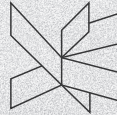


MONA

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



SYDDANSK UNIVERSITET



VIA University
College



PROFESSIONS-
HØJSKOLEN
ABSALON



AARHUS
UNIVERSITET

KØBENHAVNS
PROFESSIONS
HØJSKOLE **KP**



: 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)
Ole Goldbech, Københavns Professionshøjskole
Sebastian Horst, Institut for Naturfagernes Didaktik, Københavns Universitet
Magnus Boye, Institut for Naturfagernes Didaktik, Københavns Universitet

Redaktionskomité

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

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

Manuskripter

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

Abonnement

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

Produktionsplan og deadlines for indsendelse af bidrag til MONA

MONA udkommer fire gange om året, normalt på onsdagen nærmest 5. marts, 5. juni, 5. september og 5. december.

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

For kommentarer, litteraturanmeldelser og nyheder er deadline normalt 2 måneder før officiel udgivelsesdag.

Omslagsbillede: Rumfærgen Challenger letter fra Complex 39 ved Kennedy Space Center i Florida, USA. Billede: NASA.

Billede på mellemsider: Carina Nebula. Billede: NASA, ESA, N. Smith (University of California, Berkeley) og The Hubble Heritage Team.

Layout og tryk: Narayana Press

ISSN: 1604-8628. © MONA 2023

Citat kun med tydelig kildeangivelse

Indhold

- 4 Fra redaktionen
- 7 **Artikler**
- 8 Forståelse af ækvivalente brøker
Pernille Ladegaard Pedersen og Mette Bjerre
- 25 Journal club i læreruddannelsen: erfaringer og videreudvikling
Sanne Schnell Nielsen og Peter Mikael Hansen
- 45 Computational thinking i matematik, naturfag og samfundsfag
– hvorfor, hvad og hvordan?
Line Have Musaeus, Jonas Ørbæk Hansen og Keld Nielsen
- 72 **Aktuel analyse**
- 73 Læreruddanner inden for det naturfaglige område
– international forskning og ny viden fra NAFA
Birgitte Lund Nielsen
- 92 **Kommentarer**
- 93 Hvor mange STEM-kompetencer er der – og hvilke?
Martin Sillasen og Peer Daugbjerg
- 96 Vertikal fordybelse i undersøgelsesbaseret modellering
Dorte Moeskær Larsen og Morten Christensen

Fra redaktionen

Tag *MONA* med dig, del det med din kollega, og læg det på bordet i kaffestuen.

Sådan lød opfordringen, da det første nummer af *MONA* blev udgivet for 18 år siden. Og sådan lyder opfordringen for så vidt stadigvæk – vi håber at *MONA* bliver læst, diskuteret og brugt.

Når *MONA* er landet på bordet i kaffestuen de sidste mange år, har det ikke ved første øjekast været tydeligt om nummeret er nyt eller et år gammelt – eller sågar 10 år gammelt. Det vil vi gerne ændre, og derfor har *MONA* – som alle sunde fugle med jævne mellemrum gør – smidt den blå fjerdragt der har præget omslaget i snart to årtier.

For fremtiden vil *MONA*s omslag prydes af billeder hentet fra naturens og naturvidenskabens verden. Hvert år vælger redaktionen et tema, og hvert år vil *MONA* have fire forsidebilleder under det tema. I år er temaet rumfart, som i dette nummer markeres med rumfærgen Challenger der letter fra Launch Complex 39, nord for Cape Canaveral.

Indvendigt ligner *MONA* sig selv. Denne udgave byder på tre artikler, en aktual analyse og to kommentarer til artikler i sidste nummer.

Brøkgregning er svært. I hvert fald viser international forskning at elever har svært ved at udvikle deres forståelse af brøker. Samtidig har den forståelse af brøker elever lærer i grundskolen, stor betydning for deres videre matematiske udvikling – også når det gælder mere kompliceret matematik som fx algebra.

I artiklen “Forståelse af ækvivalente brøker” giver Pernille Ladegaard Pedersen og Mette Bjerre en indføring i det didaktiske problemfelt ækvivalens af brøker og brøkrekning. Forfatterne argumenterer for at et større kendskab til ækvivalens kan være essentielt for at udvikle fleksible regnestrategier inden for brøkgregning.

