bestemt og kortsigtet mål med støtte i udvalgte læringsaktiviteter. Et læringsspor er altså *hypotetisk*, fordi det beskriver en forventet læringsproces. Selvom den enkelte elevs læring følger sine egne veje, så er elevernes læringsveje ofte sammenlignelige. Dette er en grundlæggende præmis for Simon. Han begrunder det med, at der er en ensartethed i den proces, elever gennemgår, når de lærer et bestemt emne eller begreb, og som i stor udstrækning afhænger af de aktiviteter, de arbejder med i klassen. I Simons oprindelige arbejde er læringsspor således et redskab for den enkelte matematiklærer til at træffe beslutninger i dagligdagens undervisningssituationer.

Efterfølgende er Simons arbejde blevet videreudviklet på flere måder. I dag er læringsspor ikke kun et didaktisk redskab for den enkelte lærer i forhold til kortsigtede faglige mål. Det er også et redskab, der bruges til at beskrive forventede sammenhænge og progressioner i elevernes læring af faglige emner over længere tid, og som

anvendes i andre sammenhænge end lokal undervisning (Lobato & Walters, 2017). Internationalt set har læringsspor fundet bred og stadig stigende udbredelse i de seneste årtier. Mål og læseplaner for de fleste amerikanske stater, *Common Core State Standards in Mathematics*, er fx inspireret af læringsspor (Confrey, Maloney & Corley, 2014), og det samme er udviklingen af den seneste nationale læseplan for matematik i Grækenland (Potari et al., 2019). Der er også flere initiativer til at bruge læringsspor i udviklingen af læremidler, fx lærebøger og evalueringsmaterialer (Clements & Sarama, 2021; Confrey, Maloney & Corley, 2014; Lobato & Walters, 2017), og i kompetenceudvikling af matematiklærere, fx ved at støtte lærere i at fokusere på deres elevers tænkning og handlinger (Huang et al., 2023; Lobato & Walters, 2017; Sztajn et al., 2012; Wilson, 2014). Endelig har læringsspor også været anvendt til at støtte og løfte faglige kompetencer hos udsatte elever og til at fremme deres engagement (Confrey, Maloney & Nguyen, 2014). I disse og andre sammenhænge har læringsspor vist sig produktive og anvendelige. Forskningen i læringsspor er ekspanderet i de seneste årtier og har udviklet sig således, at der nu findes samlinger af afprøvede læringsspor inden for flere matematikfaglige områder og til forskellige klassetrin (Lobato & Walters, 2017).

I de seneste år er der udviklet en variation af tilgange til læringsspor. Lobato og Walters (2017) har fx identificeret en taksonomi af syv tilgange inden for naturfags- og matematikdidaktik:

1. Kognitive niveauer
2. Niveauer af diskurser
3. Skemaer og operationer
4. Hypotetiske læringsspor
5. Fælles matematiske praksisser
6. Disciplinær logik og læseplanssammenhæng
7. Observerbare strategier og læringsperformance.

Lobato og Walters (2017) fremhæver, at der netop er tale om forskellige tilgange til at studere elevers udvikling af faglige idéer og ikke om forskellige perspektiver på det samme fænomen. De første tre tilgange har fokus på den enkelte elevs læring. Enten som kvalitativt forskellige typer af kognition, der oftest beskrives i et hierarki af stadig mere avancerede niveauer, eller som kvalitativt forskellige diskurser, der beskrives som niveauer af stadig mere sofistikerede måder at kommunikere på (niveauer af diskurser er dog kun udviklet for naturfag). Den tredje tilgang er inspireret af Piagets skemateori. Her er fokus på at udvikle modeller af elevers initiale skemaer og mentale operationer og udlede, hvordan elevernes skemaer vil ændre sig over tid. Ud over at fokusere på den enkelte elevs læring lægger den fjerde tilgang, *hypotetiske læringsspor* (omfatter Simon og kollegers arbejde og Clements og Saramas videreudvikling), også

vægt på opgaver som middel til at lære (Lobato & Walters, 2017). Fx har Clements og Sarama (2021) udviklet læringsspor for ti faglige områder for de yngste klasser, som hver består af tre dele: 1) et overordnet matematisk mål (svarende til *Common Core State Standards in Mathematics*), 2) en udviklingsvej, der består af flere niveauer af matematisk tænkning, hvor hvert niveau er mere sofistikeret end det forrige, og som tilsammen fører til målet, samt 3) en række opgaver, der hører til hvert af niveauerne, og som støtter eleverne i at udvikle disse niveauer af tænkning. Udviklingsvejene i Clements og Sarama (2021) er et resultat af empirisk forskning – og er altså ikke lærer-formulerede hypoteser som i Simons første arbejder – og deres læringsspor er blevet en vigtig ressource for lærere, fordi de netop indeholder opgaver, som lærere kan bruge direkte i undervisningen (Lobato & Walters, 2017).

Uagtet at læring i *hypotetiske læringsspor* ses som mere kontekstafhængig end i de tre første tilgange, så tillægger denne tilgang ikke de faglige og sociale interaktioner lokalt i en klasse betydning. Det gør derimod den femte tilgang, *fælles matematiske praksisser*. Denne tilgang er inspireret af Cobb og Yackels (1996) emergerende perspektiv på matematikundervisning, hvor matematiklæring ses som det at deltage i og bidrage til et matematikfagligt fællesskab (se mere nedenfor), og fokus er netop på en klasses fælles læring og ikke alene på den enkelte elevs læring.

Mens de fem første tilgange er produkter af empiriske forskningsstudier, så er den sjette tilgang, *disciplinær logik og læseplanssammenhæng*, i højere grad inspireret af og baseret på eksperters viden om matematikfaglige emner. Den beskriver et makroperspektiv på elevers matematiklæring i et langsigtet perspektiv, som fx i (nationale) målbeskrivelser. Den sidste og syvende tilgang, *observerbare strategier og læringsperformance*, tager igen udgangspunkt i klasserum og fokuserer på at beskrive en progression i de strategier, eleverne udvikler, og det læringsudbytte, man kan iagttage hos dem.

Et fællestræk ved tilgangene er, at læringssporene beskriver udviklinger i elevernes faglige læring i et specifikt emne over længere tid. Denne udvikling er dokumenteret empirisk, bortset fra i den sjette tilgang, og langt de fleste elever synes at følge den i en eller anden udstrækning.

Fælles matematiske praksisser giver sammenlignet med de øvrige tilgange til læringsspor et godt grundlag for at udarbejde beskrivelser af sammenhænge og progression i tal- og algebraundervisningen, som synes mulige for lærere at realisere i praksis. Tilgangen harmonerer nemlig med de spørgsmål, en matematiklærer er nødt til at stille sig selv, som fx: Hvor skal klassen som helhed hen? Hvordan får jeg dem derhen? Hvad kan jeg betragte som fælles faglig viden nu (hvad behøver jeg ikke at forklare, og hvad er det vigtigt, at jeg forklarer)? Hvilke aktiviteter kan støtte de næste skridt i elevernes læring? Hvad er det vigtigt, at eleverne får med videre? Ingen af de andre tilgange til læringsspor støtter i samme omfang de beslutninger, læreren må

træffe, og af disse grunde har vi valgt *fælles matematiske praksisser* som tilgang. I de næste afsnit udfolder vi denne tilgang.

Læringsspor som *fælles matematiske praksisser*

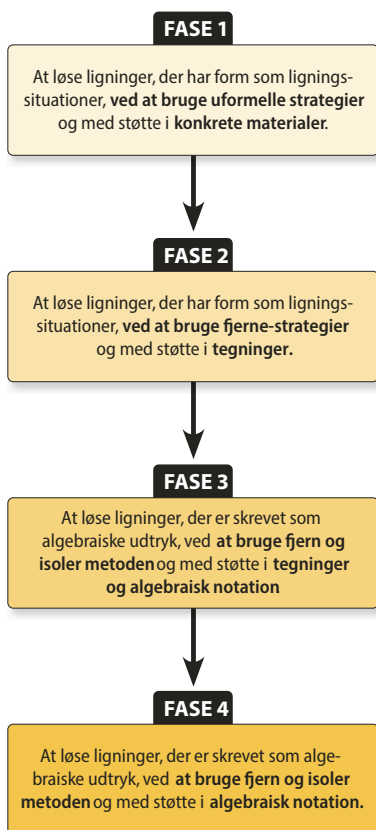
I læringsspor som *fælles matematiske praksisser* er fokus på de matematiske praksisser, der udvikles fælles i en klasse. Cobb og hans kolleger bruger termen *matematiske klasserumspraksisser*, men da vi i artiklen ikke bruger termen i andre betydninger end i relation til klasserum, kalder vi dem blot for matematiske praksisser. De beskriver en matematisk praksis som “de antaget fælles måder at ræsonnere, argumentere og symbolisere på, der etableres i fælles diskussioner af specifikke matematiske idéer” (Cobb et al., 2001, s.126, vores oversættelse). Dvs. at en matematisk praksis udvikles i interaktioner mellem læreren og eleverne, som en bestemt metode til at arbejde med en specifik faglig idé, der ikke længere kræver argumentation, fordi alle eleverne tilsyneladende har accepteret den som gyldig. Matematiske praksisser ses om et emergerende fænomen, da de skabes i interaktioner mellem læreren og eleverne og ikke introduceres som prædefinerede måder at arbejde med faget på, som fx hvis læreren viser en bestemt procedure, som eleverne skal bruge (Cobb et al., 2001). I det gennemgående eksempel kan en 5.-klasse og deres lærer fx have udviklet en matematisk praksis om, at ligninger kan løses ved “at isolere x ved at subtrahere eller dividere med det samme på begge sider af lighedstegnet” (se figur 1, svarer til den matematiske praksis i fase 3). Når en elev i klassen løser ligninger på denne måde, behøver eleven ikke længere forklare eller begrunde sin løsningsstrategi, da denne allerede er accepteret som gyldig af klassen.

Et læringsspor som *fælles matematiske praksisser* består af to dele:

1. En forestillet følge af matematiske praksisser
2. En udpegning af, hvilke midler der kan bidrage til, at en klasse udvikler disse praksisser ud fra tidligere praksisser (Cobb, 1999; Cobb et al., 2001).

Den forestillede følge af matematiske praksisser udgør tilsammen et spor, ad hvilket en klasse kan bevæge sig fra deres faglige udgangspunkt til målet for sporet. De enkelte praksisser i følgen kan ses som trædesten for, hvordan klassen forventes at udvikle nye praksisser ud fra deres nuværende praksisser – altså ud fra deres faglige udgangspunkt. Det er afgørende, at læreren støtter klassen i denne proces, bl.a. ved at bidrage til at etablere de enkelte trædesten i sporet som accepterede måder at arbejde med et emne eller en idé på i klassen. Følgen af matematiske praksisser udgør således en retning, som læreren kan styre efter i undervisningen.

Figur 1. *Følgen i At løse ligninger består af fire matematiske praksisser.*



I *At løse ligninger* består den forestillede følge af fire matematiske praksisser (se figur 1). Den første praksis (fase 1) handler om at løse ligninger som sproglige fortællinger, kaldet ligningssituationer, ved at bruge uformelle strategier og støtte sig til konkrete materialer, mens den sidste praksis handler om at løse ligninger skrevet som algebraiske udtryk ved at bruge *fjern og isolér*-metoden og støtte sig til algebraisk notation. *Fjern og isolér* består i at gøre det samme på begge sider af et lighedstegn med henblik på at isolere en ubekendt. Den første praksis lægger sig tæt op ad klassens forventede faglige udgangspunkt, dvs. at eleverne kan bruge de fire regnearter og sammenligne og begrunde, hvorfor nogle regneudtryk har samme værdi. Herudfra forventes klassen at kunne udvikle uformelle løsningsstrategier såsom gæt og tjek, beregn og sammenlign (visuelt), der kan danne afsæt for udvikling af *fjerne*-strategier. Den fjerde praksis er tæt knyttet til et overordnet mål om, at en klasse med forståelse kan løse algebraiske ligninger med en generel metode og uden at bruge metoden mekanisk. Der er to trædesten, der skal støtte en classes faglige progression fra den første til den fjerde praksis. Begge disse trædesten og praksisser har fokus på, at eleverne kan *fjerne* på stadig mere avancerede måder og senere *isolere*, samtidig med at de symboler, som

eleverne bruger til at støtte deres tænkning, udvikler sig fra konkrete materialer, over tegninger til algebraisk notation.

Udpegningen af, hvilke midler, fx opgaver, symboliseringer og hjælpemidler, der kan bidrage til, at en klasse udvikler nye praksisser ud fra tidligere praksisser, er tænkt som en hjælp til læreren. Det er vigtigt, at disse midler bruges på måder, så de understøtter særlige normer og diskurser (Lobato & Walters, 2017) (se næste afsnit). I indsatsens læringsspor består disse midler ofte i nye måder at symbolisere en matematisk idé på. I *At løse ligninger* introducerer læreren ligninger som sproglige fortællinger (dvs. som ligningssituationer) i forbindelse med den første praksis, fx en situation som denne:

Sofus og Alma har samlet lige mange karameller til sidste skoledag. De lægger det samme antal karameller i 3 papirposer. Sofus tager 2 poser og 10 karameller mere, mens Alma tager 1 pose og 30 karameller mere. De spørger klassen, om de kan finde ud af, hvor mange karameller der er i hver pose.

I arbejdet med denne ligningssituation kan eleverne gengive dens aktiviteter med konkrete materialer, såsom papirposer og centicubes, og derved få idéer til, hvordan den kan løses, fx ved visuelt at sammenligne Sofus' og Almas karameller. Symboliseringerne i form af ligningssituationer og konkrete materialer gør det muligt for læreren at lave et fokusskift, fx at skifte fra at bestemme, hvor mange karameller Sofus og Alma har, til at fokusere på, at de har lige mange karameller. Det kan lede til, at læreren introducerer en ny symbolisering – lighedstegnet og tegninger af situationen – som dernæst kan føre til udvikling af en ny praksis om at fjerne det samme på begge sider af lighedstegnet. På denne måde kan lærerens brug af symboliseringer skubbe på klassens udvikling af nye matematiske praksisser.

Et læringsspor er som sagt forestillet eller hypotetisk i den forstand, at det vurderes som sandsynligt, at en klasse med lærerens støtte kan udvikle de matematiske praksisser, der er indeholdt i sporet. Men selvom studier peger på, at det ofte vil ske, er det naturligvis ikke sikkert, at hele klassen eller de fleste elever vil eller kan udvikle netop disse praksisser. Dvs. at selvom læringsspor som *fælles matematiske praksisser* giver læreren en retning at styre efter i undervisningen, så skal læreren altid tjekke sine forventninger til eleverne med det, som sker i klassen (Gravemeijer et al., 2000). Det spor, der realiseres i undervisningen, kan altså komme til at se anderledes ud end det hypotetiske. Dette er en generel udfordring ved brug af læringsspor, men fordi *fælles matematiske praksisser* udpeger en følge af både matematiske praksisser og matematiske midler, så har læreren mulighed for at teste, tilpasse og ændre følgen og midlerne over tid i sine egne klasser, evt. i samarbejde med kolleger, så forskellen mellem det hypotetiske og det realiserede spor med tiden kan mindskes.

Det emergerende perspektiv

Et vigtigt aspekt af *fælles matematiske praksisser* er, som tidligere nævnt, at en klassens faglige og sociale miljø ses som afgørende for etablering af et læringsspors matematiske praksisser (Lobato & Walters, 2017). Denne opfattelse bygger på et bestemt perspektiv – det emergerende perspektiv – på matematikfaglig udvikling i et klasserum (Cobb et al., 2001). I dette perspektiv ses en klassens kultur fra både et socialt perspektiv – fælles processer i klassen – og et psykologisk perspektiv – de enkelte elevers aktiviteter og forestillinger, når de deltager i fælles processer (Cobb et al., 2001) (se figur 2). De to perspektiver er refleksivt relaterede, og pointen er, at de er “så fuldstændig integreret i hinanden at ingen af dem kan forstås uden at medtænke den anden” (Skott, 2008, s. 53).

Det sociale perspektiv	Det psykologiske perspektiv
Sociale normer i klassen	Forestillinger om ens egen og andres rolle i klassen og om den generelle karakter af at have matematik i skolen
Sociomatematiske normer i klassen	Forestillinger om og værdier knyttet til matematik og matematisk aktivitet
Klassens matematiske praksisser	Den enkeltes matematiske tænkning om begreber og aktiviteter

Figur 2. Cobb og Yackels (1996) model for analyse af en klassens kultur (s. 177).

Den første række i modellen handler om de sociale normer, der udvikles i en matematikklasse, for, hvordan man er sammen og opfører sig generelt. Normerne kan også gælde i andre fag end matematik, fx en norm om, at man er forpligtet til at forsøge at forstå andres forklaringer. Den anden række handler om sociomatematiske normer, der specifikt relaterer sig til matematiske aktiviteter. Sociomatematiske normer handler om, hvad matematik er, og hvordan man arbejder med faget i en klasse, fx normer for, hvad der tæller som en god matematisk forklaring, eller hvad der er et gyldigt matematisk ræsonnement. Den tredje række angår de matematiske praksisser, der etableres i en klasse. Elever reorganiserer deres egne forståelser af indholdet, fx af ligninger og deres løsning, når de deltager i disse praksisser, og det bidrager til at skabe nye praksisser. En klassens normer er afgørende for, hvordan den enkelte elev deltager i klassens matematiske praksisser, og dermed for de læringsmuligheder, der skabes i klassen.

Som eksempel på det refleksive forhold mellem det sociale og det psykologiske ser vi på en 3.-klasse, der i deres arbejde med *At løse ligninger* diskuterer, hvordan $38 + x = 80$ kan løses. En elev, Sofie, foreslår: “Vi kan tænke på, hvilket tal vi skal lægge til 38

for at få 80". Sofie synes at have forstået opgaven og tillægger x en form for mening. Læreren kan reagere på flere måder, fx: "Sofie siger, at vi kan tænke på x som et tal, vi endnu ikke kender, men vi ved, at når vi lægger tallet til 38, bliver resultatet 80. Lad os prøve at løse ligningen på denne måde" eller "Tak, Sofie. Har I andre idéer?". Den måde, læreren reagerer på, kan få betydning både for de læringsmuligheder, der etableres i klassen, og for Sofies læring og fremtidige deltagelse i fælles diskussioner. Reagerer læreren på den første måde, kan klassen arbejde videre med Sofies forslag og (måske) etablere en praksis om, at sådanne ligninger kan løses ved at beregne – altså ved at finde forskellen mellem 38 og 80. Læreren anerkendelse kan samtidig få en positiv betydning for Sofies fremtidige deltagelse i fælles diskussioner. Reagerer læreren på den anden måde, kan læringsmulighederne knyttet til Sofies bidrag – både de sociale og de psykologiske – risikere at gå tabt, og hvis dette mønster ofte gentager sig, kan Sofie med tiden udvikle en forestilling om sin rolle i klassen som ikke-vigtig. I den forstand er der tale om et refleksivt forhold mellem en klasses normer og matematiske praksisser og de enkelte elevers forestilling om deres egen rolle og faglige tænkning.

Ifølge Lobato og Walters (2017) er der størst sandsynlighed for at kunne realisere læringsspor som *fælles matematiske praksisser* i klasser, hvor de sociale og sociomatematiske normer stemmer overens med en såkaldt *reformorienteret tilgang* til matematikundervisningen (Børne- og Undervisningsministeriet, 2015; NCTM, 2000). Dvs. at normerne skal afspejle en klassekultur, hvor eleverne lytter til og prøver at forstå hinandens matematiske forklaringer og spørger konstruktivt, hvis de ikke forstår. Kommunikation og ræsonnementer skal være præget af nysgerrighed og gensidig respekt for hinandens bidrag og med fokus på at forstå matematikken og blive kloge på faget sammen.

Forskningsmæssigt er det stadig uklart, hvordan lærere kan støttes mere direkte i at realisere denne tilgang til læringsspor, særligt i forhold til valg af opgaver og symboliseringer. Her læner vi os op ad den fagdidaktiske skole *Realistic Mathematics Education (RME)* (Gravemeijer, 2020), der foreslår tre designprincipper: *guidet genopdagelse*, *didaktisk fænomenologi* og *emergerende modellering*. Vores begrundelse for at vælge disse tre principper er, at de også har inspireret Cobb og hans kolleger og andre, der arbejder med designstudier. Vi beskriver og eksemplificerer designprincipperne i det følgende.

Designprincipper

Designprincip 1: Guidet genopdagelse

Det første princip bygger på Freudenthals idé fra 1973 om, at eleverne skal opleve matematik som en menneskelig aktivitet (Gravemeijer, 2020). Undervisningens mål skal derfor støtte processer af genopdagelse, hvor eleverne guides af bl.a. læreren til

gradvist at formalisere deres uformelle forståelser og intuitioner (Gravemeijer et al., 2000). Mere præcist er idéen, at eleverne skal deltage i fælles processer, som i en vis udstrækning er parallelle med den historiske udvikling af matematik (inkl. potentielle barrierer, blindgyder og gennembrud), og at aktiviteterne skal tage udgangspunkt i realistiske problemer, som eleverne kan forestille sig og tænke i med den matematik, de kan i forvejen (se også designprincip 2). For Freudenthal er matematisering en nøgleproces i genopdagelsesprincippet, ligesom matematisering også spiller en central rolle i matematikkens historiske udvikling og for matematikere.

Hele læringssporet *At løse ligninger* kan ses som ét eksempel på guidet genopdagelse. Idéen er, at en klasse gradvist formaliserer deres forståelser af ligninger og uformelle løsningsstrategier, og at det sker via matematisering i forbindelse med realistiske problemer og senere mere algebraiske problemer. Målet er, at klassen i slutningen af læringssporet kan forstå ligninger som algebraiske udtryk og løse dem algebraisk ved brug af *fjern og isolér*. Læringssporets guidede genopdagelse er ikke primært inspireret af matematikkens historiske udvikling, men af typiske elevløsninger af uformel karakter og af matematikdidaktiske analyser og forskning i ligninger og ligningsløsning, særligt Radford (2022). Disse tre inspirationskilder kan alle ifølge Gravemeijer et al. (2000) inspirere en guidet genopdagelsesproces.

Designprincip 2: Didaktisk fænomenologi

Det andet designprincip handler om at fortolke matematiske fænomener didaktisk og derved gøre dem tilgængelige for elever, så eleverne kan beskrive, ræsonnere og handle på dem fra et matematikfagligt perspektiv (Gravemeijer et al., 2000). Mere præcist er målet med en didaktisk fænomenologisk undersøgelse at skabe rammer for, at elever i fællesskab kan udvikle stadig mere sofistikerede løsninger på problemer via matematisering. Fokus er især på realistiske problemer (vores oversættelse af *experimentally real problems*), og kernen i designprincippet er at udarbejde eller udvælge dem.

I forbindelse med et realistisk problem kan elever forestille sig de involverede fænomener i en sådan grad, at fænomenerne opleves som reelt eksisterende. Eleverne kan derfor handle og tænke i og med dem på meningsfulde måder ud fra det, de kan. Et problem vil derfor typisk være en hverdagssituation eller et fiktivt scenarie, men det kan også – særligt for dygtige elever – omfatte matematiske fænomener (Gravemeijer et al., 2000). Idéen er, at problemet skal gøre det muligt for eleverne at matematisere noget velkendt og for dem reelt eksisterende og derigennem udvikle matematiske forståelser.

I *At løse ligninger* er ligningssituationen med Alma og Sofus og deres indsamling af karameller til sidste skoledag (se ovenfor) et eksempel på et realistisk problem for 3.- og 4.-klasser. I starten af læringssporet matematiserer en klasse sådanne lignings-

situationer ved at gengive deres aktiviteter og relationer med konkrete materialer med støtte fra læreren. Senere matematiserer klassen mere komplicerede ligningssituationer, ikke med konkrete materialer, men med tegninger, regneudtryk og algebraisk notation. I læringssporet er det således centralt at udarbejde og udvælge passende ligningssituationer, som eleverne kan leve sig ind i og matematisere.