En journal club er en form for akademisk bogklub hvor fagfæller mødes for at diskutere forskningsbaseret litteratur. På medicinstudiet er der en lang tradition for brug af journal clubs. I artiklen “Journal club i læreruddannelsen: erfaringer og videreudvikling” beskriver Sanne Schnell Nielsen og Peter Mikael Hansen deres erfaringer med at udvikle og gennemføre journal club-møder for naturfagsstuderende på læreruddannelsen som en del af et talentprogram. Erfaringerne peger på at de studerende oplever at de gennem et forpligtende fagligt fællesskab er blevet bedre til at læse, forstå, analysere, udtrække viden fra samt orientere sig i forskningsbaseret litteratur, skriver forfatterne.

Det er muligt at udvikle elevernes computationelle modelleringskompetencer ved at inddrage computationel tænkning og kodning i den faglige undervisning. Sådan lyder en af konklusionerne i artiklen “Computational thinking i matematik, naturfag og samfundsfag – hvorfor, hvad og hvordan?” af Line Have Musaeus, Jonas Ørbæk

Hansen og Keld Nielsen. Her beretter forfatterne om et årelangt projekt med at udvikle og afprøve undervisningsforløb der integrerer modelbaserede computationelle metoder i undervisningen i STEM-fagene.

Vejen til at blive læreruddanner går ikke via én bestemt uddannelse. I en undersøgelse blandt danske læreruddannere fandt Naturfagsakademiet, NAFA, at 57 respondenter tilsammen havde 118 uddannelser bag sig. At blive læreruddanner kan i høj grad anskues som en transition hvor der er brug for stilladsering, skriver Birgitte Lund Nielsen i den aktuelle analyse "Læreruddanner inden for det naturfaglige område – international forskning og ny viden fra NAFA". Analysen sammenholder nyere international forskning om læreruddanner-professionen med resultater fra NAFAs undersøgelse blandt danske læreruddannere inden for det naturfaglige område.

Maria Møllers artikel "Fra STEM-faglighed til STEM-kompetencer" fra *MONA*, 2022(4), er en trædesten for udviklingen af et fagoverskridende STEM-fagligt kompetencesystem, skriver Martin Sillasen og Peer Daugbjerg i en kommentar. Men der forestår stadigvæk et stort arbejde med at få skabt konsensus om hvilke kompetencer der skal bruges til at beskrive STEM-faglig undervisning, vurderer de.

Et arbejde venter også med at drøfte og afklare forskellige faglige anvendelser af modelleringsbegrebet og definitioner inden for naturfag og matematik, når der arbejdes tværfagligt, skriver Dorte Moeskær Larsen og Morten Christensen i en kommentar til Claus Aunings "Undersøgelsesbaseret modellering i matematik og naturfag i skolen" fra *MONA*, 2022(4).

I skrivende stund er vi ved at lave den sidste planlægning af Big Bang-konferencen 2023, hvor *MONA* som altid arrangerer et spor – denne gang med temaet Bæredygtighed i undervisningen, hvor vi har Friluftsrådet som medarrangør. Vi forventer et godt spor – med masser af indhold der kan blive omformet til artikler til det korresponderende temanummer, som vi forventer udkommer i december.

MONA er også til stede på messen på Big Bang-konferencen, hvor du kan finde os på IND-standen. I forbindelse med konferencen har vi et stærkt tilbud til nye abonnenter, som også alle dem der ikke deltager i Big Bang, kan gøre brug af. Se mere på www.ind.ku.dk/mona.

Vi glæder os til at se nogle af vores læsere på Big Bang-konferencen, hvor I er velkomne til at give os feedback og idéer. Og sådanne input kan man i øvrigt altid sende 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.

Forståelse af ækvivalente brøker



Pernille Ladegaard
Pedersen, VIA University
College



Mette Bjerre, VIA
University College

Abstract: *Hvordan kan vi støtte elevernes brøkforståelse og brøkrekning? Artiklen er en indføring i det didaktiske problemfelt ækvivalens af brøker og brøkrekning. Der præsenteres en teoretisk matematisk analyse af to forståelser af ækvivalens, som kaldes enhedsækvivalens og proportional ækvivalens. Vi vil analysere a) hvordan de to forskellige forståelser adskiller sig fra hinanden, og b) hvordan de optræder forskelligt inden for tre regnearter: addition, subtraktion og multiplikation. I denne bearbejdning og udvidelse af en større engelsk artikel af samme forfattere argumenterer vi for at et større kendskab til ækvivalens kan være essentielt for at udvikle fleksible regnestrategier inden for brøkrekning.*

Hvorfor arbejde med brøker?