Designprincip 3: Emergerende modellering

En central antagelse i det tredje designprincip er, at elever udvikler matematisk forståelse, samtidig med at de arbejder med nye symboliseringer af en idé eller et begreb (Gravemeijer, 2020). Historisk set har man udviklet formelle symboliseringer såsom algebraisk notation med udgangspunkt i uformelle aktiviteter i specifikke kontekster og over lang tid. Det er sket i en refleksiv proces, hvor nye matematiske meninger og nye symboliseringer blev udviklet samtidig; først udviklede man forståelser ved at arbejde med bestemte symboliseringer, så udviklede man nye symboliseringer til at indfange ens nye indsigt, og dernæst begyndte processen forfra (Gravemeijer, 2020). I designprincippet er det derfor centralt både "at bygge op fra elevernes indledende uformelle aktiviteter til konventionelle måder at symbolisere på" (Gravemeijer et al., 2000, s. 29, vores oversættelse) og at støtte en proces, hvor symboliseringer og matematisk forståelse udvikler sig sammen. Dette skal ses i modsætning til den måde, symboliseringer og modeller typisk bruges på i matematikundervisningen, hvor de bruges til at give krop og strukturer til matematiske begreber og relationer og derfor præsenteres før eller samtidig med disse (Gravemeijer et al., 2000; Verschaffel et al., 2007).

I RME bruges ordet model bredt om både sproglige beskrivelser og måder at symbolisere og notere på. En model referer til noget holistisk og dynamisk, mens de symboliseringer, der indgår i modelleringsprocessen, og som udgør modellen, kan ændre sig over tid (Gravemeijer et al., 2000). Gravemeijer og kolleger bruger dog ofte modeller og symboliseringer i flæng, hvilket vi til dels også gør.

Gravemeijer et al. (2000) fik idéen til emergerende modellering i et studie, hvor eleverne først brugte den åbne tallinje til at modellere beregninger, som svarede til deres uformelle aktiviteter i problemets kontekst. Senere brugte eleverne tallinjen til at modellere og symbolisere deres beregninger baseret på relationer mellem tallene og uden at støtte sig til en kontekst. Dette pegede på et skift i modellens betydning for eleverne: fra at bruge den åbne tallinje som *model af* det konkrete problem til at bruge den som *model for* deres tænkning om nye situationer.

Designprincippet opfordrer til at konstruere en sekvens af modeller, der kan emergere i en klasse med lærerens støtte. Eleverne bør kunne udvikle deres brug af én af sekvensens modeller fra *model af* problemet til *model for* deres tænkning om sådanne problemer, så de har denne model at "falde tilbage" på. Idéen er, at hver model i sekvensen bygger på den forrige model i den forstand, at den nye model skal give

klassen muligheder for at handle på nye måder i forhold til det matematikfaglige indhold, samtidig med at klassen stadig kan handle, som de gjorde med den forrige model. Derfor kan en ny model opstå som løsning på et problem, der har rod i aktiviteter med den forrige model (Gravemeijer, 2020). Da nye modeller imidlertid sjældent emergerer af sig selv i en klasse, er det ofte nødvendigt, at læreren introducerer nye symboliseringer/modeller, der passer med elevernes tænkning. Indimellem kan læreren trække på elevforslag til modeller, der er i tråd med den nye model. Det er vigtigt at bruge problemer, der støtter emergering af bestemte modeller, og at læreren og klassen taler om de symboliseringer/modeller, som læreren introducerer, eller eleverne foreslår (Gravemeijer et al., 2000).



$$\begin{array}{ccc} \text{bag} & 10 = & \text{bag} \\ \text{bag} & & 10 \end{array}$$

$$\begin{array}{l} 2 \cdot \text{bag} + 10 = \text{bag} + 30 \\ \text{bag} + 10 = 30 \end{array}$$

$$2x + 10 = x + 30$$

$$x + 10 = 30$$

$$x = 20$$

Figur 3. Sekvens af modeller i At løse ligninger.

Et eksempel på emergende modellering er den sekvens af tre modeller, der med lærerens støtte forventes at kunne opstå i en klasses arbejde med *At løse ligninger*. Den består af konkrete materialer, tegninger og algebraisk notation (se figur 3). Først

arbejder klassen med konkrete materialer, fx papirposer og karameller (eller andre genstande, der kan komme i poser). Med disse materialer kan klassen modellere en ligningssituation, fx den om Alma og Sofus og deres karameller, ved konkret at vise de poser og karameller, de to børn har i situationen. Klassen kan dernæst forsøge at løse problemet. Erfaringen viser, at nogle elever med stor sandsynlighed vil komme på en strategi, hvor de ser bort fra den pose og de løse karameller, begge børn har, eller også kan læreren støtte dem til det – dvs. de udvikler en sammenligningsstrategi. Denne strategi er vigtig, da den baner vej for *fjerne*-strategier, men den bliver uoverskuelig for eleverne at bruge, når der er mange poser og karameller. Læreren kan derfor introducere den anden model – med lighedstegn og tegninger (af poser og karameller) – som løsning på denne uoverskuelighed. Eleverne kan stadig sammenligne, men lighedstegnet giver struktur, og det bliver mere oplagt at fjerne det fælles på begge sider af lighedstegnet ved at strege eller hviske det ud. Den nye model ansporer således til nye handlinger: at fjerne det samme på begge sider og at fjerne, indtil der kun er én pose tilbage. Idéen er, at klassens brug af tegninger kan skifte fra at være en *model af* en ligningssituation og elevernes uformelle aktiviteter til at være en *model for* deres tænkning om, hvordan ligninger kan løses. En svaghed ved tegninger er, at det er vanskeligt at modellere ligninger, der involverer subtraktion eller negative koefficienter. Denne svaghed kan den tredje model, algebraisk notation, løse, samtidig med at den gør det muligt for klassen at fjerne det fælles, som de gjorde før, og at udvikle nye fjernestrategier.

Sammenhæng og progression i indsatsen

Vi vil nu eksemplificere, hvordan vi med tilgangen *fælles matematiske praksisser* har søgt at skabe sammenhæng og progression i udvalgte dele af tal- og algebraområdet. Læringssporet *At løse ligninger* (3.-6. klasse), der har været brugt som gennemgående eksempel, beskriver faglige sammenhænge og progressioner i den indledende ligningsløsning. For det første har vi beskrevet en faglig progression i den indledende ligningsløsning som en følge af fire matematiske praksisser (se faserne i figur 4), i overensstemmelse med læringsspor som *fælles matematiske praksisser*. For det andet har vi udpeget midler, der forventes at kunne støtte en klasses udvikling af disse fire matematiske praksisser, også i overensstemmelse med læringsspor-tilgangen. De udpegede midler knytter an til designprincippet om emergerende modellering og beskriver en sekvens af tre sammenhængende modeller/symboliseringer, der forventes at kunne emergere i en klasses arbejde med læringssporet med lærerens hjælp. For det tredje har vi beskrevet, hvordan de to øvrige designprincipper – guidet genopdagelse og didaktisk fænomenologi – har støttet udarbejdelsen af læringssporet og dets faglige progression. En samlet oversigt over *At løse ligninger* er vist i figur 4. Her ses

AT LØSE LIGNINGER

FAGLIGT UD GANGSPUNKT

Erfaringer med de fire regningsarter, herunder med modsatte regningsarter, fx

$$22 - 7 = 15$$

fordi $15 + 7 = 22$

Erfaringer med at sammenligne og begrunde, hvorfor nogle regneudtryk har samme værdi, fx

$$10 + 1 = 9 + 2, 15 + 8 = 10 + 13$$

og $2 \cdot 7 = 7 + 7$

FASER I LÆRINGSSPORET



FASE 1

At løse ligninger, der har form som lignings-situationer, ved at bruge uformelle strategier og med støtte i konkrete materialer.

Sofus og Alma har samlet lige mange karameller til sidste skoledag. De lægger det samme antal karameller i 3 papirposer. Sofus tager 2 poser og har desuden 10 karameller mere, mens Alma tager 1 pose og har 30 karameller mere. De spørger klassen om de kan finde ud af, hvor mange karameller, der er i hver pose?



FASE 2

At løse ligninger, der har form som lignings-situationer, ved at bruge fjerne-strategier og med støtte i tegninger.



FASE 3

At løse ligninger, der er skrevet som algebraiske udtryk, ved at bruge fjern og isoler metoden og med støtte i tegninger og algebraisk notation.

$$2 \cdot \boxed{} + 10 = \boxed{} + 30$$

$$\boxed{} + \cancel{10} = \cancel{30} - 10$$

FASE 4

At løse ligninger, der er skrevet som algebraiske udtryk, ved at bruge fjern og isoler metoden og med støtte i algebraisk notation.

$$2x + 10 = x + 30$$

$$x + 10 = 30$$

$$x = 20$$

FORSLAG TIL VIDERE ARBEJDE

At løse ligninger med rationale tal og ubekendte, fx

$$2 = 6 - \frac{4}{x} \text{ og } 2(x+9) = x + 16$$

At løse uligheder, fx

$$5x \leq x + 78$$

Ræsonnere om ligninger, der ikke har nogle løsninger, fx $3x - 1 = 4 + 3x$ eller har mange løsninger, fx $7(x+4) - 8 = 7x + 20$



www.matematikdidaktik.dk



Figur 4. Oversigt over At løse ligninger (3.-6. klasse).

desuden det faglige udgangspunkt, en klasse bør have, før de starter på læringssporet, og forslag til emner, der (på senere klassetrin) bygger oven på læringssporet. Alt i alt illustrerer oversigten og læringssporet faglige sammenhænge og progressioner i den indledende ligningsløsning.

Ud over at beskrive faglig sammenhæng og progression i de enkelte læringsspor beskriver vi det også i et mere langstrakt perspektiv. Dette involverer flere læringsspor og adresserer fx overgange mellem grundskolen og ungdomsuddannelserne. Denne mere langstrakte progression eksemplificerer vi også med ligninger og ligningsløsning. I de første fire læringsspor til grundskolen (se matematikdidaktik.dk) kan en klasse udvikle forudsætningerne for at arbejde med *At løse ligninger* (3.-6. klasse), nemlig at addere, subtrahere, multiplicere og dividere tal (primært naturlige og hele tal) og at kunne sammenligne og begrunde regneudtryk. *At løse ligninger* er det eneste læringsspor i grundskolen med direkte fokus på ligninger og ligningsløsning. Selvom læringssporet primært handler om hele tal, så er dets fokus på de idéer og tænkemåder, der er grundlæggende for ligningsløsning mere generelt. Læreren kan derfor trække på disse idéer og tænkemåder i en classes videre arbejde med emnet. To andre læringsspor – *At behandle algebraiske udtryk* (7.-9. klasse) og *At sammenligne lineære funktioner* (8.-9. klasse) – kan støtte en classes konsolidering og videreudvikling af deres forståelse af ligninger og deres løsning, selvom læringssporenes primære fokus er et andet. *At behandle algebraiske udtryk* har fokus på at opstille, fortolke, omskrive og beregne med algebraiske udtryk, hvoraf nogle er ligninger. En klasse får derved mulighed for at styrke deres kompetencer til at kunne manipulere symbolsk, hvilket er en central forudsætning for at kunne løse ligninger algebraisk. *At sammenligne lineære funktioner* har fokus på lineære funktioner, men her spiller det at kunne løse reelle ligninger (dvs. ligninger med brøker) grafisk og algebraisk en vigtig rolle. Hvis ikke før, kan en klasse udvikle deres *ffjern og isolér*-metode til også at kunne fjerne ved at multiplicere med det samme på begge sider og dermed løse reelle ligninger. Målet er således, at eleverne, når de forlader grundskolen, har en grundlæggende forståelse af, hvad ligninger er, og kan løse reelle lineære ligninger grafisk og algebraisk ved en reflekteret brug af *ffjern og isolér*-metoden.

I læringssporet *At løse ligninger* for gymnasiet bygges direkte videre på elevernes erfaringer med lineære ligninger fra grundskolen. I dette læringsspor skifter fokus fra det aritmetiske til det algebraiske. Der lægges fx op til at udlede ligningen for den rette linje algebraisk ved at løse to ligninger med to ubekendte og at udvikle *ffjern og isolér* til *reducér og isolér*, som også har fokus på at reducere ligningerne, og som er central i løsningen af algebraiske ligninger. I dette læringsspor er en vekslen mellem algebraiske og grafiske løsninger central, og ud over lineære ligninger inddrages ikke-lineære ligninger og ligningssystemer.

Dette læringsspor – og de andre læringsspor i gymnasiet og på erhvervsuddannelserne – er også af typen *fælles matematiske praksisser*, og de bygger også på de

samme designprincipper som dem i grundskolen. Dvs. at ud over at støtte en langstrakt faglig progression, som eksemplificeret ovenfor, så understøtter denne sammenhæng mellem læringssporene også, at lærerne kan tale sammen om faglig sammenhæng og progression på tværs af de forskellige uddannelser.

Diskussion og konkluderende bemærkninger

I artiklen har vi behandlet det didaktiske problemfelt, der handler om at beskrive faglig sammenhæng og progression i matematikundervisningen og at gøre det på måder, der kan støtte en realisering af disse i praksis. Vi har beskrevet en nyere gren af matematikdidaktisk forskning, læringsspor, der netop forsøger at bidrage til løsning af dette problem, men som er relativt ukendt i Danmark på trods af stor international udbredelse. Dette forskningsfelt indeholder forskellige tilgange til læringsspor, som vi har skitseret, og blandt dem har vi valgt tilgangen *fælles matematiske praksisser*, der er begrundet og beskrevet i detaljer. Vi afrunder artiklen med at diskutere styrker og udfordringer ved denne tilgang i forhold til det didaktiske problemfelt, som er artiklens omdrejningspunkt.

Vi opsummerer tre styrker ved læringsspor som *fælles matematiske praksisser*. Den første styrke er dets fokus på udvikling af en hel classes læring uden at tabe den enkelte elev af syne. Matematiske praksisser udgør passende pejlemærker for undervisningen, fordi de på den ene side er så brede, at det giver plads til de enkelte elevers faglige forskelligheder, men på den anden side er så tydelige, at det står klart, hvad undervisningen sigter imod for hele klassen. Den anden styrke er, at tilgangen beskriver faglig progression i undervisningen og udpeger midler, der kan understøtte denne progression, som lærere kan læne sig op ad. En så omfattende hjælp er sjældent en del af læringsspor med andre tilgange og som regel heller ikke en del af lærebogsmaterialer (Gissel et al., 2019). Den tredje styrke er, at tilgangen harmoniserer med de tanker, som en lærer alligevel bør gøre sig om undervisning, såsom: Hvor skal klassen som helhed hen fagligt? Hvad kan størstedelen af eleverne allerede?

Vi peger også på tre udfordringer ved tilgangen *fælles matematiske praksisser*. Den første udfordring er, at forskningen i *fælles matematiske praksisser* stadig er i sin vorden. Særligt på ungdomsuddannelserne er den begrænset, mens der er mere på grundskoleområdet. Forskningen er imidlertid koncentreret om få emner, såsom indledende talforståelse og talbehandling, tidlig algebra (fx Kaas, 2019, 2022), funktioner og statistik. Derudover præsenteres konkrete sekvenser af emergerende modellering kun i få studier. Derfor har vi i udarbejdelsen af læringssporene også trukket på andre empiriske forskningsresultater og tolket dem ind i den valgte tilgang, samtidig med at vi har tilpasset tilgangen og resultaterne til en dansk kontekst.

Den anden udfordring handler om, hvorvidt der kun er én følge af matematiske praksisser, der kan føre fra et fagligt udgangspunkt til et mål. Lobato og Walters (2017) fremhæver, at det emergerende perspektiv på den ene side anerkender diversiteten i elevernes bidrag gennem metaforen om, at eleverne deltager forskelligt i de matematiske praksisser. På den anden side er det uklart, om de enkelte elevers fortolkninger kan være så forskellige fra den normative måde at deltage i klassens faglige fællesskab på, at der reelt er tale om mere end én praksis. Mens dette er en kritik, der også kan rejses mod de andre tilgange til læringsspor, så er den særlig central i forhold til *fælles matematiske praksisser*, fordi progressionen her tolkes som følger af matematiske praksisser, der opstår i klassen, afhængigt af bl.a. elevernes bidrag og deltagelse. Det synes imidlertid også af andre grunde usandsynligt, at der kun er én følge af praksisser fra et givent udgangspunkt til et mål. Forskere er fx grundlæggende uenige om central aspekter af faglig progression, såsom hvornår algebraiske symboler bør introduceres i matematikundervisningen. Dette rokker imidlertid ikke ved, at de følger, som vi foreslår i læringssporene, udpeger én mulig faglig progression, der kan guide læreren i undervisningen.

Den tredje udfordring handler om, at *fælles matematiske praksisser* er tæt relaterede til reformorienterede klasserum. Nemlig det, at tilgangen "forudsætter et undersøgelsesorienteret klasserum, hvor fælles faglige diskussioner spiller en stor rolle, og hvor sociale normer for at forklare og begrunde sin tænkning og forhandling af andres idéer er til stede" (Lobato & Walters, 2017, s. 87, vores oversættelse). Uden disse normer kan et læringsspor reduceres til en a priori-liste af aktiviteter, som læreren kan igangsætte. Det er en central udfordring, da den dominerende undervisningstilgang i Danmark og mange andre lande ikke synes at have denne karakter (se fx Bundsgaard & Hansen, 2018), og det kompliceres yderligere af, at en sådan tilgang er kompleks at etablere i praksis af flere forskellige grunde. I vores optik overskygger styrken ved, at lærings-sporene viser, hvordan faglig progression kan se ud i et reformorienteret klasserum, imidlertid denne udfordring. Vi forestiller os – og håber – at indsatsens læringsspor netop kan være med til at støtte en sådan udvikling af matematikundervisningen i Danmark.

Matematikundervisningen i de lande, der typisk scorer højt i internationale undersøgelser såsom TIMSS og PISA, har bl.a. det tilfælles, at det matematikfaglige fokus er på relationer mellem centrale matematiske begreber, idéer m.m. (Stigler & Hiebert, 2009). Dette understøttes af Ma (2010), der viser, at kinesiske lærere typisk har udviklet *knowledge packages* på udvalgte områder, dvs. billeder af, hvordan centrale matematiske begreber og idéer indbyrdes er forbundne, og hvad det er vigtigt, at eleverne lærer før noget andet. Det tyder altså på, at det er væsentligt, at lærere har et tydeligt billede af centrale matematikfaglige sammenhænge og progressioner inden for forskellige faglige områder. Det er det, som vi håber at kunne bidrage med i form

af læringssporene, og vi håber, at dette på sigt kan medvirke til, at danske elever i grundskolen og på ungdomsuddannelserne udvikler mere solide forståelser inden for tal og algebra. På <https://matematikdidaktik.dk/tal-og-algebra/vejledning-til-faelles-indsats-for-tal-og-algebra/anvendelse-af-laeringssporene> er der inspiration til, hvordan man kan arbejde med læringssporene i praksis.

Referencer

- Bundsgaard, J. & Hansen, T.I. (2018). Blik på undervisning. I J. Bundsgaard, M. Georgsen, S.T. Graf, T.I. Hansen & C.K. Skott (red.), *Skoleudvikling med IT* (s. 106-142). Aarhus Universitetsforlag.
- Børne- og Undervisningsministeriet. (2015). *Fælles mål for faget matematik*. <https://emu.dk/grundskole/matematik/faghaefte-faelles-maal-laeseplan-og-vejledning>
- Clements, D.H. & Sarama, J. (2021). *Learning and teaching early math: The learning trajectory approach* (3. udg.). Routledge.
- Cobb, P. (1999). Individual and collective mathematical development: The case of statistical data analysis. *Mathematical Thinking and Learning*, 1(1), 5-43. https://doi.org/10.1207/s15327833mtl0101_1
- Cobb, P. & Gravemeijer, K. (2008). Experimenting to support and understand learning processes. I A.E. Kelly, R.A. Lesh & J.Y. Baek (red.), *Handbook of design research methods in education: Innovations in science, technology, engineering, and mathematics learning and teaching* (s. 68-95). Routledge.
- Cobb, P., Stephan, M., McClain, K. & Gravemeijer, K. (2001). Participating in classroom mathematical practices. *Journal of the Learning Sciences*, 10(1-2), 113-163. https://doi.org/10.1007/978-90-481-9729-3_9
- Cobb, P. & Yackel, E. (1996). Constructivist, emergent, and sociocultural perspectives in the context of developmental research. *Educational Psychologist*, 31(3-4), 175-190. <https://doi.org/10.1080/00461520.1996.9653265>
- Confrey, J., Maloney, A.P. & Corley, A.K. (2014). Learning trajectories: A framework for connecting standards with curriculum. *ZDM – International Journal on Mathematics Education*, 46(5), 719-733. <https://doi.org/10.1007/s11858-014-0598-7>
- Confrey, J., Maloney, A.P. & Nguyen, K. (2014). Learning trajectories in mathematics. I A.P. Maloney, J. Confrey & K. Nguyen (red.), *Learning trajectories in mathematics* (s. xi-xxii). Information Age Publishing.
- Gissel, S.T., Hjelmberg, M., Kristensen, B.T. & Moeskær Larsen, D. (2019). Kompetencedækning i analoge matematiksystemer til mellemtrinnet. *MONA*, 2019(3), 7-27. <https://tidsskrift.dk/mona/article/view/115580/163893>
- Gravemeijer, K. (2020). Emergent modeling: An RME design heuristic elaborated in a series of examples. *Education Designer*, 4(13), 1-31. https://www.researchgate.net/profile/Koen-Gravemeijer/publication/344057779_Emergent_Modeling_an_RME_Design_Heuristic_Ela

- borated_in_a_Series_of_Examples/links/5f4f6ea892851c250b8b2b75/Emergent-Modeling-an-RME-Design-Heuristic-Elaborated-in-a-Series-of-Examples.pdf
- Gravermeijer, K., Cobb, P., Bowers, J. & Whitenack, J.W. (2000). Symbolizing, modeling, and instructional design. I P. Cobb, E. Yackel & K. McClain (red.), *Symbolizing and communicating in mathematics classrooms: Perspectives on discourse, tools, and instructional design* (s. 225-273). Lawrence Erlbaum Associates.
- Huang, X., Huang, R., & Skott, C.K. (2023). Research-informed instruction through lesson study: A case of boundary crossing. *International Journal of Science and Mathematics Education*. Published online.
- Kjeldsen, C.C., Kristensen, R.M. & Christensen, A.A. (2019). *Matematik og natur/teknologi i 4. klasse. Resultater af TIMSS-undersøgelsen 2019*. Aarhus Universitetsforlag.
- Kaas, T. (2019). Tilgange til tidlig algebra. *Nordic Studies of Mathematics Education*, 24(3-4), 15-41. https://ncm.gu.se/wp-content/uploads/2021/10/24_34_015042_kaas.pdf
- Kaas, T. (2022). *Tidlig algebra i grundskolens matematikundervisning*. Ph.d.-afhandling. DPU, Aarhus Universitet.
- Lobato, J. & Walters, D. (2017). A taxonomy of approaches to learning trajectories and progressions. I J. Cai (red.), *The compendium for research in mathematics education* (s. 74-101). National Council of Teachers of Mathematics.
- Ma, L. (2010). *Knowing and teaching elementary mathematics: Teachers' understanding of fundamental mathematics in China and the United States*. Routledge.
- NCTM. (2000). *Principles and standards for school mathematics*. National Council of Teachers of Mathematics.
- Potari, D., Psycharis, G., Sakonidis, C. & Zachariades, T. (2019). Collaborative design of a reform-oriented mathematics curriculum: Contradictions and boundaries across teaching, research, and policy. *Educational Studies in Mathematics*, 102(3), 417-434. <https://doi.org/10.1007/s10649-018-9834-3>
- Radford, L (2022). Introducing equations in early algebra. *ZDM – International Journal on Mathematics Education*, 54, 1151-1167. <https://doi.org/10.1007/s11858-022-01422-x>
- Simon, M.A. (1995). Reconstructing mathematics pedagogy from a constructivist perspective. *Journal for Research in Mathematics Education*, 26(2), 114-145. 33
- Skott, C.K., Christensen, B.K., Zacho, L., Thompson, M., Teglskov, R., Øhrstrøm, A., Rønne, M., Riisgaard, T.B., Tange, B., Granerud, L.S., Hørup, L.A., Winsløw, C., Sunde, P.B. & Brockhoff, P. (2022). *Fælles udvikling af matematik: Om udfordringer og mulige løsninger i forhold til matematik i grundskolen, på de gymnasiale uddannelser og på erhvervsuddannelserne*. Børne- og Undervisningsministeriet.
- Skott, J. (2008). Introduktion til Paul Cobbs matematikdidaktiske arbejde. *MONA*, 2008(4), 42-58. <https://tidsskrift.dk/mona/article/view/36629/37927>
- Skott, J., Skott, C.K., Jess, K. & Hansen, H.C. (2018). *Matematik for lærerstuderende. Delta 2.0 – fagdidaktik 1.-10. klasse*. Samfundslitteratur.

- Stigler, J.W. & Hiebert, J. (2009). Closing the teaching gap. *Phi Delta Kappan*, 91(3), 32-37. <https://doi.org/10.1177/003172170909100307>
- Sztajn, P., Confrey, J., Wilson, P.H. & Edgington, C. (2012). Learning trajectory based instruction: Toward a theory of teaching. *Educational Researcher*, 41(5), 147-156. <https://doi.org/10.3102/0013189X12442801>
- Verschaffel, L., Greer, B. & De Corte, E. (2007). Whole number concepts and operations. I F.K. Lester (red.), *Second handbook of research on mathematics teaching and learning* (s. 557-628). National Council of Teachers of Mathematics.
- Wilson, P.H. (2014). Learning trajectories and professional development. I A.P. Maloney, J. Confrey & K.H. Nguyen (red.), *Learning over time: Learning trajectories in mathematics education* (s. 227-242). Information Age Publishing.

English abstract

Coherence and progression play a central role students' learning of mathematics. However, it is difficult to describe such coherences and progressions in ways that can support their realization in the teaching of mathematics. Due to the challenges many students encounter in numbers and algebra, the Ministry of Children and Education has asked the National Center for Development of Mathematics teaching to develop a basis for a national initiative within this subject area in primary, secondary and vocational education. In the article, we discuss how learning trajectory – a relatively new research area – can contribute to solving this problem and we unfold and exemplify our approach, which is called collective mathematical practices.

Viden om samarbejde mellem grundskoler og virksomheder i Danmark – et overblik over litteraturen



Mathilde Hjerrild Carlsen,
Naturvidenskabernes Hus
og Copenhagen Business
School



Simon Olling Rebsdorf,
Naturvidenskabernes Hus

Abstract: Samarbejde mellem skoler og virksomheder har opmærksomhed politisk, i praksis og i forskningen som et didaktisk redskab, især inden for STEM-fagene. Men hvilken systematisk viden findes om samarbejdets bidrag og udfordringer i en dansk kontekst? Denne reviewartikel kortlægger og diskuterer litteraturens indsigter i samarbejdets 1) udbredelse, 2) læring, 3) aktører og 4) organisering. Naturfagsdidaktisk litteratur afslører samarbejdet som et potentiale for autentisk og praksisrelevant undervisning. Andre studier kaster et kritisk blik på samarbejdets udbytte. Artiklen diskuterer derudover litteraturens konklusioner om læreres, lederes, virksomheders og kommuners roller i samarbejdet samt om samarbejdets organisering. Viden mangler om især virksomheders engagement og læreres kompetencer.

Indledning

Naturfagslærere og matematiklærere har i en årrække benyttet samarbejde med virksomheder i grundskolen, fx for at gøre undervisningen praksisnær, autentisk og motiverende for eleverne (Naturvidenskabernes Hus & Rambøll, 2022). I de seneste år er samarbejdet med virksomheder også begyndt at blive brugt i praksis i andre af grundskolens fag, fx i det obligatoriske emne uddannelse og job (Børne- og Undervisningsministeriet, 2024a). Samarbejdet er i 2024 yderligere blevet en del af skolens hverdag med vedtagelsen af obligatorisk erhvervspraktik og juniormesterlære (Børne- og Undervisningsministeriet, 2024b).

I kølvandet på indførelsen af den åbne skole blev private virksomheder i 2017 skrevet ind i folkeskoleloven som nogle af de aktører, der kunne bidrage til at løfte den åbne skoles formål om en varieret, motiverende og relevant undervisning (Undervisnings-

ministeriet, 2017). Det didaktiske formål med åben skole er at “bidrage til variation i skoledagen og til at differentiere undervisningen, så den imødekommer og udfordrer den enkelte elevs faglige niveau”, og at understøtte “elevernes læring, motivation og trivsel” (Børne- og Undervisningsministeriet, 2024c). Men det kræver ressourcer hos den enkelte virksomhed og fordrer nye roller til faglæreren, fagteamet eller klasse-teamet, som skal arrangere og måske initiere et samarbejde.

En stor mangfoldighed præger skoler og virksomheders samarbejde. Samarbejdet folder sig fx ud i enkelte skolers samarbejdsprojekter med små og mellemstore lokale virksomheder, klassebesøg på virksomheder, virksomheders besøg på skoler, erhvervspraktik, adoptionsordninger såvel som private fondes økonomiske bevillinger til aktiviteter i skoler.

Men hvilken systematisk viden findes der om samarbejdet mellem grundskoler og private virksomheder, sådan som det tager form i Danmark? Hvilke bidrag og eventuelle udfordringer har samarbejdet, hvad kræver det af de involverede aktører, og ikke mindst: Hvilken betydning har samarbejdet for elevernes læring og uddannelse?

Formålet med denne artikel er at give et overblik over litteraturen om samarbejde mellem grundskoler og private virksomheder i Danmark. Artiklen præsenterer hovedpointer fra litteraturen og beskriver kendetegn ved vidensfeltet. Den diskuterer litteraturens behandling af spørgsmål om samarbejdets *udbredelse*, samarbejdets bidrag til elevernes *læring*, de involverede *aktører* samt *organisering* og foreslår en fremtidig retning for forskning og undersøgelser. Artiklen samler og bygger bro mellem hidtil relativt adskilte vidensområder og peger på tværgående behov for ny viden.

Der er flere grunde til, at det er relevant at få indsigt i den danske litteratur om samarbejde mellem grundskoler og private virksomheder. For det første er det væsentligt at vide, om der, i forhold til den udvikling, der sker i praksis, er tilstrækkelig – og den rigtige – viden til rådighed til at understøtte udviklingen. For det andet er det nødvendigt, selvom der findes international litteratur på området, også at have viden med et dansk datagrundlag, fordi de lovgivningsmæssige og kulturelle rammer, der er for samarbejder i Danmark, ikke entydigt kan sammenstilles med andre landes. Det betyder, at selvom der er inspiration og viden at hente i den internationale litteratur, er det også nødvendigt med vidensproduktion om det danske samarbejde mellem skole og erhvervsliv.

Opstart af vidensfeltet om samarbejde mellem skoler og virksomheder

At få overblik over samarbejdet mellem grundskoler og virksomheder i Danmark på nationalt niveau er ikke nogen ligetil opgave. Det skyldes, at der ikke findes centrale offentlige kilder til oplysninger om skolernes samarbejdsaktiviteter med eksterne aktører på nationalt niveau. Det er et område, der ikke er underlagt målstyring på baggrund af standardiserede kategorier eller mål. Der er derfor ikke data at hente om samarbejdet hos fx Danmarks Statistik eller Børne- og Undervisningsministeriet.

Aktuelt er en gennemgang af den publicerede litteratur om forskning og andre undersøgelser på området i det lys en mulig vej til at få indsigt i samarbejdet.

Bemærkelsesværdigt ved litteraturen på området er, at det er en forholdsvis ny litteratur – primært produceret inden for de seneste fem år – samtidig med at litteraturen er produceret i flere institutionelt adskilte vidensmiljøer. Der er altså en bred forskningsinteresse for den udvikling, der er i gang vedrørende samarbejde mellem skoler og erhvervsliv i Danmark, omend det er et vidensfelt i sin vorden.

Vi begynder artiklen med at beskrive reviewets metode samt vidensfeltets kendetegn, herunder en oversigtstabel med de inkluderede publikationer. Dernæst følger fire afsnit, der viser, hvordan litteraturen har undersøgt spørgsmål om samarbejdets *udbredelse, læring, aktører og organisering*, samt litteraturens konklusioner. Afslutningsvis diskuteres litteraturens bidrag, og der peges på udforskede områder.

Reviewmetode

Søgningen efter litteratur til dette review bygger på en kombination af metoderne databasesøgning, sneboldsøgning og søgning igennem personligt kendskab og netværk (Greenhalgh & Peacock, 2005).

Kriterierne for udvælgelsen af litteratur er, at publikationerne omhandler emnet samarbejde mellem grundskoler og private virksomheder i Danmark, er udgivet i 1980-2024 og baserer sig på en eller flere systematiske undersøgelser. De publikationskilder, der er inddraget, er tidsskrifter med fagfællebedømmelse, universitetsforlag, forlag samt organisationer. Der indgår således både forskningslitteratur og rapporter udgivet af organisationer, fx i samarbejde med konsulentvirksomheder. Fokus for litteraturreviewet er i første omgang studier, der har undersøgt samarbejdet i den danske politiske, lovgivningsmæssige og kulturelle velfærds kontekst for samarbejdet. Reviewet af litteraturen indikerer dog et internationalt forskningsfelt, som dette review ikke dækker, men som ser spændende ud, og som kunne være relevant at udfolde i et senere, mere omfattende review.

Databasesøgningerne er foretaget på Bibliotek.dk og i Google Scholar med en variation af søgeord over ordene skole, folkeskole, grundskole, virksomhed, erhvervsliv, samarbejde, partnerskab og privatisering. Den fundne litteratur er først sorteret ved hjælp af en scanning af titler med en vurdering af, om litteraturen lå inden for emnekriteriet. Dernæst er der foretaget fuldtekstlæsning for yderligere at vurdere, om litteraturen lå inden for reviewets kriterier. Ud over databasesøgning er der gennemført sneboldsøgning, hvor referencelisterne i den fundne litteratur er gennemgået for yderligere litteratur. Til sidst er der søgt litteratur igennem personligt kendskab og netværk. Her er bl.a. søgt efter publikationer udgivet af nationale organisationer med ekspertise på området.

Analysen af litteraturen er gennemført som et scopingreview (Grant & Booth, 2009). Et scopingreview giver en foreløbig vurdering af omfanget og formålet med den tilgængelige litteratur og beskriver kendetegn ved litteraturen i form af studienes tematiske fokus, teoretiske tilgang og metode (Grant & Booth, 2009, s. 101). Det er ikke formålet med et scopingreview at vurdere kvaliteten af litteraturen. Vi opsummerer de spørgsmål, som litteraturen har interesseret sig for, dens konklusioner og tværgående pointer samt områder, hvor der er uenigheder i litteraturen.

I dette review bruges betegnelsen samarbejde mellem grundskoler og private virksomheder. Reviewet omfatter dog litteratur, der bruger flere forskellige betegnelser for relationen mellem grundskoler og private virksomheder, herunder fx skole-virksomhedssamarbejde, privatisering og offentligt-privat samarbejde.

Overblik over vidensfeltet

I alt 24 publikationer om samarbejde mellem grundskoler og private virksomheder i Danmark har vi fundet frem til igennem dette reviews litteratursøgning. Litteraturen er karakteriseret ved at være relativt ung og er publiceret fra 2015 til 2023. Ud af de samlede publikationer er 15 publikationer fra årene 2020 til 2023.

Gennemgangen af publikationernes referencelister viser enkelte indbyrdes referencer. Dog kan der aktuelt ikke siges at være tale om et vidensfelt, som er tæt bundet sammen af indbyrdes referencer. Publikationerne er skrevet af forfattere fra flere institutionelt relativt adskilte vidensmiljøer og fagområder, der i samme periode har engageret sig i emnet, og som har bidraget til den samlede vidensproduktion ud fra forskellige faglige indgangsvinkler.

Det er også karakteristisk for feltet, at organisationer, herunder faglige organisationer og nonprofitorganisationer, har en relativt stor rolle i vidensproduktionen. Organisationerne iværksætter egne undersøgelser og indgår i samarbejde med forskningsinstitutioner om forskningsprojekter.

Metodisk bygger litteraturen på kvantitative og kvalitative studier med en overvægt af kvalitative studier. De kvantitative studier er primært surveys baseret på spørgeskemaer til fx lærere, skoleledere, kommunale medarbejdere og virksomhedsmedarbejdere. De kvalitative studier har gjort brug af interviews med elever, lærere, skoleledere, kommunale medarbejdere og virksomhedsmedarbejdere. I litteraturen er der også et mixed methods-studie, hvor spørgeskemaer anvendes til deltagerne inden for et casestudie. Observationer har også været anvendt i nogle studier, og der er observeret samarbejdsaktiviteter de professionelle imellem samt aktiviteter med elever. I denne artikel strukturerer vi gennemgangen af studierne i henholdsvis kvantitative og kvalitative studier for at styrke læsevenligheden.

De samarbejdsaktiviteter, der behandles i litteraturen, er relativt forskellige. Litteraturen dækker fx samarbejde i form af klassebesøg på virksomheder, virksomheders besøg på skoler, temauger med virksomhedsstillede opgaver, undervisningsforløb udviklet i samarbejde, erhvervspraktik, kompetenceudvikling af lærere, samarbejde om formidling af fritidsjob, samarbejde i forbindelse med uddannelsesvejledning, adoptionsforløb, skolars brug af virksomheders undervisningskoncepter samt donationer til aktiviteter i skoler.

Litteraturen behandler en række forskellige spørgsmål om samarbejdet mellem skoler og virksomheder. I de følgende fire afsnit gennemgår vi litteraturen i relation til temaerne 1) *udbredelse*, 2) *læring*, 3) *aktører* og 4) *organisering*. Disse temaoverskrifter bygger på vores læsning af litteraturen og tematisering af fælles erkendelsesinteresser, der løber igennem litteraturen. De fire temaer skal ikke forstås som skarpt adskilte, og nogle publikationer berører flere af temaerne.

Tabel 1. Oversigt over publikationer.

Publi- kation	Forfatter	Årstal	Metode	Publika- tions- type	Tema 1 Udbred- else	Tema 2 Læring	Tema 3 Aktører	Tema 4 Organi- sering
P1	Carlsen, M.H. & Herman- sen, J.	2023	Kvantitativ	Rapport	x		x	x
P2	Engineer the Future & Deloitte	2016	Kvantitativ	Rapport			x	x
P3	Fonden Videnscenter	2023	Kvantitativ	Rapport	x			x
P4	Naturviden- skaber- nes Hus & Ram- bøll	2022	Kvantitativ	Rapport	x	x	x	x
P5	Skoleleder- fore- ningen & VFSA	2017	Kvantitativ	Rapport	x	x	x	
P6	Andersen, N.Å, Knudsen, H. & Sand- ager, J.	2023	Kvalitativ	Artikel		x		

P7	Binau, C.F. & Elmeskov, D.C.	2021	Kvalitativ	Rapport			x	
P8	Carlsen, M.H.	2020	Kvalitativ	Afhandling			x	
P9	Carlsen, M.H.	2022a	Kvalitativ	Artikel			x	
P10	Carlsen, M.H.	2022b	Kvalitativ	Rapport			x	x
P11	Cone, L.	2023	Kvalitativ	Afhandling			x	x
P12	Danmarks Evalueringsinstitut	2018	Kvalitativ	Rapport		x		
P13	Daugbjerg, P. & Pedersen, T.	2018	Kvalitativ	Artikel		x	x	
P14	Daugbjerg, P., Pedersen T. & Mikkelsen, T.	2018	Kvalitativ	Artikel			x	
P15	Grunwald, A.	2016	Kvalitativ	Afhandling		x	x	
P16	Grunwald, A.	2017a	Kvalitativ	Rapport		x	x	
P17	Grunwald, A.	2017b	Kvalitativ	Rapport		x	x	
P18	Knudsen, H., Andersen, N.Å. & Sandager, J.	2023	Kvalitativ	Bogkapitel		x		
P19	Levinsen, H. & Lindsay, T.S.	2022	Kvalitativ	Artikel		x	x	
P20	Nationalt netværk af skoletjenester	2019	Kvalitativ	Rapport			x	x
P21	Schmidt, J.R.	2021	Kvalitativ	Bogkapitel				x
P22	Thomsen, A.V.	2016	Kvalitativ	Afhandling		x		
P23	Thomsen, A.V.	2020	Kvalitativ	Bogkapitel		x		
P24	Thomsen, A.V.	2022	Kvalitativ	Bogkapitel		x		

Udbredelse

Hvor udbredt er samarbejdet mellem grundskoler og virksomheder i Danmark? Spørgsmålet er ikke blevet undersøgt samlet, men tre kvantitative undersøgelser har spurgt til udbredelsen på udvalgte områder.

På det naturfaglige og det matematiske område er skolars samarbejde med virksomheder undersøgt i en kortlægning med spørgeskemaer til matematik- og naturfagslærere i Danmark (Naturvidenskabernes Hus & Rambøll, 2022). Her svarer 42 % af lærerne, at de selv har samarbejdet med en virksomhed som en del af undervisningen inden for det seneste år. 48 % af lærerne svarer, at deres skole har samarbejdet med en virksomhed i forbindelse med matematik eller naturfag inden for det seneste år. Langt størstedelen (87 %) af de lærere, der har haft samarbejde med virksomheder, svarer, at de har gennemført enten et eller to forløb (Naturvidenskabernes Hus & Rambøll, 2022, s. 7). En forskel mellem frie skoler og folkeskolars samarbejde med virksomheder kan ses i undersøgelsen. 61 % af lederne på folkeskoler svarer, at deres skole har haft samarbejde med en virksomhed i det sidste år, mens det kun gælder for 41 % af lederne på de frie skoler (Naturvidenskabernes Hus & Rambøll, 2022, s. 7).

I en undersøgelse blandt skoleledere i 2017 blev lederne spurgt til omfanget af deres samarbejde med virksomheder. Her var virksomheder den type af eksterne aktører, som skolerne havde arbejdet mindst sammen med (Skolelederforeningen & VFSA, 2017, s. 3).

Hvad angår udbredelsen af samarbejdet i form af økonomiske donationer fra private fonde til grundskoler, har en rapport undersøgt fondes bevillinger til grundskolen (Fondenes Videnscenter, 2023). Den viser, at økonomisk støtte fra private fonde til folkeskolen er steget markant i de seneste år. I 2017 bevilligede fonde 17 mio. kr. til grundskolen og i 2020 703 mio. kr. I 2021 bevilligede fonde 2,4 mia. kr. til grundskolen (Fondenes Videnscenter, 2023, s. 16).

Samarbejdets betydning for elevers læring

Der fremføres i den naturfagsdidaktiske litteratur en række forskellige og overlappende argumenter for, at skoler bør afsætte ressourcer til at samarbejde med virksomheder: autenticitet, sanseindtryk, motivation, variation, deltagelse, fagligt udbytte og øget plads til problembaseret læring i naturfagsundervisningen. Tre gennemgående emner kan indfange de samlede argumenter, nemlig autenticitet, motivation og fagligt udbytte, hvor sanseindtryk på virksomheden og i mødet med virksomhedsansatte fungerer som en driver for fagligt udbytte. Ud over den naturfagsdidaktiske litteratur interesserer et studie om leg sig også for elevers udbytte af samarbejdet og giver et mere kritisk blik på implikationerne for elevernes selv-narrativer.

Kvantitative studier

Et studie fra Naturvidenskabernes Hus og Rambøll har undersøgt elevers læringsudbytte af samarbejdet ved at spørge naturfags- og matematiklærere om deres vurdering af elevernes udbytte (Naturvidenskabernes Hus & Rambøll, 2022, s. 15-17). 57 % af lærerne vurderer, at deres seneste samarbejde med en virksomhed i høj eller meget høj grad bidrog til at styrke elevernes motivation. 55 % mener, at det bidrog til elevernes faglige læring, og 55 %, at det bidrog til elevernes interesse for naturvidenskab eller teknologi. Cirka en tredjedel af lærerne svarer, at det kun i nogen grad bidrog til at styrke elevernes motivation, læring og interesse for naturvidenskab eller teknologi (Naturvidenskabernes Hus & Rambøll, 2022, s. 16-17).

Den samme undersøgelse har også spurgt skoleledere om deres oplevelse af elevernes udbytte. Skolelederne mener, at elevernes udbytte af samarbejdet især er motivation og faglig læring (Naturvidenskabernes Hus & Rambøll, 2022, s. 56). En anden undersøgelse fra Skolelederforeningen og VFSA fra 2017 viser, at skoleledere mener, at lokalt samarbejde med virksomheder bidrager til at udvikle elevernes kompetencer og kvalificerer elevernes uddannelsesvalg (Skolelederforeningen & VFSA, 2017). Lidt over 80 % mener, at samarbejdet kvalificerer elevernes uddannelsesvalg (Skolelederforeningen & VFSA, 2017, s. 4). Endelig mener over 90 %, at samarbejde med virksomheder udvikler elevernes kompetencer. Studiet specificerer imidlertid ikke hvilke kompetencer.

Kvalitative studier

Et vægtigt argument for, at skoler afsætter ressourcer til at samarbejde med en virksomhed, er en oplevet autenticitet og relevans hos eleverne. Dette beskrives i flere kvalitative studier af, hvad skolers samarbejde med virksomheder kan bidrage med til elevers læring, dels i en ph.d.-afhandling, dels i artikler baseret på andre forskningsundersøgelser og dels i en evalueringsrapport (Thomsen, 2016, 2020, 2022; Danmarks Evalueringsinstitut, 2018; Daugbjerg & Pedersen, 2018; Levinsen & Lindsay, 2022).

Anders Thomsen peger i sin ph.d.-afhandling på, at virksomhedssamarbejde i naturfagene bidrager til at skabe bro mellem det, han betegner som "personforankret autenticitet" og "kontekstforankret autenticitet" (Thomsen, 2016, s. 260). Med andre ord bygger det bro mellem elevernes oplevelse af, hvad der er autentisk, og den kontekst, som lærere og medarbejdere tilbyder (Thomsen, 2016, s. 242). Samarbejdet nuancerer derudover elevernes syn på skolens fag (Thomsen, 2016, s. 250). Autenticitet har i flere årtier fyldt stadigt mere inden for naturfagenes didaktik. I en dansk sammenhæng findes autenticitetsbegrebet ofte tredelt (Dolin, 2003), hvor altså Thomsens senere dikotomi fra 2016 er en todelt forståelsesramme. Den personforankrede autenticitet handler om personligt engagement og meningsfuldhed. Den kontekstforankrede autenticitet kobler sig op på det naturfagsdidaktisk veletablerede begreb

socio-scientific issues (udfoldes fx i Krogh & Andersen, 2016). Denne autenticitetstype indrammes altså i Thomsens begrebsværk og kunne fx omfatte etiske eller politiske dilemmaer.

Også andre studier har berørt autenticitet i skole-virksomhedssamarbejde og peger på, at virksomheder tilbyder eleverne autentiske læringsmiljøer, der kan udfordre elevernes hverdagsforestillinger (Daugbjerg & Pedersen, 2018, s. 42, 46). Endvidere kan elevers oplevelse af at møde en virksomhedsekspert, der anerkender deres bidrag til at løse virkelighedstro samfundsudfordringer, gøre den faglige læring mere meningsfuld for eleverne (Danmarks Evalueringsinstitut, 2018, s. 12; Levinsen & Lindsay, 2022, s. 95). Samtidig peger litteraturen på, at autentiske læringsmiljøer ikke af sig selv åbner for læring af naturfag. Der er brug for en stilladsering fra lærerens side med en afgrænsning og bearbejdelse af oplevelser og erfaringer (Daugbjerg & Pedersen, 2018, s. 42-45). Et andet studie bruger begrebet pædagogisk koblingsdannelse. Begrebet dækker over mundtlige strategier hos læreren til at understøtte samskabelse af viden, fremme kontinuitet og opmuntre til et følelsesmæssigt engagement (Levinson & Lindsay, 2022, s. 93).