Brøker er svært. De fleste af os kender formentlig en del børn og voksne som har det sådan. International forskning bekræfter at mange elever har vanskeligt ved at udvikle deres forståelse af brøker (Torbeyns et al., 2015), og vanskelighederne har vist sig at være konsistente gennem skolesystemet (Fazio et al., 2016; Schneider & Siegler, 2010). Desværre har forskningen også påvist at brøker er vanskelige for elever at lære at forstå (Tian & Siegler, 2017). Studier har desuden vist at brøker er et centralt emne i elevernes matematiske udvikling, da elever der ikke får udvidet deres talbegreb, stagnerer (Siegler et al., 2012; Siegler et al., 2013; Siegler & Pyke, 2013).

Forståelse af brøker er helt central for det eleverne lærer i grundskolen, da det har stor betydning for deres videre matematiske udvikling; også når det gælder mere kompliceret matematik (Bailey et al. 2012; Booth & Newton, 2012; Siegler et al., 2012; Siegler et al., 2013) som fx algebra (Bailey et al., 2012). Særligt har mange elever svært ved at konstruere og identificere ækvivalente brøker (Behr et al., 1984; Kamii & Clark, 1995; Wong, 2010).

Også i dansk kontekst er det velkendt at elever synes brøker er svære. Fx viste afgangsprøven uden hjælpemidler fra 2019 at blot 42 procent kunne svare rigtigt på opgaven "Find brøken, som lagt til $\frac{1}{3}$ giver $\frac{5}{6}$ " (Winsløw, 2019, s. 1) – men hvorfor har eleverne så svært ved at forstå brøker?

Mange af disse vanskeligheder skyldes at eleverne bruger de regneregler og forståelser de bruger ved heltal, men som ikke virker ved brøker. Vi kalder det heltalsdistraktorer; på engelsk whole number bias eller natural number bias (fx Ni & Zhou, 2005; Van Hoof et al., 2013). En heltalsdistraktor er en uhensigtsmæssig overførsel af deres viden om de naturlige tal til de rationale tal, fx når eleverne intuitivt vurderer $\frac{1}{4}$ til at være større end $\frac{1}{3}$, da 4 er større end 3.

En anden knap så kendt form for heltalsdistraktor er knyttet til ækvivalensbegrebet (Pedersen, 2021), når eleven overfører sin viden fra de naturlige tal om at ethvert tal repræsenterer en unik størrelse. Fx står 3 for et præcist antal, og 4 står for et andet antal. Derfor giver det ikke umiddelbart mening at $\frac{1}{3} = \frac{2}{6}$. Tanken er således at udtrykkene er forskellige og derfor ikke kan repræsentere den samme størrelse. Det er en forhindring og kan være med til at forklare hvorfor mange elever har en tendens til at bruge en indøvet standardalgoritme når de arbejder med at finde fællesnævneren, uden forståelse for hvorfor algoritmen virker (se også Ni, 2001; Stafylidou & Vosniadou, 2004; Wong & Evans, 2007).

Der er selvfølgelig mange forskellige faktorer der spiller ind, når man skal forklare hvorfor brøkbegrebet er svært – det handler ikke blot om forståelsen af ækvivalens (Ni, 2001; Stafylidou & Vosniadou, 2004; Van Hoof et al., 2013).

Ækvivalens er dog et centralt begreb at forstå når der skal opbygges en fleksibel sammenhængende talforståelse, som også inkluderer rationale tal. I dansk kontekst har Pedersen og Sundes (2019) forskning vist at danske 4.-klasses elever i slutningen af skoleåret havde svært ved at sammenligne to ækvivalente brøker. Studiet viste at ca. halvdelen af de elever der kunne karakteriseres som værende på eller over gennemsnittet, havde svært ved at sammenligne $\frac{1}{4}$ og $\frac{2}{8}$ i slutningen af 4. klasse – og dette mønster gentog sig i andre senere datasæt fra 5. klasse. En opgave som $\frac{5}{11}$ sammenlignet med $\frac{3}{5}$ kunne flere svare korrekt på. Mønsteret kom tilsvarende frem i opgaven med at sammenligne $\frac{1}{2}$ og $\frac{2}{4}$. Ca. 95 procent af fejlene kunne forklares med at eleverne havde brugt deres viden om heltal forkert og overført den til brøker; altså heltalsdistraktor. Primært fordi de troede at $\frac{2}{4}$ var større end $\frac{1}{2}$. Dette skyldtes måske at tallene i tælleren og nævneren var større. Forståelsen af at $\frac{1}{4} = \frac{2}{8}$, altså forståelsen af hvornår brøker er ækvivalente, synes derfor at være svært for mange danske elever.

Vi, forfatterne til denne artikel, har udgivet en dybdegående analyse af ækvivalensbegrebet for brøker ved hjælp af Kierens teoretiske begrebsramme (1976), som ligger til grund for indeværende artikel. I artiklen giver vi først en kort introduktion til de to forståelser af ækvivalens, defineret i Pedersen & Bjerre (2021), hvorefter vi forklarer og uddyber hvordan forståelserne af ækvivalens optræder og kan bruges når eleverne regner med brøker.

Introduktion til ækvivalens

Det er svært at forstå at to forskellige brøker som $\frac{3}{2}$ og $\frac{27}{18}$ repræsenterer det samme tal.

For at forstå ækvivalens kan vi tage afsæt i en del-helhedsforståelse (Kieren, 1976). Her ses brøker som en del af en helhed, fx er en fjerdedel helt konkret en del af en helhed delt i fire lige store dele. Her vil en halv tærte være det samme som to fjerdedele tærter, hvis tærterne er lige store og delt i lige store stykker. På samme måde er $\frac{3}{2}$ liter mælk det samme som seks kvarte liter mælk, da enheden/helheden er 1 liter.

I eksemplet med tærten er det intuitivt at se at de to brøker repræsenterer den samme størrelse. Ofte er denne form for arealmodel blevet fremhævet for at elever kan vurdere og estimere intuitivt at de to brøker er lige store (Kamii & Clark, 1995). En elev forklarede i et kvalitativt interview udført i forbindelse med Pedersens ph.d. (2021) at det er logisk:

“Jeg kan tage et stort stykke kage hos min mormor, eller jeg kan tage to mindre stykker, men jeg får det samme kage. Det er mest høfligt at tage to små stykker, tror jeg!” (Elevinterview 3, elev i 4. klasse, 2019).

I English & Halford (1995) argumenterer forfatterne yderligere for at når man skal vurdere om brøker er ækvivalente, kræver det en forståelse af ækvivalens inden for den proportionale relation mellem tæller og nævner i hver brøk; fx er den proportionale relation 1 til 2 den samme som 2 til 4. De argumenterer for at den proportionale relation er central, for elever bør kunne genkende og identificere ækvivalens uden at forholde sig til at forlænge eller forkorte brøkerne. Eleverne skal i stedet kunne se eller bestemme om brøker er ækvivalente, på baggrund af invarians i kvotient eller den proportionale relation mellem tæller og nævner når to brøker sammenlignes (Behr et al., 1984; Ni, 2001).

Der er altså umiddelbart to forskellige måder at forstå ækvivalens af brøker på – én hvor man går ud fra en helhed, og én hvor man ser på forholdet imellem tæller og nævner.

I Pedersen & Bjerre (2021) introducerer vi derfor to nye begreber for forståelse af ækvivalens, som vi kalder enhedsækvivalens og proportional ækvivalens.

Proportional ækvivalens og enhedsækvivalens

Vores videre matematiske analyse i Pedersen & Bjerre (2021) af de to forståelser af ækvivalens tager udgangspunkt i den generelle forståelse af lighedstegnet i forbindelse med brøkbegrebet. Vi vil her kort forklare det matematiske ækvivalensbegreb.

En brøk skrives som bekendt symbolsk som $\frac{a}{b}$. Når vi i denne analyse refererer til brøker, mener vi rationale tal $\frac{a}{b}$, hvor a og b er heltal og $b \neq 0$.

Lighedstegnet er et kanonisk eksempel på en ækvivalensrelation. Hvis \sim er en ækvivalensrelation på en mængde, S , så opfylder \sim følgende for a , b og c i S : reflektiv

($a \sim a$), symmetrisk (hvis $a \sim b$, så er $b \sim a$) og transitiv (hvis $a \sim b$ og $b \sim c$, så er $a \sim c$). Lighedstegnet, $=$, er et eksempel på en ækvivalensrelation for de hele tal.