Skole-virksomhedssamarbejde kan forstås som et didaktisk redskab, der kobler naturfagernes teoretiske elementer med konkrete praksisnære udfordringer med det formål at styrke elevernes forståelse af fagernes anvendelighed og fremme læring gennem autentiske oplevelser. Samtidig kan samarbejdet også opfattes som et indholdsområde, hvor eleverne ud over at tilegne sig viden også udforsker virksomheders praksis som en integreret del af undervisningens temaer.

Anders Thomsens forskning i naturfaglige skole-virksomhedsforløb har undersøgt elevernes faglige udbytte og konkluderer, at eleverne har fået viden om udvalgte områder inden for naturfagene, har fået en erkendelse af, hvorfor de har naturfag i skolen, og har fået perspektiver på naturfagernes anvendelse i produktionssammenhæng (Thomsen, 2016, s. 256-257). En anden undersøgelse af et samarbejdsprojekt mellem skoler, virksomheder, universitetsstuderende og en kommune konkluderer, at samarbejdet støtter virkelighedsnær læring inden for naturfaglig klimaundervisning (Grunwald, 2017a, s. 103-104; Grunwald, 2017b, s. 43).

Danmarks Evalueringsinstitut fremhæver sansemæssige oplevelser som afsæt for læring: "Når undervisningen giver mulighed for at supplere den kognitive bearbejdning og erkendelse med forskellige former for sanseindtryk – fx lyden af lastbilens motor eller lugten af kemikalier – kan der skabes flere indgange for eleverne til at forstå og engagere sig i et fag." Ved at tage sanserne i brug får eleverne flere muligheder for at forstå og bearbejde konkrete emner i fagene og for at knytte den faglige læring til bestemte situationer og sansemæssige oplevelser (Danmarks Evalueringsinstitut, 2018, s. 22). Sanseindtryk som en af årsagerne til, at virksomhedssamarbejdet bidrager til elevernes faglige udbytte, beskrives også af Thomsen (2016, s. 221-224).

Motivation behandles i litteraturen i relation til elevernes deltagelse i undervisningen og elevernes forestilling om – og interesse for – naturfagene og fremtidigt job og uddannelse.

Eleverne opnår interesse i virksomhedens teknologiske udstyr ved at arbejde med det, men også gennem fortællinger fra de fagpersoner, de møder gennem samarbejdet. Thomsen argumenterer for, at elevernes interesse for virksomhedens udstyr er en kilde til en kontinuerlig kontekstbunden interesse, som kommer af en fascination af udstyrets avancerede tekniske muligheder samt en fascination af udstyret i sig selv, fx af kraften i en centrifuge, der slynger vand væk fra bakteriemasse i en virksomheds produktionstank (Thomsen, 2016, s. 257). Litteratur om naturfagsundervisning baseret på en engineeringdidaktik giver lignende konklusioner om potentialet i virkelighedsnære udfordringer igennem tværfaglige forløb, fx i problembaserede, autentiske forløb om klimatilpasning, plast og affald, energiudfordringer eller vandrensning, som tager udgangspunkt i en samfundsmæssig problemstilling, som en virksomhed arbejder professionelt med (Rebsdorf, 2021, s. 48).

Derimod præsenterer et andet studie et mere kritisk blik på, hvordan undervisningsforløb – udviklet af virksomheder til skoler – kan påvirke elevers læring og forestillinger om deres fremtidige liv. Studiet har undersøgt Legos undervisningsforløb City Shaper (Andersen et al., 2023; Knudsen et al., 2023). Studiet peger på, at der er muligheder i konceptet for at øge elevers livschancer ved at dekode elevernes selv-narrativer fra kategorier som køn, etnicitet og klassebaggrund (Andersen et al., 2023, s. 17). Dog viser undersøgelsen også, at der ligger en ekstrem forestilling om potentialisering i konceptet, hvor undervisning ikke ses som noget, der blot skal støtte barnet i at realisere én af de muligheder, der ligger i barnet. Undervisningen skal derimod "potentialisere barnet", hvilket indebærer, at barnet lærer, at alt er muligt. Det kan skabe usikkerhed hos eleverne, hvis de oplever, at de skal forholde sig åbne i ethvert valg, som de træffer om deres fremtid (Andersen et al., 2023; Knudsen et al. 2023).

Aktørerne i samarbejdet

Af de professionelle aktører involveret i samarbejdet mellem skole og virksomheder har lærerne fået mest opmærksomhed i litteraturen. Ud over lærerne har der også været foretaget undersøgelser af skoleledere og af kommunale medarbejdere og ledere. Litteraturens konklusioner om lærere, skoleledere og kommunale medarbejdere og ledere handler især om deres opgaver i samarbejdet og om deres kompetencer. Den omhandler både, *hvilke* kompetencer der er nødvendige for at kunne arbejde med skole-virksomhedssamarbejde, og *om* de har nødvendige kompetencer. Litteraturen fremhæver kompetencer, der på den ene side omfatter forbindende kompetencer til at netværke, forventningsafstemme og tillidsopbygge og på den anden side faglig viden

om og forankring i naturfagene samt kompetence til faglig koblingsdannelse. Samlet set viser litteraturen, at lærere mangler kompetencer til virksomhedssamarbejde. Virksomhedsmedarbejdere og -ledere samt tredjepartsaktører er mindst undersøgt. To kvantitative studier har sat fokus på virksomheder, og derudover er virksomhedsmedarbejdere fx interviewet i enkelte undersøgelser blandt flere aktører.

Kvantitative studier

Kvantitative surveys har interesseret sig for kendetegn ved aktørerne samt aktørernes oplevelser af samarbejdet og af deres egne og andres kompetencer til at varetage samarbejdet.

Kendetegn ved de virksomheder, der er involveret i samarbejde med grundskoler, er undersøgt med fokus på virksomheders brancher, geografiske placering og størrelse (Carlsen & Hermansen, 2023). Undersøgelsen er baseret på data fra de tre nationale aktører Naturvidenskabernes Hus, Engineer the Future og DA Åben virksomhed og har undersøgt de virksomheder, der indgår i samarbejde med skoler igennem de tre aktører. Undersøgelsen viser en spredning i brancher, men med fremstillingsvirksomheder, engroshandel og detailhandel samt bygge- og anlægsvirksomheder som de hyppigst repræsenterede brancher (Carlsen & Hermansen, 2023, s. 12). Virksomhedernes størrelse varierer og fordeler sig jævnt mellem mikrovirksomheder, små virksomheder, mellemstore virksomheder og store virksomheder, omend med mikrovirksomheder som den mindste kategori (Carlsen & Hermansen, 2023, s. 16). Virksomhederne ligger spredt i 72 af landets kommuner (Carlsen & Hermansen, 2023, s. 10).

Med fokus på virksomhedernes ønsker til samarbejdet viser et survey fra 2016 blandt 37 virksomheder, at der er velvillighed fra virksomhedernes side, men at virksomhederne samtidig ønsker mere kommunal facilitering af samarbejdet med skoler (Engineer the Future & Deloitte, 2016, s. 8).

Ser vi på lærerne og skolelederne, har andre spørgsmål været i fokus i de kvantitative surveys. Særligt oplevelsen af muligheder og barrierer for samarbejdet samt spørgsmålet om, hvorvidt lærerne har de nødvendige kompetencer, har været undersøgt. Naturvidenskabernes Hus og Rambølls undersøgelse fra 2022 viser, at 26-32 % af matematik- og naturfagslærerne selv mener, at de slet ikke eller kun i mindre grad føler sig klædt på til at samarbejde med virksomheder som led i undervisningen (Naturvidenskabernes Hus & Rambøll, 2022, s. 12). 36 % af de kommunale respondenter mener, at lærerne mangler kompetencer til at inddrage virksomheder (Naturvidenskabernes Hus & Rambøll, 2022, s. 43). Samtidig mener lærerne, at samarbejdet bidrager til deres egen udvikling, i form af at de gennem samarbejdet har fået ny inspiration til deres daglige undervisning (78 %) og ny faglig viden (71 %) (Naturvidenskabernes Hus & Rambøll, 2022, s. 17).

Skolelederforeningen og VFSA's survey fra 2017 viser, at skoleledere især ønsker, at samarbejdet skal være nemt og fagligt relevant (Skolelederforeningen & VFSA, 2017, s. 5). Udfordringerne for samarbejdet fremhæves som tidsforbrug til koordinering og behovet for at få etableret kontakter til virksomheder (Skolelederforeningen & VFSA, 2017, s. 8). Et lignende svarmønster blandt skoleledere ses i Naturvidenskabernes Hus og Rambølls spørgeskemaer til skoleledere, hvor nogle af de barrierer, der scorer højest, er, at de mangler kendskab, relationer eller kontakter til relevante virksomheder, at de mangler information om muligheder for skole-virksomhedssamarbejde, at det er for tidskrævende, samt at lærerne mangler kompetencer i forhold til at inddrage virksomheder meningsfuldt i undervisningen (Naturvidenskabernes Hus & Rambøll, 2022, s. 55).

Kvalitative studier

Virksomhedsmedarbejdere og -ledere fylder mindst i de eksisterende kvalitative undersøgelser. Ud over de to kvantitative studier, der har undersøgt henholdsvis virksomheders holdninger til samarbejdet (Engineer the Future & Deloitte, 2016) og virksomheders branche, størrelse og geografiske placering (Carlsen & Hermansen, 2023), har vi ikke fundet studier, der har haft virksomhedsmedarbejderen eller lederens praksis og kompetencebehov som det primære genstandsfelt.

Dog har nogle studier interviewet virksomhedsmedarbejdere om deres involvering i samarbejdet som en del af bredere undersøgelser (fx Grunwald, 2016, 2017b; Carlsen 2020, 2022a). De peger på, at virksomheders motiver kan være såvel en mulighed som en barriere i samarbejdet (Grunwald, 2017b, s. 25), og at vigtige drivkræfter for virksomheders involvering i samarbejdet bl.a. omfatter et engagement i fornyelse af uddannelse og i lokalsamfundet (Carlsen, 2020, 2022a).

Spørgsmålet om, hvilke kompetencer lærerne har brug for i samarbejdet, er især undersøgt med forankring i det naturvidenskabelige didaktiske forskningsmiljø. Her fremhæver en undersøgelse førnævnte koblingsdannelse som den centrale kompetence (Levinsen & Lindsay, 2022). Lærerens koblingsdannelse mellem virksomheden og skolens fag bliver udfordret af især samarbejdets innovative arbejdsprocesser, som stiller læreren i en position, hvor hun ikke på forhånd har mulighed for at orkestrere et netværk af sammenhænge mellem naturfaglige begreber og aktiviteter på virksomheden (Levinsen & Lindsay, 2022, s. 95). Det betyder, at læreren skal evne at skabe disse sammenhænge *in situ*, imens eleverne arbejder på virksomheden, for at være i stand til at yde eleverne umiddelbar støtte til selv at kunne se dem (Levinsen & Lindsay, 2022, s. 95).

At kontakte virksomheder er den største barriere for lærere, peger en kvalitativ undersøgelse på (Grunwald, 2017b, s. 44), hvilket også de kvantitative undersøgelser fremhæver (Skolelederforeningen & VFSA, 2017, s. 8; Naturvidenskabernes Hus & Rambøll, 2022, s. 55). Forventningsafstemning med virksomheden er et nøgleord i en

undersøgelse fra Danmarks Evalueringsinstitut af lærernes praksis (Danmarks Evalueringsinstitut, 2018, s. 7). I tråd hermed peger andre undersøgelser på, at lærerne skal kunne forbinde et fællesfagligt fokusområde, som gerne inddrager flere fag, med en virksomhed, hvis faglighed kan være meget specialiseret (Daugbjerg et al., 2018, s. 90; Binau & Elmeskov, 2021, s. 21). Her understreges behovet for forberedelse. Der er behov for, at læreren har tid til dialog med virksomheden om, hvilket indhold der gemmer sig i virksomhedens praksis, og om, hvordan det passer med de fælles faglige forløb og naturfagenes mål (Binau & Elmeskov, 2021, s. 21).

Lærere oplever en kontrast mellem virksomhedssamarbejdets udforskende, innovative arbejdsform og en traditionel undervisning, der indfrier mål til afgangsprøverne (Carlsen, 2020; Levinsen & Lindsay, 2022). Dette forholder sig anderledes, viser et andet studie, når der er tale om at bruge faste koncepter og undervisningsmaterialer udviklet af virksomheder. Dem oplever lærere derimod som plug and play og som noget, der giver sikkerhed for at indfri skolens mål (Cone, 2023).

Skolelederes ledelsespraksis i samarbejdet mellem grundskoler og erhvervsliv i Danmark er behandlet i Mathilde Hjerrild Carlsens ph.d.-afhandling, der undersøger, hvordan skoleledere engagerer lærere og virksomhedsmedarbejdere og -ledere i samarbejdet (Carlsen, 2020). Lederne forsøger at løse lærernes dilemma om at skulle arbejde i et åbent "eksplorativt engagement" med virksomheder og arbejde med effektiv forberedelse af eleverne til afgangsprøverne, der kræver et "planens engagement". Det gør lederne bl.a. ved at integrere skolens faglige mål i virksomhedssamarbejdet og igennem en risikoledelse, hvor lederen involverer sig i samarbejdsprojekterne og håndterer de risici, som lærerne oplever, at innovative samarbejdsprojekter kan indebære.

Undersøgelsen viser, at skolelederne forsøger at kombinere flere typer engagement: et planens engagement, et eksplorativt engagement og et familiært engagement. Ledelse af samarbejdet mellem skoler og virksomheder indebærer i det lys en faglig ledelse, der kombinerer målstyring med en udforskende ledelse. Derudover viser undersøgelsen en ledelsespraksis, der orienterer sig mod at skabe tillid og mod at binde deltagerne sammen i et fælles engagement ved at aktivere egne og deltagernes personlige tilknytninger til bestemte fagområder, især STEM-området (Carlsen, 2020, s. 226).

To kvalitative undersøgelser har kommunernes rolle i samarbejdet i centrum (Nationalt netværk af skoletjenester, 2019; Carlsen, 2022b). De kommunale medarbejdere, der arbejder med samarbejdet mellem skoler og virksomheder, har flere forskellige ansættelsesbetingelser og stillingsbetegnelser, herunder åben skole-konsulenter, erhvervsplaymakere, skolekonsulenter og pædagogiske konsulenter. Kommunale ledere, der har ansvar for opgaven, er dels forankret i skoleområdet, fx skolechefer, men i nogle tilfælde også i arbejdsmarkedsområdet (Nationalt netværk af skoletjenester, 2019; Carlsen, 2022b).

De kommunale medarbejders arbejde består, ifølge Nationalt netværk af skoletjenesters undersøgelse blandt 20 kommuner, i at etablere opsøgende dialog med virksomheder, formalisere aftaler med virksomheder, udarbejde indholdet i undervisningen, formidle aftaler på portaler eller andre platforme, følge op på forløb, udarbejde partnerskabsguide, udarbejde undervisningsmateriale, erfaringsopsamle fra skolerne og vidensdele, facilitere netværk, koordinere projekter og idéer fra skolerne, udvikle nye koncepter for skole-virksomhedssamarbejde og sikre, at formelle krav overholdes i samarbejde (Nationalt netværk af skoletjenester, 2019, s. 20). I tråd med det fremhæver kommunale skolechefer, ifølge Carlsens interviewundersøgelse for Naturvidenskabernes Hus blandt skolechefer i 10 kommuner, at den kommunale medarbejder skal have relationelle kompetencer for at fungere som bindeled. Derudover skal medarbejderen have viden om de faglige og praktiske betingelser, som såvel lærere som virksomhedsmedarbejdere arbejder under, for at kunne oversætte mellem skolens og virksomhedernes professionelle kontekst (Carlsen, 2022b, s. 33).

I gennemgangen af litteraturen til dette review er der også søgt efter viden om tredjepartsaktører, der agerer bindeled mellem grundskoler og virksomheder, fx non-profitorganisationer som Naturvidenskabernes Hus, faglige foreninger som Dansk Arbejdsgiverforening eller alliancer som Engineer the Future. Tredjepartsaktørers rolle i samskabelsesaktiviteter har i de seneste år fået mere opmærksomhed i den internationale litteratur på området (se fx Stadtler & Karakulak, 2020), men disse aktørers betydning i dansk sammenhæng har ikke været udforsket. Undersøgelserne blandt kommuner viser dog, at kommunerne bruger tredjepartsaktører til at understøtte deres samarbejde med virksomheder (Nationalt netværk af skoletjenester, 2019, s. 32; Carlsen, 2022b, s. 20-21).

Organisering af samarbejdet

Et spirende tema i de sidste fem års vidensproduktion om samarbejdet mellem grundskoler og private virksomheder i Danmark er organisering af samarbejdet, dels på kommunalt niveau og dels i et nationalt skolepolitisk perspektiv.

Kernespørgsmål har været, hvordan de danske kommuner organiserer arbejdet med denne særlige opgave for deres folkeskoler. Derudover har der været fokus på implikationerne af en nationalpolitisk styring af folkeskolen, der åbner for virksomheders indflydelse i folkeskolen, aktuelt især på STEM-området, igennem aftaler med store techvirksomheder og private fondsdonationer til skolen. Litteraturens konklusioner om, hvordan kommuner organiserer samarbejdet, viser en stor diversitet i organiseringen, der spænder mellem centrale og decentrale organiseringer, også inden for de enkelte kommuner. Kritiske advarsler gives i litteratur, der har undersøgt private

fondsdonationer samt samarbejdsaftaler med techvirksomheder, mod en “blød” privatisering og kommercialisering af skolen.

Kvantitative studier

Der er ikke gennemført kvantitative studier, der på landsplan tegner et samlet billede af, hvordan samarbejdet er organiseret. I forhold til kommunernes organisering af samarbejdet viser Naturvidenskabernes Hus og Rambølls survey (2022), at der er en bred variation. Nogle kommuner har en decentral organisering af samarbejdet, hvor det er op til den enkelte skole at etablere, koordinere og tilrettelægge skole-virksomhedssamarbejdet, og andre kommuner har en central styring, hvor kommunerne står for det opsøgende arbejde samt den efterfølgende koordinering og tilrettelæggelse af samarbejdet (Naturvidenskabernes Hus & Rambøll, 2022, s. 39).

Kvalitative studier

Kommunerne har fået en større rolle i samarbejdet siden ændringen af folkeskoleloven i 2017, der pålagde folkeskoler at samarbejde med virksomheder (Nationalt netværk af skoletjenester, 2019; Carlsen, 2022b).

Kommunerne bruger flere organisationsmodeller i samarbejdet, viser undersøgelsen fra Nationalt netværk af skoletjenester. Undersøgelsen beskriver, at der bl.a. er en “formel model”, en “projektorienteret model” og en “ekstern model” (Nationalt netværk af skoletjenester, 2019, s. 29-32). Hvad angår organisering af samarbejdet, viser Carlsens undersøgelse, at de kommunale skolechefer forsøger at balancere imellem disse to tilgange. De mener, at en central styring er med til at sikre, at alle elever får adgang til skole-virksomhedssamarbejde, mens de samtidig oplever, at der ligger vigtige ressourcer for samarbejdet i de lokale fællesskaber omkring den enkelte skole eller i de mindre bysamfund (Carlsen, 2022b, s. 19-23).

Flytter vi blikket fra organisering af samarbejdet på kommunalt niveau til litteratur, der har interesseret sig for samarbejdet som en særlig form for styring af folkeskolens undervisning, er centrale nøgleord neoliberal styring, privatisering, politik, lovgivning, magt, teknologier og kommercialisering (Cone, 2023; Schmidt, 2021). I 2013 blev det konkluderet, at en neoliberal “revolution” af skolen aldrig skete i Danmark (Wiborg, 2013, s. 420), men de nyere studier af samarbejdet mellem grundskole og erhvervsliv har set på andre aktuelle former for privatisering.

Disse studier kaster et kritisk blik på udviklingen og peger på, at et demokratisk problem kan følge, når store virksomheder får for stor indflydelse i folkeskolen igennem processer af “blød” privatisering og kommercialisering af uddannelse (Cone, 2023). Dette udfoldes i Lucas Cones ph.d.-afhandling, som har undersøgt aftaler mellem store techvirksomheder og folkeskolen, og som er optaget af, hvad der sker, når digitale teknologier, skolearrangementer, skolebestyrelser, datavarehuse, nationale

læringsmål, platformsudviklere og investeringsfonde finder sammen om at (per) forme offentlige skoler (Cone, 2023, s. 72). Afhandlingen peger på, at det, der giver digitale aktører en særlig kraft til at få plads i skolen, er deres konfiguration som naturlige, integrerede og økonomisk levedygtige aspekter af undervisning og læring (Cone, 2023, kap. 8).

Der opfordres til en lignende kritisk eftertanke over den private sektors indflydelse på grundskolen i et studie af fondes indflydelse i folkeskolen på STEM-området. Studiet er et dokumentstudie, der har undersøgt, hvilke værdier og interesser fondene har, og hvordan de får indflydelse på grundskoleområdet (Schmidt, 2021). Studiet diskuterer bl.a., hvordan STEM-akronymet får sin betydning, og konkluderer, at STEM-didaktikken først og fremmest udvikles inden for fondsstyrede projekter, og at STEM bl.a. defineres igennem fondenes valg af, hvilke projekter der bliver støttet (Schmidt, 2021, s. 34-35).

Diskussion

Litteraturreviewet viser en voksende interesse i forskningen i de seneste år for samarbejde mellem grundskoler og virksomheder i Danmark. Den stigende interesse for samarbejdet ses også i politiske initiativer, der fremmer praksisnær undervisning i naturfagene såvel som i andre fag.

Forskningen viser, at samarbejdet kan bidrage til at øge elevernes læring i naturfagene ved at tilbyde autentiske læringsmiljøer, der gør det muligt at forbinde skolens teoretiske indhold med sansemæssige oplevelser. Imidlertid fremhæver litteraturen også udfordringer, herunder at lærere mangler de nødvendige kompetencer til at skabe kontakt til virksomheder og til at sikre elevernes læringsudbytte. Der mangler viden om virksomhedernes rolle i samarbejdet.

Denne artikels review af litteraturen viser, at der er flere spørgsmål om samarbejdet, der er behov for at få udforsket fremover:

Virksomheders engagement

Reviewet af litteraturen viser, at der er brug for viden om virksomhedernes involvering og rolle i samarbejdet. Virksomhederne har kun fået relativt lidt opmærksomhed i de undersøgelser, der er gennemført. Forskellige deltagelsesformer synes at gælde for virksomhedernes samarbejde med grundskoler. Litteraturen vidner om lokalt forankrede samarbejdsprojekter, hvor virksomheder engagerer sig i lokal udvikling af grundskolen (fx Carlsen, 2022a), og fagspecifikke udviklingssamarbejder inden for naturfagene (fx Thomsen, 2016; Daugbjerg & Pedersen, 2018). Litteraturen vidner også om, at virksomheder udvikler og tilbyder egne undervisningskoncepter (fx Cone, 2023; Knudsen et al., 2023), såvel som økonomisk støtte fra virksomhedsforankrede fonde til aktiviteter i skolen på landsplan (Fondenes Videnscenter, 2023).

Der mangler uddybende viden om virksomhedernes forskellige deltagelsesformer i samarbejdet med skolerne. Der mangler viden om virksomhedernes strategier og organiseringen af deres samarbejde med skolerne og også viden om virksomhedsledere og -medarbejders praksis i samarbejdet, herunder hvad de vægter i samarbejdet, hvilke roller de har, og hvilke kompetencer samarbejdet kræver af dem.