En mængde, S , med en ækvivalensrelation, $=$, kan deles i ækvivalensklasser ved at to elementer, a og b i S , er ækvivalente hvis og kun hvis de er i samme ækvivalensklasse.

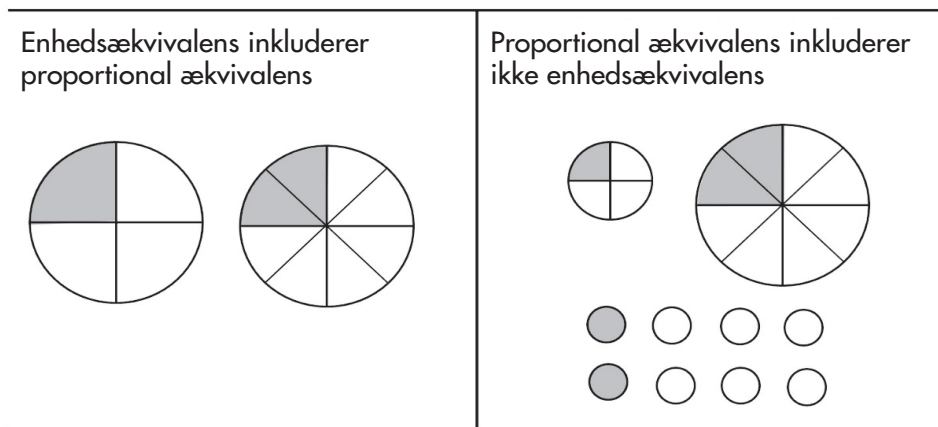
Vi kan nu definere de rationale tal som mængden af ækvivalensklasser af brøker ved

$$\mathbb{Q} = \left\{ \frac{a}{b} \mid \text{for } a, b \in \mathbb{Z} \text{ og } b \neq 0 \right\}$$

Et element, s , i mængden \mathbb{Q} er altså på formen $s = \frac{a}{b}$. Lad s og t være to elementer i \mathbb{Q} , så findes der hele tal, a, b, c og d , så $s = \frac{a}{b}$, og $t = \frac{c}{d}$. Vi kan definere en ækvivalensrelation, $=$, ved $s = t$, hvis og kun hvis $a \cdot d = c \cdot b$. Man kan tjekke at denne relation er reflektiv, symmetrisk og transitiv. \mathbb{Q} er så mængden vi normalt kender som de rationale tal, og vi kan fx se at $\frac{1}{2} = \frac{3}{6}$, da $1 \cdot 6 = 3 \cdot 2$.

Enhedsækvivalens

Brøkerne $\frac{2}{3}$ og $\frac{4}{6}$ repræsenterer naturligvis den samme størrelse, men en metode til at forstå hvorfor det forholder sig sådan, kan være at tegne to lige store cirkler og inddele den ene i tre lige store dele og skraver to. Og herefter inddele den anden cirkel i seks lige store dele og skraver fire dele. På den måde er det muligt at se at de to brøker er lige store, idet det samme areal af de to cirkler er farvet. Men dette er kun sandt hvis de to cirkler, altså den "hele", er nøjagtigt lige store fra starten af (figur 1). Når vi taler om en bestemt enhed der definerer en "hel" eller det "hele", kan vi definere brøker som ækvivalente hvis de udgør præcis den samme del af helheden (Yoshida & Sawano, 2002). Vi har valgt at kalde denne type ækvivalens for enhedsækvivalens. Se figur 1.



Figur 1. Eksempler på enhedsækvivalens og proportional ækvivalens.

Proportional ækvivalens

Der er dog også en anden metode til at forstå at to brøker er ækvivalente – nemlig det vi kalder proportional ækvivalens. Den ses når brøker bliver forstået eller aflæst som et forhold eller en ratio mellem tæller og nævner. I dette tilfælde er det ikke altid nødvendigt med en enhed. Det fremgår af det følgende eksempel: “Jeg har betalt $\frac{2}{4}$ af min løn i skat, og du har betalt $\frac{1}{2}$ af din løn. Vi har betalt den samme brøkdel af vores løn, men vi har ikke nødvendigvis betalt det samme beløb i skat”. Tilsvarende skal vi bruge 3 bananer til 2 æg når vi bager banankage, eller 6 bananer til 4 æg eller 9 bananer til 6 æg – forholdet mellem bananer og æg er $\frac{3}{2}$, uanset hvor stor en portion vi laver. Forståelsen af ækvivalens kræver en forståelse af den proportionale relation mellem tæller og nævner (English & Halford, 1995).

Populært kan man sige at når elever skal genkende fx $\frac{1}{4}$ i forskellige sammenhænge, vil de skulle genkende at ét ud af fire børn er en pige, at et stykke kage ud af fire er spist, eller en rød bold ud af fire bolde. På samme måde som børn lærer at genkende hvad størrelsen knyttet til naturlige tal er på tværs af repræsentationer. Fx ved at genkende antallet fire i forskellige repræsentationer: symbolet 4, fire fingre på en hånd, fire på en terning og talordet “fire”. Det er alle repræsentationer af antallet fire.

Matematisk set er det den samme ækvivalensrelation, uanset om vi opfatter det som enhedsækvivalens eller proportional ækvivalens; det er blot forståelsen af hvorfor to tal er ækvivalente, som er forskellig.

Bemærk at hvis man bruger enhedsækvivalens til at forstå at to brøker er ækvivalente, vil man også kunne forstå det via proportional ækvivalens. Men hvis man skal bruge proportional ækvivalens til at forstå at to brøker er ækvivalente, er det ikke sikkert man vil kunne se det samme ved hjælp af enhedsækvivalens. Se fx ovenstående eksempel om skat.

De to forskellige forståelser vil man veksle mellem, alt efter hvilken situation brøken optræder i, og nogle gange vil de også være til stede samtidig.

At regne med brøker

I det følgende vil vi sammenholde de to ækvivalensforståelser og deres forskellige måder at optræde på i aritmetik med brøker.

Vi har valgt først at have fokus på forskellige eksempler med addition og subtraktion, da det ofte er elevernes første oplevelser med egentlig brøkrekning.

Herefter gennemgår vi kort hvordan de to forskellige ækvivalensforståelser optræder i eksempler med multiplikation.

Vi har valgt at eksemplificere de forskellige forståelser gennem de mest brugte visuelle repræsentationer (fx cirkler, tallinjer og blokke). Der er naturligvis nogle begrænsninger knyttet til hver af disse repræsentationer. Fx er brugen af arealmodeller

som cirkeldiagrammer blevet kritiseret for kun at støtte en additiv forståelse frem for en mere multiplikativ forståelse af brøker (Moss, 2005), og andre studier har fx fremhævet brugen af tallinjen frem for cirkelmodeller (Hamdan & Gunderson, 2017; Sidney et al., 2019). De visuelle modeller er alle repræsentationer af en brøk (Cramer et al., 2009; Rau & Matthews, 2017), og vi anerkender at relationen mellem de visuelle repræsentationer og brøken ikke er fyldestgørende. Det er derfor centralt at bruge forskellige og mangfoldige repræsentationer af brøker i sin undervisning.

Når man adderer eller subtraherer to heltal, fx $3 + 4$ eller $1472 - 978$, kan man i princippet tælle sig frem til et resultat. Det kan man pludselig ikke længere når man adderer eller subtraherer brøker som fx $\frac{1}{3} + \frac{1}{4}$. Derfor har eleverne brug for andre og nye strategier.

Når man kigger på addition af to brøker som fx $\frac{1}{2} + \frac{1}{3}$, kan det udregnes på forskellige måder. Men helt grundlæggende er det at de to brøker er dele af lige store hele – altså vi er ikke ved at lægge en halv familiepizza sammen med en tredjedel børnepizza – pizzaerne er lige store.

Sådan er det altid når vi adderer og subtraherer. $3 + 4$ kan aldrig betyde at vi lægger 3 æbler sammen med 4 stole. Også her skal der være den samme enhed, men enheden er endnu vigtigere at huske når man adderer og subtraherer brøker, da det kan være svært at se hvad enheden er.

Forståelse af algoritmer til addition og subtraktion

Lad os se på regneudtrykket $\frac{1}{4} + \frac{1}{4}$.

Da nævnerne er ens, vil mange elever umiddelbart kunne udregne at det giver $\frac{1}{4} + \frac{1}{4} = \frac{2}{4}$, hvor man bruger enhedsækvivalens, som forklaret ovenfor. Eleverne er dog ikke helt "færdige" med at regne, for resultatet er en brøk som kan forkortes. Når elever skal konvertere $\frac{2}{4}$ til $\frac{1}{2}$, kan de forstå ækvivalensen ved hjælp af enten enhedsækvivalens eller proportional ækvivalens, afhængigt af eleven.