Manglen på viden om virksomhederne er en udfordring, fordi virksomhedernes strategier, organisering og praksis i samarbejdet kan have betydning for de krav, som samarbejdet stiller til de øvrige aktører, samt for elevernes læringsudbytte. Samarbejdet med virksomheder er i dag et lovkrav for skoler, samtidig med at virksomhedernes deltagelse er frivillig, og skolerne er afhængige af virksomhedernes motivation for og kompetencer til at samarbejde. Derudover viser reviewet, at skoleledere oplever, at mangel på kendskab og relationer til virksomheder er en af de største barrierer for samarbejdet (Grunwald, 2017b, s. 44; Skolelederforeningen & VFSA, 2017, s. 8; Naturvidenskabernes Hus & Rambøll, 2022, s. 55).

Fremadrettet forskning bør udforske virksomheders motivationer og deltagelsesformer i samarbejdet, samt hvordan virksomheder kan støttes i at engagere sig i grunduddannelse, så samarbejdet giver værdi for både elever og virksomheder.

Veje til læring

Samarbejde mellem skoler og virksomheder fremhæves i den naturfagsdidaktiske litteratur som en kilde til at berige naturfagsundervisning og elevers læring. Samarbejdet indfører eleverne i autentiske problemstillinger og arbejdsprocesser. Sanseoplevelser og mødet med virksomhedsmedarbejdere styrker elevernes naturfaglige læring (Thomsen, 2016; Grunwald, 2017; Danmarks Evalueringsinstitut, 2018; Daugbjerg & Pedersen, 2018; Levinsen & Lindsay, 2022). Derimod peger andre undersøgelser – af et forløb om leg og af digitale undervisningsplatforme – på risici for mangel på pædagogisk kvalitet og negative implikationer for elevernes selv-narrativer om deres fremtid (Andersen et al., 2023; Cone, 2023; Knudsen et al., 2023).

En væsentlig forskel mellem studierne af naturfaglige forløb og undersøgelserne af leg og af platforme er, at de naturfaglige forløb har taget form som mere åbne samarbejdsprocesser, mens de andre er forløb med en fastlagt ramme og et fastlagt indhold. I det lys melder spørgsmål sig om de muligheder og udfordringer for elevernes læringsbytte, der kan være forbundet med henholdsvis åbne udviklingsprocesser og virksomheders konceptualiserede forløb.

Litteraturen peger i retning af et behov for yderligere forskning i, hvordan forskellige undervisningsaktiviteter med virksomheder påvirker elevernes faglige udbytte, motivation og forestillinger om egen fremtid. Desuden er der et behov for at undersøge, hvilke pædagogiske strategier der bedst muligt kan aktivere elevernes sanser i

forbindelse med virksomhedssamarbejde, da litteraturen særligt peger på et lærings-potentiale i sanseoplevelserne.

Læreres kompetencebehov

Virksomhedernes læringsmiljøer åbner ikke af sig selv for læring, peger den reviewede litteratur på, men kræver lærernes facilitering (Daugbjerg & Pedersen, 2018; Levinsen & Lindsay, 2022). Litteraturen viser, at lærere og kommunale medarbejdere oplever, at lærere ikke har tilstrækkelige kompetencer til samarbejdet (Naturvidenskabernes Hus & Rambøll, 2022). Samtidig mangler der uddybende viden om, hvilke kompetencer lærerne har brug for, og om, hvordan de bedst får de kompetencer. Litteraturen peger i retning af flere kompetencer, der er nødvendige for at integrere skole-virksomhedssamarbejdet i undervisningen. Nogle undersøgelser peger på forbindende, netværks-skabende og relationelle kompetencer (fx Danmarks Evalueringsinstitut, 2018, s. 7), og andre peger på faglig koblingsdannelse (fx Levinsen & Lindsay, 2022, s. 95).

Der er et uudnyttet potentiale i at forstå, hvordan lærerne bedst skaber og opretholder kontakt til virksomheder, da det i litteraturen udpeges som en af de største barrierer i samarbejdet (Grunwald, 2017b; Skolelederforeningen & VFSA, 2017; Naturvidenskabernes Hus & Rambøll, 2022). Den barriere gælder især i åbne samarbejder, hvor lærere og virksomheder selv står for kontakten med hinanden og for at sætte rammerne for deres samarbejde.

Lærere oplever det desuden som udfordrende at forene åbne, udforskende samarbejdsaktiviteter med skolens faglige mål (Carlsen, 2020; Levinsen & Lindsay, 2022). Denne oplevelse "synes at have rod i et konstrueret modsætningsforhold mellem traditionel undervisning, der forbindes med 'rigtig' faglighed på den ene side og innovativ undervisning på den anden." (Levinson & Lindsay, 2022, s. 95). Derimod oplever lærere virksomheders udbud af digitale platforme med strukturerede forløb som plug and play og som noget, der giver sikkerhed for at indfri skolens mål (Cone, 2023). Ser vi på tværs af litteraturen, ser det ud til, at det kræver et mere komplekst arbejde af lærere og ledere at gå ind i et samarbejde med virksomheder, hvor aktiviteten ikke er fastlagt på forhånd, set i forhold til at bruge virksomheders fastlagte strukturerede forløb, og at et åbent samarbejde kan synes at udfordre lærerne.

Denne forskel i lærernes oplevelser mellem åbne, udforskende virksomhedssamarbejder og virksomheders fastlagte undervisningskoncepter er væsentlig at bemærke, fordi undersøgelserne af det konceptualiserede forløb om leg (Andersen et al., 2023; Knudsen et al., 2023) og brugen af techvirksomheders digitale platforme (Cone, 2023), der kan opleves nemmere for lærerne at træde ind i, ikke har entydigt positive konklusioner om elevernes læring.

Fremadrettet forskning bør undersøge, hvordan lærere kan klædes på til at indgå i samarbejde med virksomheder og anvende virksomhedsudviklede undervisningsaktiviteter, så det understøtter elevernes udbytte af samarbejdet.

Organisering mellem lokalt samarbejde og national skolepolitik

Reviewet af litteraturen åbner for problemstillinger om organisering af samarbejdet i spændingsfeltet mellem lokalt forankrede samarbejder og national styring af samarbejdet samt om betydningen af virksomhedernes størrelse for samarbejdet.

Både små, mellemstore og store virksomheder indgår i samarbejde med skoler (Carlsen & Hermansen, 2023), men betydningen af virksomhedernes størrelse for samarbejdet med lærerne og for elevernes læring er ikke undersøgt. Policystudier, der i et kritisk lys peger på udfordringer i en kommercialisering af uddannelse og i magtforholdet mellem erhvervsliv og skole, har især studeret store virksomheders undervisningsforløb og fondsstøtte (fx Cone, 2023; Schmidt, 2021), mens naturfagsdidaktiske studier, der i et positivt lys peger på elevers udbytte i form af faglig læring og motivation, især har studeret enkeltstående lokale samarbejder (fx Thomsen, 2016; Grunwald, 2017a, 2017b). Samtidig mangler der helt viden om tredjepartsaktørers rolle i samarbejdet. Væsentlige spørgsmål melder sig i det lys om, hvordan samarbejdet kan styres i spændingsfeltet mellem lokalt engagement omkring den enkelte skole eller det enkelte projekt og national skolepolitik, om tredjepartsaktørers rolle og om, hvordan kommuner kan organisere samarbejdet på en måde, der tager højde for den store variation i størrelser og brancher mellem virksomheder involveret i grundskolen.

Konklusioner

Stigningen i antallet af publikationer i de seneste år om samarbejde mellem grundskoler og private virksomheder i Danmark vidner om en aktuelt intensiveret indsats flere steder fra for at producere empiriske studier, der kan give viden om samarbejdet. Interesse og forventninger til samarbejdets potentialer ses også i politiske initiativer, der fremmer praksisnær undervisning i naturfagene såvel som i andre fag.

Denne artikel har gennemgået litteraturen om samarbejde mellem grundskoler og private virksomheder i Danmark. På baggrund af reviewet har artiklen udfoldet vidensfeltets kendetegn. Artiklen har bygget bro mellem den gennemgængende litteraturs indgange til at behandle emnet, fx naturfagsdidaktisk forskning og ledelsesforskning, og har diskuteret litteraturens konklusioner om samarbejdets udbredelse og betydning for elevers læring, samarbejdets aktører samt organisering af samarbejdet.

Feltet er kendetegnet ved, at flere forskere og praktikere fra institutionelt relativt adskilte vidensmiljøer i samme periode har engageret sig i emnet og har bidraget til den samlede vidensproduktion med forskelligt fagligt afsæt. Det peger i retning af

en interesse i samarbejdet mellem skoler og virksomheder, hvor der kan være uudnyttede potentialer for tværgående vidensproduktion om de spørgsmål, der mangler viden om. Her kan de spørgsmål, som vi har identificeret i diskussionsafsnittet – om virksomheders engagement, læreres kompetencer, samarbejdets potentiale for læring og organiseringen af samarbejdet – udforskes på tværs af forskning inden for ledelse, organisation, politik, professioner, læring og naturfagsdidaktik.

Den reviewede forskning viser, at samarbejdet kan bidrage til at øge elevernes læring i naturfagene ved at tilbyde autentiske læringsmiljøer, der gør det muligt at forbinde skolens teoretiske indhold med sanselige oplevelser. Imidlertid viser litteraturen også udfordringer, herunder at lærerne mangler de nødvendige kompetencer til at skabe og vedligeholde kontakt til virksomheder og til at sikre elevernes læringsudbytte af samarbejdet. Reviewet har åbnet for spørgsmål til fremtidig forskning. Det peger på et behov for viden om virksomheders engagement i samarbejdet samt om læreres kompetencer. Det peger også på behov for viden om sammenhænge mellem samarbejdets åbenhed versus konceptualisering og elevernes læringsudbytte samt viden om organisering af samarbejdet set i lyset af mangfoldigheden af størrelser og brancher blandt virksomheder, der aktuelt er involveret i grundskolen.

Referencer

- Andersen, N.Å., Knudsen, H. & Sandager, J. (2023). Potentialising the potential: Dream of everything you can become, and become everything you dream of. *European Educational Research Journal*, 23(4), 578-597. <https://doi.org/10.1177/14749041231167063>
- Binau, C.F. & Elmeskov, D.C. (2021). *Evaluering af Sammen skaber vi fremtidens skole. Når lærere samarbejder med virksomheder om at udvikle undervisningsforløb i naturfagene*. NEUC. <https://neuc.dk/wp-content/uploads/2021/11/afsluttende-rapport-fremtidens-skole-juni-2021-final.pdf>
- Børne- og Undervisningsministeriet. (2024a). *Uddannelse og job i udskolingen*. <https://www.uvm.dk/folkeskolen/fag-timetale-og-overgange/udskoling/uddannelse-og-job>
- Børne- og Undervisningsministeriet. (2024b). *Aftale mellem regeringen (Socialdemokratiet, Venstre og Moderaterne) og Liberal Alliance, Det Konservative Folkeparti, Radikale Venstre og Dansk Folkeparti om folkeskolens kvalitetsprogram – frihed og fordybelse*, jf. <https://www.uvm.dk/-/media/filer/uvm/aktuelt/pdf24/mar/240320-aftale-om-folkeskolens-kvalitetsprogram-%E2%80%93-frihed-og-fordybelse.pdf>
- Børne- og Undervisningsministeriet. (2024c). *Den åbne skole*. <https://www.uvm.dk/folkeskolen/laering-og-laeringsmiljoe/den-aabne-skole>
- Carlsen, M.H. (2020). *Ledelse af engagementer. En undersøgelse af samarbejde mellem folkeskoler og virksomheder i Danmark*. Ph.d.-afhandling, Copenhagen Business School. https://research-api.cbs.dk/ws/portalfiles/portal/62711763/mathilde_hjerrild_carlsen_phd_series_28_2020.pdf

- Carlsen, M.H. (2022a). Familiar strangers: Managing engagements in public-private partnerships in education. *Nordic Journal of Studies in Educational Policy*, 8(2), 119-132. <https://doi.org/10.1080/20020317.2021.1950329>
- Carlsen, M.H. (2022b). *Kommunal organisering af samarbejde mellem skoler og virksomheder*. Naturvidenskabernes Hus. <https://nvhus.dk/wp-content/uploads/2023/02/mathilde-hjerrild-carlsen-2022-kommunal-organisering-af-samarbejde-mellem-skoller-og-virksomheder.pdf>
- Carlsen, M.H. & Hermansen, J.J. (2023). *Virksomheder i samarbejde med skoler – geografi, brancher og størrelse*. Naturvidenskabernes Hus. <https://nvhus.dk/wp-content/uploads/2023/12/Virksomheder-i-samarbejde-med-skoler-geografi-brancher-og-stoerrelse-Hjerrild-Carlsen-2023.pdf>
- Cone, L. (2023). *Plug and play pedagogy: Exploring the messy realities of smart technology in a Danish public school*. Ph.d.-afhandling, Aarhus Universitet. https://curis.ku.dk/ws/portalfiles/portal/383625054/Plug_and_Play_Pedagogy_Cone_PhD_Dissertation.pdf
- Danmarks Evalueringsinstitut. (2018). *Skolernes samarbejde med erhvervslivet – fokus på elevernes læring i den åbne skole*. <https://eva.dk/Media/638481691755706383/Skolernes%20samarbejde%20med%20erhvervslivet%20-%20Fokus%20pa%20elevernes%20l%C3%A6ring%20i%20den%20abne%20skole.pdf>
- Daugbjerg, P. & Pedersen, T. (2018). Sammen skaber vi fremtidens skole – et projekt om skole-virksomhedssamarbejde. *MONA*, 2018(1), 40-55. <https://tidsskrift.dk/mona/article/view/104472/153366>
- Daugbjerg, P., Pedersen, T. & Mikkelsen, T. (2018). Skole-virksomhedssamarbejde og den fællesfaglige undervisning. *MONA*, 2018(4), 82-92. <https://tidsskrift.dk/mona/article/view/111337/160389>
- Dolin, J. (2003). *Fysikfaget i forandring – læring og undervisning i fysik i gymnasiet med fokus på dialogiske processer, autenticitet og kompetenceudvikling*. Tekster fra IMFUFA, nr. 415. Roskilde Universitet. https://rucforsk.ruc.dk/ws/portalfiles/portal/2051758/IMFUFA_415.pdf
- Engineer the Future & Deloitte (2016). *Skole-virksomhedssamarbejde – en del af løsningen*.
- Fondenens Videnscenter. (2023). *Fondenens bevillinger til uddannelse og folkeoplysning 2017-2021*. https://fondenensvidenscenter.dk/app/uploads/Fondes-bevillinger-til-uddannelses-og-folkeoplysningsformaal-2017-2021_FVC94.pdf
- Grant, M.J. & Booth, A. (2009). A typology of reviews: An analysis of 14 review types and associated methodologies. *Health Information and Libraries Journal*, 26(2), 91-108. <https://doi.org/10.1111/j.1471-1842.2009.00848.x>
- Greenhalgh T. & Peacock R. (2005). Effectiveness and efficiency of search methods in systematic reviews of complex evidence: Audit of primary sources. *BMJ*, 331(7524), 1064-1065. <https://doi.org/10.1136/bmj.38636.593461.68>
- Grunwald, A. (2016). *Naturfagenes og ingeniøruddannelsernes attraktivitet – set fra et inter-organisatorisk læringsperspektiv*. Ph.d.-afhandling, Aalborg Universitet. <https://doi.org/10.5278/vbn.phd.engsci.00081>

- Grunwald, A. (2017a). *Læring i virkeligheden – praksisnære undervisningsnetværk til styrkelse af folkeskoleelevers interesse for klima og naturfag. Rapport 1 – praksiseksempler*. Aalborg Universitet. https://vbn.aau.dk/ws/portalfiles/portal/259235627/L_ring_i_Virkeligheden_rapport_1_.pdf
- Grunwald, A. (2017b). *Læring i virkeligheden – praksisnære undervisningsnetværk til styrkelse af folkeskoleelevers interesse for klima og naturfag. Rapport 2 – barrierer, muligheder og værktøjer*. Aalborg Universitet. https://vbn.aau.dk/ws/portalfiles/portal/258975535/Laering_i_virkeligheden_Rapport_2_Barrierer_og_muligheder.pdf
- Knudsen, H., Andersen, N.Å. & Sandager, J. (2023). Du bør drømme om alt, hvad du kan blive – og blive alt, hvad du drømmer om. I H. Knudsen, J.E. Kristensen & J.B. Nielsen (red.), *Leg på spil i pædagogik og uddannelse* (s. 121-143). Akademisk Forlag.
- Krogh, L.B. & Andersen, H.M. (2016). *Fagdidaktik i naturfag*. Frydenlund.
- Levensen, H. & Lindsay, T.S. (2022). Skole-virksomhedssamarbejde i naturfagene – erfaringer fra et projektbaseret innovativt undervisningsforløb. *NorDiNa*, 18(1), 82-97. <https://doi.org/10.5617/NORDINA.8337>
- Lov om ændring af lov om Arbejdsgivernes Uddannelsesbidrag, lov om erhvervsuddannelser, lov om folkeskolen og forskellige andre love. (2017). LOV nr. 706 af 08/06/2017. Undervisningsministeriet. <https://www.retsinformation.dk/eli/lta/2017/706>
- Nationalt netværk af skoletjenester. (2019). *Skole-virksomhedssamarbejde med kommunal forankring – en undersøgelse af organiseringer og erfaringer*. https://slks.dk/fileadmin/user_upload/SLKS/Services/Publikationer/Skole-virksomhedssamarbejde_med_kommunal_forankring_final.pdf
- Naturvidenskabernes Hus & Rambøll. (2022). *Kortlægning af skole-virksomhedssamarbejde*. https://nvhus.dk/wp-content/uploads/2023/02/rapport_kortlaegning-af-skole-virksomhedssamarbejde.pdf
- Rebsdorf, S.O. (2021). Idéer, sanser og forestillingskraft i naturfagene. *Liv i Skolen*, 23(3), 46-57. <https://www.via.dk/-/media/VIA/efter-og-videreuddannelse/paedagogik-og-laering/liv-i-skolen/magasiner-tidsskrifter/3-2021-forestillingskraft-i-skolen-hele-magasinet.pdf>
- Schmidt, J.R. (2021). STEMificering og fondes filantropiststrategier. I S. Elmoose (red.), *Naturfag i et spændingsfelt – kritiske perspektiver på aktuelle tendenser* (s. 9-39). Dafolo.
- Skolelederforeningen & VFSA. (2017). *Undersøgelse af folkeskolens samarbejde med virksomheder*. <https://via.ritzau.dk/files/13561676/13761134/53433/da>
- Stadtler, L. & Karakulak, Ö. (2020). Broker organizations to facilitate cross-sector collaboration: At the crossroad of strengthening and weakening effects. *Public Administration Review*, 80(3), 360-380. <https://doi.org/10.1111/puar.13174>
- Thomsen, A.V. (2016). *Eksterne partnere i naturfagsundervisningen. Skole-virksomhedssamarbejde – elevers læringsudbytter i naturfag ved samarbejde med virksomheder og mødet med autentisk praksis uden for skolen*. Ph.d.-afhandling, DPU, Aarhus Universitet.

- Thomsen, A.V. (2020). Skole-virksomhedssamarbejde i naturfag – autenticitet og varighed. I L.E.D. Knudsen, M. Fredslund, A.V. Thomsen & L.L. Jensen (red.), *Åben skole* (s. 228-249). Syddansk Universitetsforlag.
- Thomsen, A.V. (2022). Skole-virksomhedssamarbejde i naturfag. I S.S. Fougst, M. Misfeldt, T. Hanghøj & J. Bundsgaard (red.), *Håndbog i scenariedidaktik* (s. 274-287). Aarhus Universitetsforlag.
- Undervisningsministeriet (2017). Lov om ændring af lov om Arbejdsgivernes Uddannelsesbidrag, lov om erhvervsuddannelser, lov om folkeskolen og forskellige andre love. LOV nr 706 af 08/06/2017. §3 nr 1.
- Wiborg, S. (2013). Neo-liberalism and universal state education: The cases of Denmark, Norway and Sweden 1980-2011. *Comparative Education*, 49(4), 407-423. <https://doi.org/10.1080/03050068.2012.700436>

English abstract

Collaboration between schools and private companies is gaining attention in Denmark, both politically and in practice, particularly as a didactic tool in STEM subjects. However, what systematic knowledge exists regarding the contributions and challenges of these collaborations in a Danish context? This review article maps and discuss the existing literature on the collaboration's 1) Distribution, 2) Learning, 3) Actors and 4) Organization. Studies on science didactics position collaboration as a potential avenue for authentic and relevant teaching, while other studies critically assess the impact of the collaboration. The article explores the literature's conclusions about the roles of teachers, school managers, companies, and municipalities, and the organization of the collaboration. There is a need for further knowledge about companies' commitment and teachers' competencies.

Undervisning i matematisk opmærksomhed – set fra børnehaveklasselederes perspektiv



Birgitte Henriksen,
Danmarks institut for
Pædagogik og Uddannelse
og Københavns
Professionshøjskole

Abstract: *Førskoleområdet for børn i alderen 0-6 år er både internationalt og nationalt under forandring. I den danske børnehaveklasse blev der i 2014 indført en ny bekendtgørelse, som omfatter elevers læring af matematisk opmærksomhed. Børnehaveklasselederne er de centrale professionelle, der har indflydelse på undervisningen. Dette studie bygger teoretisk på Shulmans (1987) og Ball et al.s (2008) rammeværk for lærerviden (teacher knowledge). Den metodiske tilgang er kvalitativ og består af interviews med fire børnehaveklasseledere. En tematisk analyse har identificeret tre temaer, hvor hovedresultaterne viser, at børnehaveklasselederne bygger på deres pædagogiske viden og kompenserer for manglende matematikdidaktisk viden ved brug af en lærebog.*

Introduktion

Formålet med dette studie er at undersøge, hvordan bekendtgørelsen fra 2014 (Bekendtgørelsen for børnehaveklassen, 2014) påvirker realiseringen af undervisningen i matematisk opmærksomhed i børnehaveklassen, baseret på interviews med fire børnehaveklasseledere.¹

I mange år har der været sociale og pædagogiske retningslinjer for arbejdet med mindre børn, men læreplaner for førskolen er en nyere udvikling på nationalt plan i OECD-landene (Samuelsson et al., 2006).

Forskellige incitamenter fremføres i litteraturen for at skærpe retningslinjerne for mindre børns tidlige (matematiske) læring. I en OECD-publikation (2006, s. 12) fremhæves et økonomisk rettet incitament for at fokusere på “early childhood education and care”. Nogle fremhæver børns gode kognitive forudsætninger for at lære i en tidlig

1 Artiklen indgår i en ph.d.-afhandling, som bredt undersøger børnehaveklasselederes undervisning i matematisk opmærksomhed.

alder (fx Broström, 2019), og at mindre børn udviser kompetencer inden for matematik (Clements & Sarama, 2018). Andre studier fremhæver den tidlige matematiklæring som afgørende for senere matematikpræstationer (Duncan et al., 2007; Watts et al., 2014). Sunde (2022) fremhæver desuden, at regnestrategier i 1. klasse påvirker regning i 4. klasse, hvilket understøtter behovet for at rette fokus mod den tidlige progression fra børnehaveklasse og frem.

Samtidig påpeger internationale undersøgelser, at nye nationale krav fører førskoleområdet i en mere akademiseret retning. Studier af den svenske førskoleklasse (børnehaveklasse), der ligesom den danske følger en nordisk tradition med fokus på børns brede udviklingsbehov (Broström, 2017; OECD, 2006), indikerer, at skolens agenda skubbes nedad efter indførelsen af den nationale læreplan i 2016 (Skolverket, 2016). Undersøgelserne viser, at førskoleklassen bevæger sig mod en mere akademisk og skoleforberedende rolle (c 2016), at förskollärare (pædagoger) i førskoleklassen (børnehaveklassen) tilpasser sig skolens undervisningsstruktur frem for förskolens (børnehavens) aktivitetsorienterede organisering (Aminoff, 2017), samt at tiden i førskoleklassen i stigende grad er skemalagt og opdelt i skolefagsrelaterede emner (Ekström, 2018). Derudover er førskoleklassen i risiko for at opleve "stoftrængsel" (Lago et al., 2018), en tendens, der også ses i en angelsaksisk uddannelsestradition. Et nordamerikansk longitudinelt studie med data fra "preschool classrooms" for 5-6-årige viser en lignende udvikling, hvor øget fokus på faglige færdigheder medfører færre muligheder for leg (Bassok et al., 2016). I 2014 blev bekendtgørelsen for den danske børnehaveklasse skærpet med matematisk opmærksomhed som reference for mål inden for elevers matematiklæring (Bekendtgørelsen for børnehaveklassen, 2014; Vejleskov, u.å. På trods af denne skærpelse er feltet dog stadig sparsomt udforsket (Broström & Frøkjær, 2018).

Børnehaveklassen og matematisk opmærksomhed

Danmark følger den samme udvikling som de øvrige OECD-lande, idet børnehaveklassen er blevet obligatorisk (Folkeskoleloven, 2009). Mål for elevers læring fastlægges gennem seks såkaldte kompetenceområder, som udgør grundlaget for undervisningens indhold og læring. Kompetenceområderne omfatter sprog, matematisk opmærksomhed, naturfaglige fænomener, kreative og musiske udtryksformer, krop og bevægelse samt engagement og fællesskab (Bekendtgørelsen for børnehaveklassen, 2014). Grundet faghæftets formulering "Børnehaveklassen skal forstås som ét fag og ikke som en årgang, hvor der undervises i forskellige fag" (Børne- og Undervisningsministeriet, 2019, s. 20) vurderes det, at termen kompetenceområde er valgt med henblik på at adskille børnehaveklassens fleksible praksis fra den fagopdelte skole. Et eksempel på dette "ét fag" er, hvordan matematisk opmærksomhed kan integreres med naturfaglige fænomener, når der grupperes og kategoriseres, samt med kreative udtryksformer som billeder og figurer.

Desuden fremhæves det i børnehaveklassens formål, at “Leg skal udgøre et centralt element i undervisningen med vægt på legens egenverdi og læring gennem leg og legelignende aktiviteter” (Bekendtgørelsen for børnehaveklassen, 2014, § 1, stk. 2). Et af de seks kompetenceområder er benævnt matematisk opmærksomhed og er bestemt ved kompetencemålet “Eleven kan anvende tal og geometrisk sprog i hverdagssituationer” (Bekendtgørelsen for børnehaveklassen, 2014, bilag 1). Matematisk opmærksomhed dækker fire færdigheds- og vidensområder: tal, antal, figurer og mønstre samt sprog og tankegang. Området sprog og tankegang lægger vægt på, at eleverne arbejder med enkle mundtlige forklaringer inden for matematik. Imidlertid uddybes udtrykket matematisk opmærksomhed ikke yderligere i bekendtgørelsen (Bekendtgørelsen for børnehaveklassen, 2014). Forskningslitteraturen peger på, at matematisk opmærksomhed ikke er medfødt, men udvikles gennem sociale relationer og interaktioner. Gattegno (1987) fremhæver betydningen af aktiv deltagelse og refleksion, mens Hewitt (2001) understreger vigtigheden af verbal kommunikation og kognitivt udfordrende opgaver i undervisningen. Kaenders et al. (2011) foreslår en model med tre dimensioner, der kombinerer færdigheder, stofindhold og tænkning såsom at forklare, og Mulligan og Mitchelmore (2013) fremhæver tidlig opmærksomhed på mønstre og strukturer som grundlag for udvikling af matematisk tænkning. I en dansk kontekst understreger Broström og Frøkjær (2018), at matematisk opmærksomhed udvikles gennem interaktion med voksne. På denne baggrund formuleres en arbejdsdefinition for matematisk opmærksomhed i børnehaveklassen:

Matematisk opmærksomhed kan forstås som en opmærksomhedsfunktion, som elever udvikler i verbal kommunikation med børnehaveklasseledere gennem legende aktiviteter angående tal, antal, figurer og mønstre.

Børnehaveklasseledere er forpligtet til at undervise i matematisk opmærksomhed, som ifølge Folkeskoleloven (2021, § 29) kræver en pædagogisk uddannelse. Da matematisk opmærksomhed først blev nævnt i pædagoguddannelsens bekendtgørelse i 2017, har de fleste børnehaveklasseledere ikke modtaget specifik undervisning i dette område. Den tidligere formand for Børnehaveklasseforeningen Pia Jessen har gentagne gange understreget behovet for videreuddannelse med fokus på matematikdidaktik (Trier, 2010; Trier, 2021), hvilket også understøttes af et studie (Henriksen, 2022). Ginsburg et al. (2008) fremhæver, at matematikundervisning af yngre børn ofte undervurderes, og at der er et presserende behov for professionel kvalificering. Bekendtgørelsen fra 2014 har således ændret kravene til børnehaveklasseledernes professionsviden, hvilket fører til følgende forskningsspørgsmål:

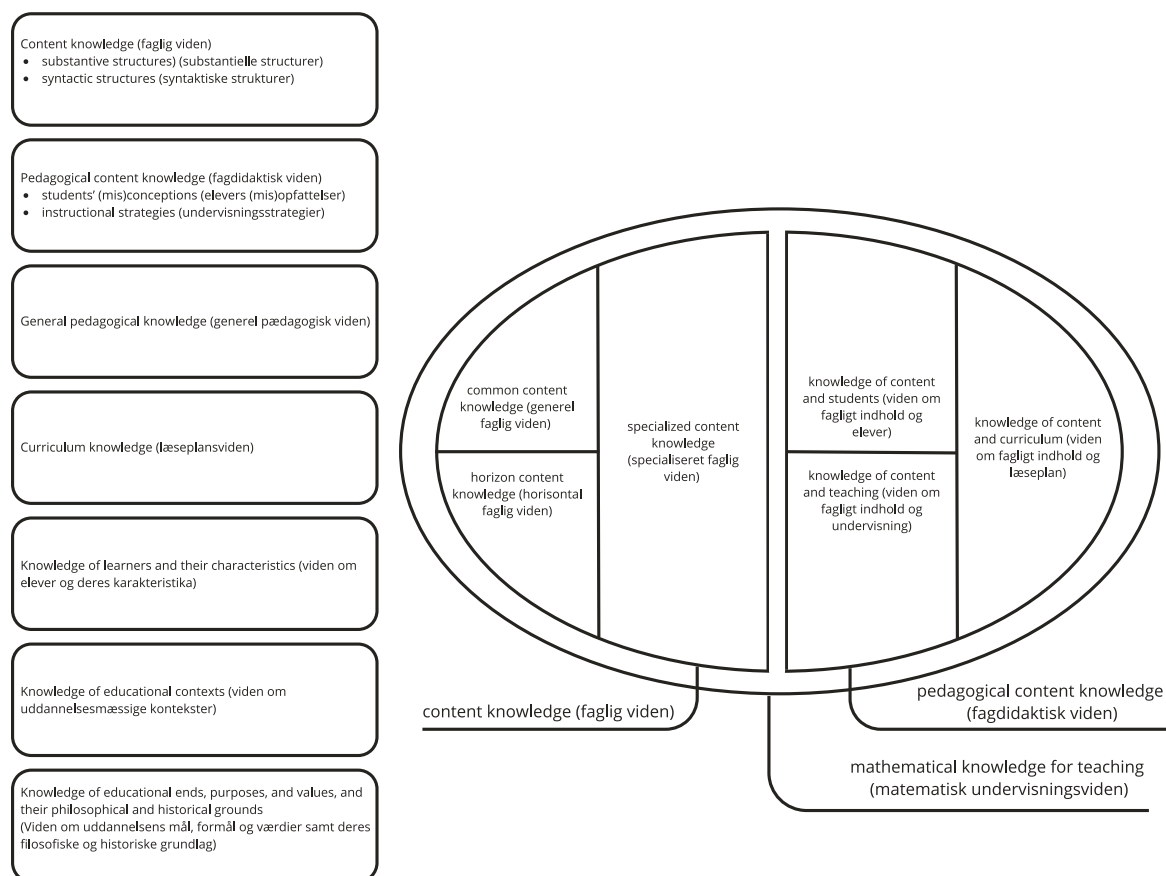
Hvordan udtrykker børnehaveklasseledere, at de underviser i matematisk opmærksomhed i form af Shulmans (1987) og Ball et al. s (2008) kategorier af lærerviden (teacher knowledge)? I særdeleshed: Hvilke kategorier af lærerviden udtrykker børnehaveklasseledere, at de bygger på og udfordres af i deres realisering af undervisningen i matematisk opmærksomhed?

Teoretiske perspektiver på lærerviden

Professionen som børnehaveklasseleder er under forandring, hvilket kræver en dybere forståelse af det professionelle terræn, der nu betrædes. Ball og Cohen (1999) påpeger, at "en forståelse af selve praksis og af, hvad der kræves for at praktisere godt, bør danne grundlaget for professionsuddannelsen" (s. 12, egen oversættelse). Bekendtgørelsen for børnehaveklassen fra 2014 skaber et behov for dybere indsigt i de krav og forventninger, som professionen indebærer. Kravet til børnehaveklasselederes professionsviden har traditionelt været pædagogisk bredt, men indeholder nu også krav om at arbejde med specifikke mål for elevers matematiklæring i en obligatorisk undervisning. Det er et krav, som typisk identificeres i en lærerprofession, men som nu også stilles til børnehaveklasseledere.

Undervisning i børnehaveklassen stiller imidlertid til dels andre krav til professionsviden end den fagopdelte undervisning i skolen, hvor undervisningen varetages af faglærere. Ifølge bekendtgørelsen (Bekendtgørelsen for børnehaveklassen, 2014) og faghæftet (Børne- og Undervisningsministeriet, 2019) udgør børnehaveklassen ét fag med seks kompetenceområder og har til formål at anvende en legende tilgang i undervisningen. Teorien fra Ball et al. (2008), baseret på empiriske studier i matematikundervisning, er ikke tilstrækkelig i denne kontekst. En kombination af Shulmans (1987) generelle pædagogiske kategorier og Ball et al.s (2008) matematikdidaktiske kategorier af lærerviden er nødvendig. Arbejdsdefinitionen af "matematisk opmærksomhed" relaterer sig til disse kategorier, hvor både generel pædagogisk viden og specifik matematisk lærerviden er afgørende for at realisere undervisningen.

Figur 1, udarbejdet af Depaepe et al. (2013), viser relationen mellem Shulmans (1987) generelle lærerviden og Ball et al.s (2008) specifikke ramme for matematiklærerviden, "mathematical knowledge for teaching". Til venstre ses Shulmans oprindelige kategorier såsom "content knowledge" og "pedagogical content knowledge". Til højre viser Ball et al. en videreudvikling af disse to kategorier i seks underkategorier, som forfiner Shulmans ramme ud fra deres empiriske fund.



Figur 1. Relationen mellem Shulmans (1987) og Ball et al. s (2008) konceptualisering af lærer-viden (Depaepe et al., 2013, s. 14). Alle engelske termer er oversat til dansk (egen oversættelse).

Denne artikel anvender de engelske betegnelser for kategorierne, da disse er almindelig udbredt, og betegnelserne står herefter med kursivskrift.

Shulman (1987) beskriver *content knowledge* som viden om et fags stofområder, viden om fagets indre forbindelser mellem stofområder og derudover viden om den faglige disciplin, det vil sige, hvordan viden legitimeres i faget. Kategorien omfatter også viden om, hvilke emner der er centrale i et fagligt område, og hvilke der er mere perifere. Arbejdsdefinitionen relaterer sig til denne kategori, idet den beskriver matematisk opmærksomhed som den viden, der udgør fundamentet for undervisningen.

Ball et al. (2008) videreudvikler denne kategori til tre underkategorier, der omfatter *specialized content knowledge*, *common content knowledge* og *horizon content knowledge*.

Desuden understreger Ball et al. (2008), at grænserne mellem alle seks videnskategorier i den ovale figur i figur 1 ikke altid er skarpt adskilte. De påpeger desuden, at en given undervisningssituation kan manifestere forskellige former for viden.

Specialized content knowledge fokuserer på “den matematiske viden og kompetence, der er særligt knyttet til undervisning” (Ball et al., 2008, s. 400, egen oversættelse). Arbejdsdefinitionen af matematisk opmærksomhed relaterer sig til denne kategori, idet børnehaveklasselederen ikke blot har viden om tal, antal, figurer og mønstre, men også er i stand til at kunne kommunikere og repræsentere denne viden. Ball et al. (2008) udtrykker det på denne måde: “Undervisning kræver viden, der rækker ud over den, der undervises i over for eleverne” (s. 400, egen oversættelse). Undervisning indebærer brug af dekomprimeret matematisk viden, herunder valg af relevante matematiske repræsentationer såsom konkrete materialer, der kan understøtte elevernes læring gennem legende aktiviteter. Undervisning indebærer også en tydeliggørelse af det matematiske fagsprog.

Common content knowledge refererer til den matematiske viden, som deles med personer, der har kendskab til og anvender matematik, uden at de nødvendigvis er lærere. Det er grundlæggende matematisk viden, der ikke er specifik for undervisning, men som anvendes af personer, der arbejder med matematik i deres daglige opgaver.

Horizon content knowledge handler om sammenhængen og progressionen mellem forskellige matematiske stofområder i læseplanen. Det betyder, at børnehaveklasseledere bygger videre på elevernes færdigheder, viden og erfaringer fra familie, dagtilbud og fritid og bruger viden om, hvordan et matematisk stofområde såsom tal, antal, figurer eller mønstre relaterer sig til matematikken på senere klassetrin, så der kan lægges et solidt fundament for elevernes fremtidige læring allerede tidligt i skoleforløbet.

Shulman (1987) beskriver *pedagogical content knowledge* som viden om, hvordan undervisningen bedst understøtter elevernes læring. Denne viden kan beskrives som lærerens tilgang til at repræsentere og formidle stofområder med henblik på at fremme elevernes forståelse af det pågældende område. Det pædagogiske aspekt omfatter, hvordan forskellige repræsentationsformer, såsom billeder og konkrete materialer, relaterer sig til de faglige elementer for at gøre dem forståelige for eleverne. Derudover inkluderer *pedagogical content knowledge* også lærerens viden om, hvilke faglige områder der ofte kan være vanskelige for eleverne og dermed give anledning til misforståelser.

Ball et al. (2008) opdeler Shulmans *pedagogical content knowledge* i tre underkategorier: *knowledge of content and students*, *knowledge of content and teaching* og *knowledge of content and curriculum*. Arbejdsdefinitionen af matematisk opmærksomhed

omfatter alle tre underkategorier, idet børnehaveklasselederen anvender sin viden om matematik i samspil med pædagogiske tilgange, der fremmer verbal kommunikation og legende aktiviteter.

Den første underkategori, *knowledge of content and students*, kombinerer viden om indhold og elever. Det er essentielt, at læreren er i stand til at forestille sig elevers tænkning, og hvad der kan forvirre deres tænkning. Det betyder, at læreren er i stand til at fortolke elevers tænkning, som udtrykkes gennem deres eget sprog, samt at læreren er i stand til at vælge passende eksempler til undervisningen, der kan interessere og motivere eleverne. Arbejdsdefinitionen af matematisk opmærksomhed relaterer sig til denne kategori, idet børnehaveklasselederen i kommunikation med eleverne har mulighed for at sætte sig ind i og fortolke elevernes matematiske tænkning gennem deres verbale kommunikation og samtidig fastholde og øge elevernes opmærksomhed gennem motiverende tiltag i undervisningen.

Knowledge of content and teaching kombinerer viden om matematik med viden om undervisning. Det indebærer, at læreren kan strukturere og formidle matematiske stofområder på mest hensigtsmæssig vis, så de optimalt støtter elevernes læring. Det er betydningsfuldt, at læreren kan vælge og sekvensere eksempler, som gradvist fører eleverne dybere ind i det matematiske indhold, og kan vurdere, hvilke repræsentationsformer, såsom modeller eller konkrete materialer, der er bedst egnede til at undervise i et specifikt stofområde, der ifølge arbejdsdefinitionen af matematisk opmærksomhed omfatter tal, antal, figurer og mønstre.

Knowledge of content and curriculum indgår i Ball et al. s (2008) kategorisering af lærerviden, som illustreret i den ovale figur i figur 1, men kategorien beskrives ikke eksplicit. Gennem deres generelle henvisning til Shulman (1987) kan *knowledge of content and curriculum* fortolkes som lærerens viden om de materialer, der er til rådighed for at understøtte elevernes læring. Denne kategori af viden relaterer sig til arbejdsdefinitionen af matematisk opmærksomhed, da børnehaveklasselederen gennem passende materialer kan fremme både verbal kommunikation og en legende tilgang til stofområderne, som er centrale elementer i definitionen.

Ud over den specifikke lærerviden om matematik, som Ball et al. (2008) har udviklet, er Shulmans (1987) generelle pædagogiske videnskategorier også relevante i forhold til at fremme matematisk opmærksomhed i børnehaveklassen. *General pedagogical knowledge* dækker lærerens viden om klasseledelse og organisering af undervisningen, hvilket kan skabe en ramme, der understøtter faglige mål. *Knowledge of learners and their characteristics* handler om lærerens viden om elevers kognitive, fysiske, følelsesmæssige, sociale og kulturelle behov, så undervisningen kan tilpasses elevernes udviklingsniveau. *Knowledge of educational context* spænder fra indsigt i undervisningskontekster og social dynamik i klasser til viden om skolars ledelse og samfundets kulturelle karakteristika. *Educational ends, purposes, and values, and their philosophical and hi-*

historical grounds omfatter lærerens viden om skolens bredere formål og uddannelsens potentielle værdi for både elever og samfund og relaterer sig til arbejdsdefinitionen, som fremhæver legens centrale rolle i læringsprocessen.

Metode

Metodeafsnittet beskriver den kvalitative interviewundersøgelse, informantudvælgelsen og den teoribaserede tematiske analyse. En spørgeskemaundersøgelse supplerer data og styrker undersøgelsens validitet og generaliserbarhed gennem triangulering.

Kvalitativ interviewundersøgelse

Metodisk anvendes et kvalitativt interview, som er semistruktureret, idet både planlægning og fleksibilitet i gennemførelsen danner grundlag for, at centrale emner berøres. En a priori-interviewguide med åbne spørgsmål er udarbejdet med henblik på at støtte gennemførelsen af interviewet (Kvale & Brinkmann, 2018). Eftersom matematisk opmærksomhed ikke uddybes i bekendtgørelsen (Bekendtgørelsen for børnehaveklassen, 2014), er det oplagt at lade matematisk opmærksomhed være et vidensområde i interviewguiden. Derfor er børnehaveklasseledernes forståelse af matematisk opmærksomhed et fokuspunkt i undersøgelsen. I interviewet er der derfor spurgt ind til tre overordnede vidensområder: 1) karakteristika ved matematisk opmærksomhed, 2) gennemførelse af undervisning i matematisk opmærksomhed og 3) børnehaveklasseledernes uddannelsesmæssige baggrund. I interviewundersøgelsen deltager fire børnehaveklasseledere som informanter.

Informantudvælgelse og kontekst

Af praktiske hensyn er børnehaveklasselederne udvalgt med henblik på at opfylde undersøgelsens formål i en ph.d.-afhandling. Udvalgelsen af informanterne med henholdsvis 6, 10, 15 og 18 års erfaring som børnehaveklasseledere giver en variation i erfaringsniveau, hvilket bidrager til et nuanceret billede af deres perspektiver på undervisning i matematisk opmærksomhed. Valget af kvindelige informanter afspejler den overvejende kvindelige sammensætning blandt danske børnehaveklasseledere, hvor 94 % er kvinder. De statistiske data, der viser kønsfordelingen i 2023, er modtaget fra Danmarks Lærerforening (Danmarks Lærerforening, personlig kommunikation, 31. januar 2024). Informanterne er uddannede pædagoger og er under deres uddannelse ikke blevet undervist i matematisk opmærksomhed, ligesom størstedelen af børnehaveklasselederne heller ikke er blevet det.

Børnehaveklasselederne er ansat på to forskellige folkeskoler i samme kommune og arbejder parvis på hver skole. Skolerne har cirka 600 elever, og hver børnehaveklasse rummer henholdsvis 24, 25, 26 og 26 indskrevne elever, hvilket er lidt over landsgennemsnittet på 20,4 i 2023 (Danmarks Statistik, 2023). I cirka en tredjedel af lektionerne

er der ugentligt en ekstra voksen til stede i børnehaveklassen for at støtte elevernes trivsel og læring. Nationale data på dette område foreligger ikke. Interviewet blev gennemført som et gruppeinterview for at fremme diskussion og gensidig supplerings (Kvale & Brinkmann, 2018).

På grund af coronarestriktioner blev det planlagte gruppeinterview i stedet gennemført som parvise interviews med to kolleger fra samme skole. Interviewene blev gennemført i januar 2022 på børnehaveklasseledernes arbejdsplads og blev videofilmet for at sikre korrekt identifikation af stemmer under transskriberingen.

Analytisk ramme og tematisk analyse

Interviewanalysen er overordnet baseret på dette studies forskningsspørgsmål med fokus på børnehaveklasseledernes egne beskrivelser af deres erfaringer og praksis med undervisning i matematisk opmærksomhed, som fremkom i interviewene. Undersøgelsen anvender en teoridrevet tematisk analyse, hvor Shulmans (1987) og Ball et al. (2008) kategorier af lærerviden udgør det analytiske rammeværk. De foruddefinerede teoretiske kategorier, såsom generel pædagogisk viden og matematikdidaktisk lærerviden, fungerer som systematiske kodningskategorier til identifikation af de specifikke kategorier af lærerviden, som børnehaveklasseledere anvender og oplever udfordringer med i deres undervisning i matematisk opmærksomhed.

For at skabe et klart overblik over data er begge interviews fuldt transskriberet, hvorefter materialet er blevet analyseret gennem en tematisk analyse (Braun & Clarke, 2006). Hensigten med denne tilgang er at identificere, analysere og rapportere temaer baseret på interviewenes empiriske materiale. Ifølge Braun og Clarke (2006) beskrives et tema som “noget vigtigt ved dataene i relation til forskningsspørgsmålet, som repræsenterer en form for gentagende mønster eller meningsfuld tendens i datasættet” (s. 10, egen oversættelse). Den tematiske analyse er gennemført i overensstemmelse med Braun og Clarkes (2006) seks faser: 1) at blive fortrolig med data, 2) at generere indledende koder, 3) at søge efter temaer, 4) at gennemgå temaer, 5) at definere og navngive temaer og 6) at udarbejde rapportering.

Faserne i analysen skal ikke forstås som en lineær proces, men snarere som en rekursiv proces, hvor arbejdet bevæger sig frem og tilbage mellem faserne undervejs i analysens skriftliggørelse. I fase 1 læses interviewet grundigt igennem i sin helhed, og noter skrives til støtte for hukommelsen. I fase 2 anvendes kategorierne for lærerviden (teacher knowledge) (Shulman, 1987; Ball et al., 2008) til kodning. Koderne knyttes til dataudtræk, der matcher den pågældende kode. Nogle dataudtræk kan knyttes til flere koder. Derfor kan de samme dataudtræk forekomme i flere kodekategorier. Kodningen udføres manuelt med overstregningstusch for hver relevant kategori af lærerviden, og alle dataudtræk kodes. I fase 3 sorteres og samles de relevante kodede dataudtræk, der relaterer sig til hinanden, i potentielle temaer. I fase 4 genlæses dataudtrækkene

for hvert tema, og det vurderes, hvorvidt dataudtrækkene viser et sammenhængende mønster. Denne proces gentages for hele datasættet. Fx blev et tema om børnehaveklasselederes pædagogiske støtte til elevers samarbejde undersøgt, men der blev ikke fundet tilstrækkelige data til at identificere et sammenhængende mønster, og dette tema blev derfor frafaldet. I fase 5 defineres og redefineres temaerne for at fremhæve essensen af hvert enkelt tema. På baggrund af analyseprocessen i faserne fra 1 til 5 fremkommer følgende tre temaer:

- Matematisk opmærksomhed som “content knowledge”
- Lærebogens magt og skolekultur
- Struktureret leg versus fri leg.

I fase 6 fremstilles den tematiske analyse, der præsenteres og fortolkes i næste afsnit. Udvælgelsen af interviewuddrag er begrundet i, at indholdet på en levende og på en let tilgængelig måde kan vise generelle tendenser i det empiriske materiale. Personnavne er i overensstemmelse med gældende GDPR-regler blevet pseudonymiseret, hvilket her konkret betyder, at personnavne er udskiftet med opdigtede navne.

Kvalitativ og kvantitativ triangulering

For at styrke og validere fundene fra de kvalitative interviews med fire børnehaveklasseledere anvendes resultater fra en spørgeskemaundersøgelse med 427 børnehaveklasseledere, gennemført i foråret 2022 (Henriksen, u.å.). Spørgeskemaundersøgelsen giver mulighed for at undersøge mønstre og tendenser blandt et større antal børnehaveklasseledere og derved sætte resultaterne fra interviewene i et bredere perspektiv. Spørgeskemaet er teoretisk funderet i Ernest (1989), som bygger videre på Shulmans (1987) kategorier af lærerviden og dermed tilbyder en ramme, der er tæt relateret til analysen i denne artikel. Ved at inddrage spørgeskemaundersøgelsen som supplerende data muliggøres en triangulering, hvor kvalitative indsigter fra interviews kombineres med kvantitative tendenser, hvilket øger undersøgelsens validitet og styrker generaliserbarheden af de tematiske fund.

Rapportering af resultater

Afsnittet præsenterer resultaterne af den tematiske analyse og giver indblik i, hvordan børnehaveklasseledere anvender lærerviden i undervisningen i matematisk opmærksomhed. Gennem interviewuddrag belyses deres praktiske tilgang og de udfordringer, de møder. Afsnittet afsluttes med et resumé af den tematiske analyse.

Matematisk opmærksomhed som “content knowledge”

Temaet undersøger, hvordan børnehaveklasselederne beskriver og anvender deres viden inden for det matematiske kompetenceområde *content knowledge*, som de er blevet pålagt at undervise i. Når de fire børnehaveklasselederes taler om matematisk opmærksomhed, samler det sig om at videreudvikle elevernes matematiske opmærksomhed på to måder. Den ene måde angår at forbinde det matematiske indhold til elevernes hverdagserfaringer. Den anden måde angår at fremme elevernes matematiske opmærksomhed ved at skabe nysgerrighed og motivation hos dem.

Til den ene måde er der i analysen lagt vægt på følgende citat:

Helle: “[Matematisk opmærksomhed er] en forståelse for, hvad man bruger matematik til, og hvor man bruger matematik [...] Altså de [eleverne] kan bruge det andre steder end bare i matematiktimen [...] at de kan drage paralleller til deres hverdag, til det, de laver [...] Vi har lige haft sortering [...] det er ligesom hjemme ved mit [elevens] legetøj, når jeg sorterer i mit legetøj.”

Til den anden måde er der i analysen lagt vægt på følgende citater. Simone og Malene udtrykker sig imidlertid om begge måder.

Simone: “Det en opmærksomhed på, at der er matematik i mange eller i alting [...] at man kan anvende matematiske ting, altså tal og former og sådan noget, og egentlig også tænker i det i sin hverdag. Det er jo egentlig også det, vi prøver at gøre med 0.-klasserne [børnehaveklasserne], det er ligesom at få dem til at få øjnene op for det der med matematik.”

Malene: “Jo, gøre dem nysgerrige, ikke? Altså på tal og på former [...] Det kan jo både være noget med at bygge noget ud af nogle figurer. Eller opdage figurer og se, at der er trekanter i et gyngestativ.”

Karina: “Ja, altså lige præcis det der med at gøre opmærksom på det [...] Og det ved børnene jo heller ikke [børnene kan ikke vide, hvad de skal spørge om]. Så vi er nødt til at gøre opmærksom på, at tingene er der.”

Det fremgår, at børnehaveklasselederne forbinder udtrykket matematisk opmærksomhed både til det matematiske stof og til didaktiske processer. Malene og Simone omtaler det matematiske indhold som tal og former. Desuden fremhæver børnehaveklasselederne betydningen af at knytte matematisk opmærksomhed til hverdags-situationer, hvilket relaterer sig til det nationale kompetencemål for matematisk opmærksomhed: “Eleven kan anvende tal og geometrisk sprog i hverdagssituationer” (Bekendtgørelsen for børnehaveklassen, 2014, bilag 1). Endvidere inddrager børnehaveklasselederne didaktiske processer i deres beskrivelse af matematisk opmærksomhed. De nævner: “gøre dem [eleverne] nysgerrige [...] vi prøver [...] at få dem til at

få øjnene op for det der med matematik [...] vi er nødt til at gøre opmærksom på, at tingene er der." Børnehaveklasselederne udviser *content knowledge* (Shulman, 1987), når de taler om at gøre elever nysgerrige, omend det er i enkle termer. Matematisk opmærksomhed handler ikke kun om stofindhold og færdigheder, men handler også om at øge elevers opmærksomhed angående matematik.

De fire børnehaveklasseledere er ikke videreuddannede inden for matematisk opmærksomhed. Det er derfor oplagt, at børnehaveklasselederne udtrykker, at deres lærerviden inden for matematisk opmærksomhed bygger på erfaring. Malene udtaler: "Der er aldrig nogen, der har fortalt os, hvordan vi skal gøre det [...] det er erfaring." Malene og Helle peger på to konkrete områder, hvor de mangler lærerviden. Det drejer sig dels om at forklare matematik og dels om at anvende matematisk fagsprog.

Malene: "Jeg kan også godt mærke nogle gange den der frustration, hvis jeg har forklaret en opgave, og de ikke forstår det. Fordi den der måde at mangle måder at spørge ind eller måder at forklare på. Det er sådan faktisk nok det, jeg nogle gange synes, kan være det sværeste ved at undervise."

Helle: "Altså jeg kan huske, lige da jeg startede, så brugte jeg et lidt forsimplet ord, altså mit ordforråd blev lidt forsimplet [...] Altså det hedder et rektangel, det hedder ikke en aflang firkant [...] altså, der kan jeg mærke, at der skal jeg huske mig selv på at bruge betegnelserne for det, det hedder [...] de [eleverne] har jo brug for at udvide deres ordforråd. Det er nok der, jeg mangler en uddannelse."

Den kategori af lærerviden, som to børnehaveklasseledere udtrykker, at de udfordres af, relaterer sig til Ball et al. s (2008) kategori *specialized content knowledge*. Kategorien omfatter matematisk viden, som er særlig i forbindelse med undervisning, og som rækker ud over den viden, som formidles til eleverne. Det er formuleret således: "Undervisning kræver viden, der rækker ud over den, der undervises i over for eleverne" (Ball et al., 2008, s. 400, egen oversættelse). Børnehaveklasselederne mangler viden om måder at forklare på og om matematiske fagtermer. *Specialized content knowledge* omfatter lærerens viden om, hvordan et komprimeret matematisk emne eller en opgave kan dekomprimeres, det vil sige, hvordan det bliver mere forståeligt gennem eksempelvis udvalgte og relevante matematiske repræsentationer. *Specialized content knowledge* forudsætter, at børnehaveklasselederen ikke kun kan genkende fx et rektangel, men også kan anvende matematiske fagtermer og relevante repræsentationer.

Lærebogens magt og skolekultur

Af interviewet fremgår det, at lærebogen spiller en afgørende rolle i børnehaveklasseledernes planlægning og gennemførelse af undervisningen i matematisk opmærksomhed, og at en skolekultur har indflydelse på undervisningen i børnehaveklassen. Karina og Helle beskriver deres anvendelse af lærebogsmaterialet på følgende måde:

Karina: "Jeg gør det, som der står præcist i lærervejledningen, og så følger jeg bare efter det."

Helle: "[Med hensyn til] dem, der har skrevet lærebogsmaterialet, der gør vi jo det, de synes er rigtigt. Om det så er det helt rigtige, det ved man jo ikke. Men det er i hvert fald det, som vi på den her skole har valgt at gøre [...] Når man kigger i bogen, så er der nogle emner, der er lidt større, og nogle emner, der er lidt små. Og sådan noget med geometri er jo ikke specielt stort, og det er, fordi jeg tænker, at de skal have et indblik i det i 0. klasse (børnehaveklassen), og så arbejder man mere i dybden med det, når man kommer i 1. klasse."

Børnehaveklasselederne udviser begrænset autoritet over den viden, der ligger til grund for undervisningen i matematisk opmærksomhed. De må udvise tillid til et lærebogsmateriale, som i høj grad fungerer som erstatning for en dybere matematikdidaktisk viden. Lærebogen fungerer som en erstatning for den *specialized content knowledge*, som Ball et al. (2008) beskriver, samt for de tre kategorier inden for *pedagogical content knowledge* (Ball et al., 2008), idet den styrer både det faglige indhold og de didaktiske tilgange, som børnehaveklasselederne anvender i undervisningen.

Samtidig udtrykker Helle en undren over lærebogens perifere behandling af geometri, men må samtidig vise tillid til lærebogsforfatternes vurdering af, hvilke emner der er centrale og perifere i børnehaveklassen. Helles beskrivelse knytter sig til *horizon content knowledge* (Ball et al., 2008), der omhandler viden om progressionen af matematiske stofområder på tværs af klassetrin for at skabe et solidt læringsfundament. Endvidere knytter beskrivelsen sig til Shulmans (1987) *content knowledge*, der inkluderer viden om, hvilke emner der er centrale og perifere inden for et fagområde.

Undersøgelsens resultater om lærebogsmaterialets dominerende rolle i planlægningen af undervisningen bekræftes af en spørgeskemaundersøgelse (Henriksen, u.å.), hvor 75 % af de adspurgte børnehaveklasseledere svarer, at lærebogsmaterialet har stor eller overvejende stor betydning for deres planlægning af undervisningen i matematisk opmærksomhed.

Børnehaveklasselederne anvender det samme lærebogsmateriale til undervisning i matematisk opmærksomhed, som der anvendes i den fagopdelte matematikundervisning. Generelt udtrykker børnehaveklasselederne, at de ikke finder væsentlig

forskel på børnehaveklassens kompetenceområde matematisk opmærksomhed og på skolens fagopdelte matematikundervisning. En børnehaveklasseleder formulerer ligheden på denne måde:

Karina: "Det hedder også matematik hos os, jo. På skemaet. Og på bogen og alt det, vi laver."

En lærebogsstyret undervisning og fast skemalægning af "matematik" præger børnehaveklasseledernes undervisning i matematisk opmærksomhed. Deres viden om de nationale pædagogiske mål (Shulman, 1987) for børnehaveklassen som ét samlet fagområde (Bekendtgørelsen for børnehaveklassen, 2014), med den fleksibilitet i undervisningsplanlægningen, som det indebærer, synes at blive tilsidesat af en skolekulturs fokus på fagopdeling og skemaer. Gennem en tilpasning af kompetenceområdet matematisk opmærksomhed til en skolekultur udfordres børnehaveklasseledernes *knowledge of educational contexts* (Shulman, 1987) i forhold til at skabe kontinuitet mellem dagtilbud og den fagopdelte skole, så overgangen opleves som mere sammenhængende for eleverne.

Struktureret leg versus fri leg

Leg indgår som tidligere nævnt som en central del af formålet for børnehaveklassen. Det fremgår af bekendtgørelsen, at "Leg skal udgøre et centralt element i undervisningen med vægt på legens egenverdi og læring gennem leg og legelignende aktiviteter" (Bekendtgørelsen for børnehaveklassen, 2014, § 2, stk. 2). Børnehaveklasselederne fremhæver, at de fokuserer på læring gennem leg i undervisningen i matematisk opmærksomhed.

Malene: "Altså for mig skal undervisningen jo være sjov. Og de må godt tro, de har leget en hel lektion, og så i virkeligheden har vi lavet matematikspil [...] Altså nu har vi også haft værksted med købmand. Der tror de jo også bare, de leger købmand. Men i virkeligheden har de jo regnet og givet tilbage. Så jeg synes, legen er megavigtig. Men der må godt være et formål med legen."

Simone: "Fx når vi sidder og spiller spil. De er jo slet ikke opmærksomme på, at de egentlig lærer at regne [...] Altså så går det ligesom op for dem [...] så finder jeg [eleven] ud af, at jeg [eleven] ved jo godt, at 9 er større end 7, fordi det er jo den, der vinder hver gang."

Børnehaveklasseledernes udsagn afspejler *educational ends, purposes, and values, and their philosophical and historical grounds* (Shulman, 1987), som her knytter sig til børnehaveklassens overordnede mål og værdier om læring gennem leg. De bruger deres viden om forskellige spil, og hvordan spillene kan motivere eleverne

med henblik på at støtte deres matematiske læreproces, herunder forståelsen af naturlige tal.

Børnehaveklasselederne udtrykker, at de vægter legen i børnehaveklassen højt, men samtidig fremgår det af interviewet, at legens egenverdi, også kaldet fri leg, er under pres efter bekendtgørelsens (Bekendtgørelsen for børnehaveklassen, 2014) indførelse af kompetenceområdet matematisk opmærksomhed. Børnehaveklasselederne taler om, at størstedelen af tiden i børnehaveklassen er rammesat med matematisk opmærksomhed og de øvrige fem kompetenceområder. Børnehaveklasselederne udtrykker et tidspres som en konsekvens af krav om undervisning i de seks kompetenceområder.

Helle: “[Fri leg] det er ikke meget. Det har de, hvis de nu er blevet hurtigt færdige, eller hvis man kan mærke, at tålmodigheden ikke er lige til, at vi gør sådan her, så kan jeg sagtens finde på at sige, jamen de sidste 20 minutter af et modul, der kan de få lov at lege.”

Simone: “De skal kunne rigtig mange ting [...] Rigtig leg, det er jo nærmest ikke på skemaet mere. Det har vi simpelthen ikke tid til. Der er én legetime på en uge. Så det der med at få lavet nogle aktiviteter, der er sjove, og hvor de ikke tænker, at det egentlig er matematik, det gør vi ret meget.”

På grund af det oplevede tidspres udtrykker Helle og Simone, at de føler sig særlig forpligtede til at bevare en legende tilgang i de matematiske aktiviteter. Spørgeskemaundersøgelsen (Henriksen, u.å) bekræfter, at spil og legelignende aktiviteter, som relaterer sig til matematisk opmærksomhed, er hyppigt anvendt i undervisningen i matematisk opmærksomhed.

De formelle rammer for børnehaveklassen foreskriver, at der mindst halvdelen af tiden skal arbejdes med seks kompetenceområder (Bekendtgørelsen for børnehaveklassen, 2014). Ifølge de interviewede børnehaveklasseledere synes matematisk opmærksomhed sammen med de øvrige kompetenceområder at have domineret børnehaveklassens tid.

Spørgeskemaundersøgelsens (Henriksen, u.å) resultater bekræfter denne tendens, idet 45 % af de adspurgte børnehaveklasseledere svarer, at de underviser i de seks kompetenceområder 90-100 % af tiden, og 34 % svarer, at de underviser 75-89 % af tiden i de seks kompetenceområder.

Det ser derfor ud til, at børnehaveklasselederne må gå på kompromis med viden om børnehaveklassens pædagogiske formål, *educational ends, purposes, and values, and their philosophical and historical grounds* (Shulman, 1987), som også omfatter legens egenverdi, kaldet fri leg.

Tabel 1. Resumé af lærerviden i forhold til, hvad børnehaveklasselederne bygger på og udfordres af.

Kategori	Lærerviden, som børnehaveklasselederne bygger på	Lærerviden, som børnehaveklasselederne udfordres af
<i>Content knowledge</i> (Shulman, 1987)	Viden om at gøre elever nysgerrige på matematiske aspekter.	
<i>Specialized content knowledge</i> (Ball et al., 2008)		Manglende viden om matematiske fagtermer og repræsentationsformer. Lærebogsmaterialet fungerer som en erstatning for <i>specialized content knowledge</i> .
<i>Specialized content knowledge</i> og de tre kategorier under <i>pedagogical content knowledge</i> (Ball et al., 2008)		En afhængighed af lærebogsmaterialet, der kompenserer for manglende matematikdidaktisk viden og styrer undervisningens indhold og pædagogik.
<i>Horizon content knowledge</i> (Ball et al., 2008) og <i>content knowledge</i> (Shulman, 1987)		At navigere mellem egne vurderinger af emners fx geometriens betydning og lærebogens prioriteringer for at støtte elevers matematiske udvikling.
<i>Knowledge of educational context</i> (Shulman, 1987)		At skabe en sammenhængende overgang mellem dagtilbud og skole ved at tilpasse matematisk opmærksomhed til skolens rammer og kultur.
<i>Educational ends, purposes, and values, and their philosophical and historical grounds</i> (Shulman, 1987)	Viden om spil til at motivere eleverne og støtte deres matematiske læring.	At balancere fokus på matematisk opmærksomhed og fokus på at bevare tid til fri leg, som er betydningsfuldt for børnehaveklassens pædagogiske formål.

Diskussion

Studiet bidrager til et sparsomt udforsket felt i Danmark, hvor forskning i matematisk opmærksomhed i børnehaveklassen stadig er begrænset. Studiet undersøger, hvilke kategorier af lærerviden fire børnehaveklasseledere bygger på og oplever udfordringer med i deres realisering af undervisning i matematisk opmærksomhed.

Børnehaveklasselederne udviser *content knowledge* i forhold til definitionen af matematisk opmærksomhed, når de udtrykker en forbindelse mellem matematisk

indhold og didaktiske processer, som når de siger “at gøre dem (eleverne) nysgerrige [...] Altså på tal og på former.”

Matematisk opmærksomhed fungerer her som børnehaveklassens specifikke matematiske *content knowledge* og relaterer sig direkte til Shulmans (1987) kategori *content knowledge*. Ball et al. s (2008) mere nuancerede kategorier for lærerviden, udviklet på baggrund af empiriske undersøgelser i matematikundervisning, uddyber nogle af de centrale udfordringer, som de interviewede børnehaveklasseledere møder i undervisningen i matematisk opmærksomhed. I fraværet af matematikdidaktisk viden (Ball & Cohen, 1999; Ball et al., 2008) ses en tendens til, at matematisk opmærksomhed i praksis tolkes og struktureres som en lærebogsstyret undervisning: “Det hedder også matematik hos os, jo. På skemaet. Og på bogen og alt det, vi laver.” Som internationale studier også viser (Ackesjö & Persson, 2016; Aminoff, 2017; Ekström, 2018; Lago et al., 2018; Bassok et al., 2016), skubbes førskoleområdet i praksis mod en mere akademisk og skoleforberedende retning.

De interviewede børnehaveklasseledere udtrykker et pædagogisk fokus på matematisk læring gennem leg og spil, hvilket fremgår af udsagnet “De [eleverne] må godt tro, de har leget en hel lektion, og så i virkeligheden har vi lavet matematikspil”. Citatet kan relateres til Shulmans (1987) kategori *educational ends, purposes, and values, and their philosophical and historical grounds*. Leg er derimod ikke eksplicit behandlet i Ball et al. s (2008) teoretiske rammeværk, som bygger på empiriske undersøgelser i en fagopdelt skolekontekst.

Ydermere viser resultaterne, at den overordnede institutionelle ramme, som er fastlagt i bekendtgørelsen (Bekendtgørelsen for børnehaveklassen, 2014), i praksis udfordrer børnehaveklasselederne i forhold til at opretholde en balance mellem fri leg og struktureret læring i matematisk opmærksomhed. Selvom børnehaveklasselederne forsøger at integrere legende aktiviteter, oplever de et pres for at tilpasse sig en mere akademisk orienteret undervisningsform. Et sådant pres begrænser deres mulighed for at realisere børnehaveklassens formål om, at leg skal udgøre et centralt element i undervisningen, herunder også med vægt på legens egenverdi (Shulman, 1987).

I definitionen understreges, at matematisk opmærksomhed ikke blot er en færdighed, men en dynamisk proces, hvor eleverne gradvist opbygger matematiske forståelser gennem verbal kommunikation med børnehaveklasselederne i et legende undervisningsmiljø.

I analysen af interviewene fremgår det dog, at børnehaveklasselederne ikke i høj grad fremhæver verbal kommunikation som et element i deres tilgang til at udvikle matematisk opmærksomhed. Dette kan indikere, at verbal kommunikation, som arbejdsdefinitionen betoner, enten ikke prioriteres højt eller ikke bevidst opfattes som

centralt i deres praksis, muligvis på grund af manglende faglig og didaktisk støtte i kompetenceområdet matematisk opmærksomhed.

Metodisk baserer undersøgelsen sig på kvalitative interviews med fire børnehaveklasseledere. Antallet af informanter er begrænset på grund af praktiske hensyn og nødvendigheden af at arbejde inden for rammerne af en enkeltforsker-undersøgelse, og undersøgelsen er derfor ikke repræsentativ for den samlede population. Informanterne er kvinder, ligesom størstedelen af danske børnehaveklasseledere, og repræsenterer forskellige erfaringsniveauer, hvilket bidrager til et bredere indblik i deres perspektiver. De kvalitative resultater styrkes dog af kvantitative data fra en spørgeskemaundersøgelse, som bidrager til at underbygge de mønstre og fund, der fremkommer i interviewene.

Konklusion

Studiets resultater viser, at børnehaveklasseledernes professionsviden om undervisning i matematisk opmærksomhed forudsætter både generel lærerviden (Shulman, 1987) og matematikdidaktisk lærerviden (Ball et al., 2008). I realiseringen af undervisning i matematisk opmærksomhed befinder de fire børnehaveklasseledere i et spændingsfelt mellem forventninger om akademisk undervisning og børnehaveklassens legende pædagogik. En afhængighed af lærebøger og mangel på videreuddannelse inden for matematisk opmærksomhed indikerer et behov for videreuddannelsestiltag, der kan styrke deres matematikdidaktiske viden.

Studiets resultater peger på tre primære områder, hvor videreuddannelse er relevant:

- *Specialized content knowledge*: Børnehaveklasselederne har brug for uddannelse i matematiske fagtermer og repræsentationsformer inden for tal, antal, figurer og mønstre.
- *Horizon content knowledge*: Børnehaveklasselederne har behov for viden om, hvordan børnehaveklassens grundlæggende stofområder som tal, antal, figurer og mønstre danner fundamentet for senere matematikundervisning.
- *Pedagogical content knowledge*: Der er behov for videreuddannelse i pædagogiske tilgange, der bevidst og aktivt anvender verbal kommunikation i undervisningen.

Ved at styrke disse kategorier af lærerviden har børnehaveklasselederne mulighed for at genvinde autonomi og udvikle deres egen matematikdidaktiske tilgang, hvilket giver mulighed for større fleksibilitet i undervisningen frem for stringent at følge lærebogen.

Referencer

- Ackesjö, H., & Persson, S. (2016). The educational positioning of the preschool-class at the border between social education and academic demands: An issue of continuity in Swedish early education? *Journal of Education and Human Development*, 5(1), 82-196. <https://doi.org/10.15640/jehd.v5n1a19>
- Aminoff, C. (2017). *Samtals- og skriftspråksorienterede lærarledda aktiviteter i førskoleklass*. Licentiatafhandling. <https://liu.se/>.
- Ball, D.L. & Cohen, D.K. (1999). Developing practice, developing practitioners: Toward a practice-based theory of professional education. I G. Sykes & L. Darling-Hammond (red.), *Teaching as the learning profession: Handbook of policy and practice* (s. 3-32). Jossey-Bass.
- Ball, D.L., Thames, M.H. & Phelps, G. (2008). Content knowledge for teaching: What makes it special? *Journal of Teacher Education*, 59(5), 389-407. <https://doi.org/10.1177/0022487108324554>
- Bassok, D., Latham, S. & Rorem, A. (2016). Is kindergarten the new first grade? *AERA Open*, 1(4), 1-31. <https://doi.org/10.1177/2332858415616358>
- Bekendtgørelse af lov om folkeskolen [Folkeskoleloven]. (2009). LBK nr. 593 af 24/06/2009. Børne- og Undervisningsministeriet. <https://www.retsinformation.dk/eli/lta/2009/593>
- Bekendtgørelse af lov om folkeskolen [Folkeskoleloven]. (2021). LBK nr. 1887 af 01/10/2021. Børne- og Undervisningsministeriet. <https://www.retsinformation.dk/eli/lta/2021/1887>
- Bekendtgørelse om formål, kompetencemål og færdigheds- og vidensmål i børnehaveklassen (Fælles Mål) [Bekendtgørelsen for børnehaveklassen]. (2014). BEK nr. 855 af 01/07/2014. Børne- og Undervisningsministeriet. <https://www.retsinformation.dk/eli/lta/2014/855>
- Braun, V. & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology*, 3(2), 77101. <https://doi.org/10.1191/1478088706qp063oa>
- Broström, S. (2017). A dynamic learning concept in early years' education: A possible way to prevent schoolification. *International Journal of Early Years Education*, 25(1), 3-15. <https://doi.org/10.1080/09669760.2016.1270196>
- Broström, S. (2019). *Overgange og sammenhænge i børns liv*. Akademisk Forlag.
- Broström, S. & Frøkjær, T. (2018). *Science, bæredygtighed og matematisk opmærksomhed*. Dafolo.
- Børne- og Undervisningsministeriet. (2019). *Børnehaveklassen – faghæfte 2019*. https://emu.dk/sites/default/files/2020-09/GSK_fagh%C3%A6fte_b%C3%B8rnehaveklassen_2020.pdf
- Clements, D. & Sarama, J. (2018). Myths of early math. *Education Sciences*, 8(2), 71. <https://doi.org/10.3390/educsci8020071>
- Danmarks Statistik. (2023). *Grundskole: Gennemsnitligt elevantal på hvert klassetrin*. <https://www.dst.dk/da/Statistik/emner/uddannelse-og-forskning/fuldtidsuddannelser/grundskole>
- Depaepe, F., Verschaffel, L. & Kelchtermans, G. (2013). Pedagogical content knowledge: A systematic review of the way in which the concept has pervaded mathematics educational research. *Teaching and Teacher Education*, 34, 12-25. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2013.03.001>

- Duncan, G.J., Dowsett, C.J., Claessens, A., Magnuson, K., Huston, A.C., Kelbanov, P. & Japel, C. (2007). School readiness and later achievement. *Developmental Psychology*, 43(6), 1428-1446. <https://doi.org/10.1037/0012-1649.43.6.1428>
- Ekström, K. (2018). Övergången från förskola till förskoleklass, en förändring av delaktighet i tiden och rummet. I A. Garpelin & G. Sandberg (red.), *Att förstå barns vägar till lärande under övergången från förskola till skola* (s. 87-107). Mälardalens högskola.
- Ernest, P. (1989). The knowledge, beliefs, and attitudes of the mathematics teacher: A model. *Journal of Education for Teaching*, 15(1), 13-34. <https://doi.org/10.1080/0260747890150102>
- Gattegno, C. (1987). *The science of education: Part 1: Theoretical considerations*. Educational Solutions Worldwide.
- Ginsburg, H.P., Lee, S.J. & Boyd, J.S. (2008). Mathematics education for young children: What it is and how to promote it. *Social Policy Report*, 22(1), 3-23. <https://doi.org/10.1002/j.2379-3988.2008.tb00054.x>
- Henriksen, B. (u.å.). *Matematisk opmærksomhed i børnehaveklassen* (upubliceret ph.d.-afhandling). Aarhus Universitet.
- Henriksen, B. (2022). Mathematics teaching in the Danish kindergarten class – an empirical study based on the tool CLASS. I G.A. Nortvedt, N.F. Buchholtz, J. Fauskanger, M. Häikiöniemi, B.E. Jessen, M. Naalsund, H.K. Nilsen, G. Pálsdóttir, P. Portaankorva-Koivisto, J. Radišić, J.Ö. Sigurjónsson, O. Viirman, & A. Wernberg (red.), *Proceedings of Norma 20: The ninth Nordic conference on mathematics education* (s. 73-80). Svensk förening för matematikdidaktisk forskning. http://matematikdidaktik.org/wp-content/uploads/1672/22/17_NORMA_20_proceedings.pdf
- Hewitt, D. (2001). Arbitrary and necessary: Part 3 educating awareness. *For the Learning of Mathematics*, 21(2), 37-49. <http://www.jstor.org/stable/40248361>
- Kaenders, R.H., Kvasz, L. & Weiss-Pidstrygach, Y. (2011). Mathematical awareness by linguistic analysis of variable substitution. I M. Pytlak, T. Rowland & E. Swoboda (red.), *Proceedings of the seventh congress of the European Society for Research in Mathematics Education* (s. 2441-2450). University of Rzeszów. <http://erme.site/wp-content/uploads/2021/06/CERME7.pdf>
- Kvale, S. & Brinkmann, S. (2018). *Interview. Det kvalitative forskningsinterview som håndværk*. Hans Reitzels Forlag.
- Lago, L., Ackesjö, H. & Persson, S. (2018). Erkännandets dynamic – förskoleklasslärares tolkningar av ny läroplanstext. *Educare*, 1, 7-25. <https://doi.org/10.24834/educare.2018.1.1>
- Mulligan, J.T. & Mitchelmore, M.C. (2013). Early awareness of mathematical pattern and structure. I L. English & J. Mulligan (red.), *Reconceptualizing early mathematics learning* (s. 29-46). Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-007-6440-8_3
- OECD. (2006). *Starting strong II. Early education and care*. OECD Publishing.
- Samuelsson, I.P., Sheridan, S. & Williams, P. (2006). Five preschool curricula – comparative perspective. *International Journal of Early Childhood*, 38(1), 11-30. <https://doi.org/10.1007/BF03165975>

- Shulman, L.S. (1987). Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. *Harvard Educational Review*, 57, 1-22. <https://doi.org/10.17763/haer.57.1.j463w79r56455411>
- Skolverket. (2016). *Läroplan för grundskolan, förskoleklassen och fritidshemmet 2011*. Skolverket.
- Sunde, P.B. (2022). Adaptivitet og fleksibilitet: Regnestrategier i de yngste klasser. *MONA*, 2022(2), 7-23. <https://tidsskrift.dk/mona/article/view/132755/177879>
- Trier, M.B. (2010). Regeringen vil efteruddanne alle børnehaveklasseledere. *Folkeskolen*. <https://www.folkeskolen.dk/bornehaveklasse-bornehaveklassen-efteruddannelse/regeringen-vil-efteruddanne-alle-bornehaveklasseledere/592753>
- Trier, M.B. (2021). Pia Jessen stopper som formand for børnehaveklasselederne. *Folkeskolen*. <https://www.folkeskolen.dk/arbejdsliv-bornehaveklasse-bornehaveklassen/pia-jessen-stopper-som-formand-for-bornehaveklasselederne/1362239>
- Vejleskov, H. (u.å). *Børnehaveklasse*. I *Lex – Danmarks Nationalleksikon*. Lokaliseret d. 08.08.23 fra <https://denstoredanske.lex.dk/b%C3%B8rnehaveklasse>
- Watts, W.T., Duncan, G.J., Siegler, R.S. & Davis-Kean, P.E. (2014). What's past is prologue: Relations between early mathematics knowledge and high School achievement. *Educational Researcher*, 43(7), 352-360. <https://doi.org/10.3102/0013189X14553660>

English abstract

The early childhood education sector for children aged 0-6 is undergoing changes both internationally and nationally. In Danish kindergarten classes, Legislative Decree No. 855 was introduced in 2014, which includes children's learning of mathematical awareness. Kindergarten teachers are the central professionals influencing teaching. Shulman (1987) and Ball et al. (2008) theoretically ground this study in the frameworks for teacher knowledge. The methodological approach is qualitative, consisting of interviews with four kindergarten teachers. A thematic analysis identified three themes, with key findings showing that kindergarten teachers rely on their pedagogical knowledge and compensate for a lack of mathematical didactic knowledge using textbook materials.



Kommentarer

I denne sektion bringes kommentarer til tidligere bragte artikler. Kommentarerne skal være saglige, samt fagligt og analytisk funderede. Kontakt gerne redaktionen forinden indsendelse af kommentar. Indsendte kommentarer vurderes af redaktionen og er ikke genstand for peer-review.

Som med dannelse er naturfagspraksis også sproglig praksis – om fagspecifik literacy og legitim viden i naturfagsundervisningen



Anna-Vera Meidell Sigsgaard
Københavns
Professionshøjskole

Kommentar til Tine Ejdrup, Martin Sillasen, Jesper Bremholm & Bettina Buchs: "Nyere trends i literacy i naturfagene – et internationalt review med inspiration fra fagspecifik literacy", MONA, 2025(1).

Ejdrup, Sillasen, Bremholm og Buchs artikel "Nyere trends i literacy i naturfagene" (2025) præsenterer et aktuelt og omfattende litteraturreview af international literacy-forskning i naturfagsundervisningen. Reviewet tager udgangspunkt i et bredt tekstbegreb (Bremholm, 2020), der ud over det verbale sprog også omfatter multimodale repræsentationsformer og medtænker, hvordan elever kan blive i stand til at læse og producere tekster, der er relevante i en naturfaglig kontekst. Artiklen afdækker tre centrale pointer:

1. Forskningens primære fokus på traditionelle literacyaktiviteter som læsning og produktion af verbalsproglige tekster
2. Naturfagslæreres manglende selvopfattelse som sproglærere
3. Behovet for at udvikle et literacyrelateret begrebshierarki i naturfagsdidaktikken, som kan forbinde fagspecifik literacy med naturfaglige modeller og modellering.

På den måde er reviewet et vigtigt bidrag til den aktuelle viden om literacy i naturfagene og giver en god indgang til at arbejde didaktisk med fagspecifik literacy i naturfagene. Det er især de sidste to punkter, som jeg har lyst til at fordybe mig i her.

Literacy – mere end blot tilegnelse af fagsprog

Fra mit perspektiv er en central pointe i artiklen, at literacy i naturfagene omfatter mere end blot en tilegnelse af fagsprog. Den grundlæggende begrundelse for at fokusere på literacy i naturfag handler om at sikre, at eleverne opnår fortrolighed og en mestringsoplevelse med det naturfaglige sprog og dermed får deltagelsesmuligheder, så de ikke bliver fremmedgjorte og ekskluderet fra naturfagene (Lemke, 1990). Literacy indebærer også evnen til at forholde sig kritisk til de tekster, man møder, og vide, hvordan vi bruger sprog til at repræsentere den naturfaglige viden (Jacobsen & Mulvad, 2022). Det kræver også, at man er i stand til at forholde sig til, hvilken viden teksterne præsenterer – og det er ikke noget, der kommer af sig selv, men er noget, der skal undervises i.

En central udfordring, som reviewet fremhæver, er imidlertid, at det sproglige arbejde i naturfag er noget, som kun få naturfagslærere finder realistisk og/eller relevant at beskæftige sig med (Ejdrup et al., 2025). Dette skaber et paradoks mellem den erkendelse, at sprogligt arbejde er nødvendigt for elevernes deltagelse i naturfaglig praksis (Polias, 2016), og det faktum, at mange naturfagslærere ikke ser sig selv som sproglærere eller finder det sproglige arbejde relevant for deres undervisning.

Hvis eleverne skal udvikle en sådan fagspecifik literacy i naturfagene, kræver det, at læreren både har sproglig opmærksomhed og kan undervise på en måde, der synliggør, hvordan sproget bruges til at repræsentere den naturfaglige viden, som er i fokus (Jacobsen & Mulvad, 2022; Mellerup, 2021). Literacy i naturfag handler om mere end at kunne læse og producere tekster – det handler også om at kunne forholde sig kritisk til de tekster og den viden, man møder gennem undervisningen. Denne kritiske dimension af literacy er afgørende, hvis vi skal uddanne elever, der kan navigere i et videnssamfund fyldt med forskellige former for information og påstande. På den måde har naturfagene i skolen en vigtig andel i at udvikle elevernes demokratisk deltagelse, myndighed og værdier (Ulriksen, 2023).

Kritisk tilgang til viden vha. semantiske bølger

Den kritiske dimension af literacy i naturfag kan styrkes ved at synliggøre de forskellige niveauer af kontekstbundethed i den viden, som eleverne møder og skal beherske. Her kan begrebet *semantisk tyngde* fra Legitimation Code Theory (LCT) være et nyttigt analytisk værktøj, der kan hjælpe både lærere og elever med at få øje på, hvad der tæller som legitim viden (Maton, 2014) i naturfaglige praksisser.

Semantisk tyngde (*semantic gravity* på engelsk) refererer til, i hvor høj grad betydning er kontekstafhængig (Maton, 2014). Begrebet beskriver et kontinuum, hvor semantisk tyngde kan gå fra at være stærkere (SG+) til svagere (SG-). Når den seman-

tiske tyngde er stærkere, er betydningen tæt knyttet til sin kontekst, og omvendt, når den semantiske tyngde er svagere, er betydningen mindre afhængig af konteksten.

I vores forskning om semantiske bølger i natur/teknologi-undervisningen (Meidell Sigsgaard et al., 2023) opererer vi med tre grader af semantisk tyngde:

- Stærkere semantisk tyngde (SG+): Betydning er stærkt kontekstbundet, som når eleverne arbejder med konkrete observationer og erfaringer. Dette niveau repræsenterer vi med en grøn farve (som græs på jorden).
- Middel semantisk tyngde (SG0): Betydning er delvist kontekstbundet, som fx når elever begynder at generalisere deres forståelser, fx ved at kategorisere/finde mønstre på baggrund af deres observationer eller komme med (forsøg på) forklaringer. Dette niveau repræsenterer vi med gul farve (som blomster, der gror op fra jorden).
- Svagere semantisk tyngde (SG-): Betydning er abstrakt og kontekstafhængig, hvilket ofte sker, når naturfaglige begreber og principper formuleres. Dette niveau repræsenteres med blå farve (som himlen). (Meidell Sigsgaard et al., 2023).

Disse tre niveauer afspejler ikke en progression, men forskellige former for viden med varierende grader af kontekstbundethed, som eleverne møder gennem forskellige aktiviteter i naturfagsundervisningen. Hvis lærere er bevidste om og kan genkende disse niveauer, viser arbejdet i vores projekt, at de i højere grad kan tilrettelægge undervisning, der understøtter elevernes (sproglige) deltagelse på tværs af aktiviteter. Viden om semantisk tyngde og de *semantiske bølger*, der opstår i undervisningen, kan derfor være en indgang til at synliggøre de forskellige måder, sproget bruges på i forskellige aktiviteter, for eleverne – og bliver derfor også en central del af at udvikle elevernes naturfaglige literacy.

Sprog som middel til at konstruere og rekonstruere viden

Sprog i naturfagsundervisningen er ikke blot et redskab til at gengive allerede etableret viden, men også et middel til at konstruere ny viden (Vygotsky, 1978). Derfor er det også vigtigt, at eleverne eksplicit bliver præsenteret for relevante sproglige mønstre (Polias, 2020), og at de får mulighed for at arbejde med sproget og reflektere over, hvilket sprog de bruger i de forskellige sammenhænge i naturfagsundervisningen.

I sin kommentar til vores artikel om semantiske bølger (Meidell Sigsgaard et al., 2023) genkender Thynebjerg (2023) pointen i vores projekt og fremhæver vigtigheden af at inddrage både mundtlige og skriftlige tekster i naturfagsundervisningen, der kan stilladsere eleverne til at forstå og kommunikere på alle tre niveauer af semantisk tyngde. Dette synspunkt understøttes også af Mellerups erfaringer, der viser, at eleverne gennem systematisk arbejde med sprog kan udvikle en dybere forståelse af

naturfaglige begreber og fænomener. Hun beskriver, hvordan en elev, der tidligere var i modtageklasse, demonstrerer sin nyerhvervede sproglige bevidsthed ved at sige: "Mette, Mette, prøv at se ud ad vinduet. Der kommer nedbør i frossen form fra skyerne, altså det, vi med hverdagsprog kalder sne" (Mellerup, 2021, s. 93). Dette eksempel illustrerer, hvordan eleven ikke blot har tilegnet sig fagsprog, men også har opnået en metabevindsthed om forholdet mellem hverdagsprog og fagsprog, samtidig med at eleven viser forståelse for de naturfaglige fænomener tilknyttet emnet.

Integration af de naturfaglige kompetencer

En central pointe, som jeg tror forfatterne af reviewartiklen (Ejdrup et al., 2025) og jeg er enige om, er, at arbejdet med sprog og literacy i naturfagsundervisningen ikke kan isoleres, men bør integreres med de øvrige naturfaglige kompetenceområder. Som Mellerup (2021) bemærker, vil kommunikationskompetencen altid være i spil uanset klassetrin, emne og didaktik.

Dette understreger paradokset fra reviewet, på trods af at sproget altid er i spil i naturfagsundervisningen: at "en gennemgående pointe, som emergerer ud af læsningen af de mange studier og på tværs af klassetrin, er, at naturfagslærere ikke ser sig selv som sproglærere" (s. 78), og at "en stor andel af naturfagslærere i grundskolen oplever, at deres kompetencer inden for faglig læsning og skrivning er utilstrækkelige" (s. 64). Netop denne integration viser imidlertid, hvorfor sprogligt arbejde ikke kan ses som noget "ekstra", men som en grundlæggende del af al naturfaglig læring. Når vi arbejder med undersøgelseskompetencen, modelleringskompetencen eller perspektiveringskompetencen, er sproget altid i spil – som redskab til at formulere hypoteser, beskrive modeller eller diskutere naturvidenskabelige problemstillinger. De semantiske bølger kan hjælpe os med at se, hvordan eleverne bevæger sig mellem forskellige vidensniveauer gennem disse kompetencer.

Et konkret eksempel er, når elever i biologi arbejder undersøgelsesbaseret med en års vandkvalitet. Gennem forskellige undersøgelser af næringsindhold og variation af vandplanter og dyr skal eleverne udvikle både faglig forståelse og fagsprog til at kommunikere om denne forståelse. Med perspektivet fra semantiske bølger vil den viden, eleverne engagerer sig med gennem de naturfaglige undersøgelser, være kontekstbundet og situeret (stærkere semantisk tyngde). Det sprogbaseede arbejde kan åbne op for, at eleverne udvikler evnen til at kommunikere om deres faglige forståelser, og støtte dem i at kunne overføre disse til andre relevante emner (svagere semantisk tyngde). Og det åbner mulighed for at vurdere elevernes sproglige udvikling som en del af biologiundervisningen.

Ved at betragte kommunikationskompetencen som integreret med de øvrige kompetencer kan vi hjælpe eleverne med at opnå en dybere forståelse af naturfag og

udvikle deres evne til at tænke kritisk om naturvidenskabelig viden. Som Ulriksen (2023) argumenterer for, bør naturvidenskabelig dannelse ikke betragtes som adskilt fra den øvrige dannelse, men som en integreret del af en samlet dannelsestænkning.

Konklusion

Ejdrup, Bremholm, Sillasen og Buchs review om literacy i naturfag peger på et behov for at udvikle et literacyrelateret begrebshierarki i naturfagsdidaktikken. Tanken med dette indlæg har været at argumentere for, at deres vigtige pointe også kræver, at vi husker at se, hvilke vidensformer der gør sig gældende i forskellige aktiviteter – og at det sammenholdes med, hvad vi ønsker, at eleverne skal kunne hvornår. Det er min pointe, at her kan semantiske bølger bidrage.

Centralt for min respons står forståelsen af, at literacy i naturfag ikke blot handler om tilegnelse af fagsprog, men om at udvikle elevernes evne til kritisk at forholde sig til naturvidenskabelig viden. Ved at forstå, hvordan undervisningen bevæger sig mellem forskellige vidensniveauer, og hvilket sprog eleverne har brug for på de forskellige niveauer, kan lærere bedre støtte elevernes faglige udvikling og hjælpe dem med at bygge bro mellem hverdagsprog og fagsprog.

For at styrke elevernes naturfaglige literacy er det derfor afgørende, at vi som naturfagslærere forstår, at sprog og viden er uløseligt forbundne. Vi bruger sprog til at gengive viden, men også til at konstruere ny viden. Sprogligt arbejde kan derfor ikke stå alene, men skal afspejle den vidensform, vi ønsker at styrke hos eleverne på forskellige tidspunkter i undervisningen. Gennem bevidst arbejde med semantiske bølger kan vi hjælpe eleverne med at bevæge sig mellem forskellige vidensniveauer i naturfaglige aktiviteter og dermed udvikle deres evne til at tænke kritisk. På den måde er vi også med til at sikre, at de ikke bliver fremmedgjorte og ekskluderede fra naturfagene (Lemke, 1990). Dette er særlig vigtigt i lyset af reviewets påpegning af, at mange naturfagslærere ikke finder sprogligt arbejde relevant – en holdning, der risikerer at reproducere eksklusion frem for at skabe deltagelsesmuligheder for alle elever.

Referencer

- Bremholm, J. (2020). Literacy: Hvad betyder det egentlig, og hvad kan vi bruge det til? I K. Friis & D. Østergren-Olsen (red.), *Literacydidaktik i fagene i udskolingen* (1. udgave, s. 31-44). Dafolo.
- Ejdrup, T., Sillasen, M., Bremholm, J. & Buch, B. (2025). Nyere trends i literacy i naturfagene – et internationalt review med inspiration fra fagspecifik literacy. *MONA*, 2025(1), 62-85. <https://tidsskrift.dk/mona/article/view/155081/197642>
- Jacobsen, G.K. & Mulvad, R. (2022). *Ind i naturfag – fra tekster til naturfaglig kompetence*. Akademisk Forlag.

- Lemke, J.L. (1990). *Talking science: Language, learning, and values*. Ablex Publishing Corporation.
<https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED362379.pdf>
- Maton, K. (2014). Building powerful knowledge: The significance of semantic waves. I E. Rata & B. Barrett (red.), *Knowledge and the future of the curriculum: International studies in social realism* (s. 181-197). Palgrave Macmillan. https://doi.org/10.1057/9781137429261_12
- Meidell Sigsgaard, A.-V., Heinrich, S., Pagaard, D.M. & Olsen, P.S. (2023). Semantiske bølger i natur/teknologi-undervisningen – sprogligt arbejde med fagligt fokus. *MONA*, 2023(3), 26-43.
<https://tidsskrift.dk/mona/article/view/139987/183995>
- Mellerup, M. (2021). Fagsproglig udvikling i naturfag – set gennem en praktikers øjne. *Viden om Literacy*, 30, 90-100. https://videnomlaesning.dk/media/3967/30_mette-mellerup.pdf
- Polias, J. (2016). *Apprenticing students into science: Doing, talking & writing scientifically*. Lexis Education.
- Polias, J. (2020). *Fagsprog i naturfag: At læse, skrive og 'gøre' videnskab*. Akademisk Forlag. <https://www.akademisk.dk/fagsprog-i-naturfag>
- Thynejbjerg, K.A. (2023). Hvor skal sproget komme fra til det sidste semantiske bølgeskvulp? *MONA*, 2023(4), 117-120. <https://tidsskrift.dk/mona/article/download/141896/185622>
- Ulriksen, L. (2023). Naturvidenskabens bidrag til almindannelsen. *MONA*, 2023(3), 7-25. <https://tidsskrift.dk/mona/article/view/139986/183994>
- Vygotsky, L.S. (1978). Interaction between learning and development. I *Mind in society* (s. 79-91). Harvard University Press.