Når vi ser på et regnestykke uden fællesnævner, fx $\frac{1}{3} + \frac{1}{4}$, har vi stadig brug for at de tal refererer til en fælles enhed.

Fra et algoritmisk perspektiv er den almindelige måde at addere brøker på følgende:

$$\frac{a}{b} + \frac{c}{d} = \frac{ad + bc}{bd}.$$

Det skrives helt tilsvarende for subtraktion. Ovenstående kan også skrives som:

$$\frac{a}{b} + \frac{c}{d} = \frac{ad}{bd} + \frac{bc}{bd} = \frac{ad + bc}{bd}.$$

Den anden udregning kan ses som et vigtigt skridt for at forstå ækvivalensen. Her finder vi nemlig først brøker ækvivalente med henholdsvis $\frac{a}{b}$ og $\frac{c}{d}$ med samme nævner,

og derefter lægger vi dem sammen. Hvis eleverne udelukkende lærer at $\frac{a}{b} + \frac{c}{d} = \frac{ad+bc}{bd}$, risikerer man at de udelukkende får en procedural forståelse af regneoperationen – og ikke nødvendigvis en konceptuel forståelse.

Det at lære $\frac{a}{b} + \frac{c}{d} = \frac{ad}{bd} + \frac{bc}{bd} = \frac{ad+bc}{bd}$ kan være udgangspunktet for en mere konceptuel tilgang, som øger forståelsen, da hver af de to brøker som er lig hinanden, er tydelige i udregningen.

Vi kan se på eksemplet $\frac{1}{2} + \frac{1}{3}$:

$$\frac{1}{2} + \frac{1}{3} = \frac{3}{6} + \frac{2}{6} = \frac{5}{6}.$$

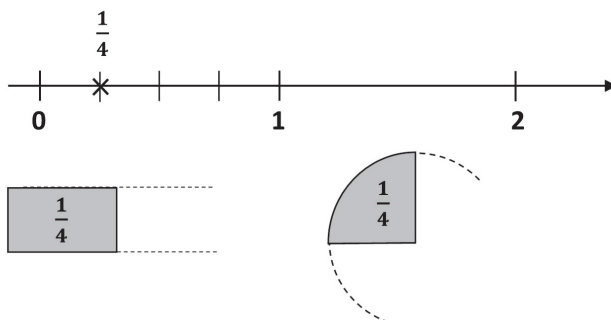
Husk at lighedstegnet er en ækvivalensrelation og derfor transitivt. Altså gælder:

$$\begin{aligned} \text{Hvis } & \frac{1}{2} + \frac{1}{3} = \frac{3}{6} + \frac{2}{6} \\ & \text{og } \frac{3}{6} + \frac{2}{6} = \frac{5}{6}, \\ \text{så er } & \frac{1}{2} + \frac{1}{3} = \frac{5}{6}. \end{aligned}$$

Når vi ser på denne udregning, hvor der er ækvivalens mellem de to sider, $\frac{1}{3} + \frac{1}{4} = \frac{4}{12} + \frac{3}{12}$, så er det ikke sikkert at eleverne forstår at der er ækvivalens imellem brøkerne to og to, altså at $\frac{1}{2} = \frac{3}{6}$ og $\frac{1}{3} = \frac{2}{6}$, da dette er implicit i vores udregning. Dette gælder jo ikke altid for et lighedstegn. Selvom $5 + 3 = 4 + 4$, så er $5 \neq 4$ og $3 \neq 4$. Det kan derfor være en hjælp for elevernes forståelse tydeligt at forlænge brøkerne én ad gangen, før man adderer dem.

I forhold til hvilken type ækvivalens der her er tale om, så må to brøker være brøkdele af den samme helhed for at de kan adderes; altså skal der være tale om enhedsækvivalens. Men når vi forlænger og forkorter brøkerne for lettere at kunne addere dem, kan man forstå ækvivalensen ved både enhedsækvivalens og proportional ækvivalens.

For at huske at brøkerne ses som brøkdele af en lige stor helhed, kan det være en hjælp at bruge tallinjen som repræsentation i undervisningen. Tidligere forskning har vist at tallinjen støtter elevernes konceptuelle forståelse af brøker (se fx Hamdan & Gunderson, 2017; Sidney et al., 2019). Dette kan muligvis forklares med at tallinjen som repræsentation tydeligt har lige store enheder, som vist i figur 2.

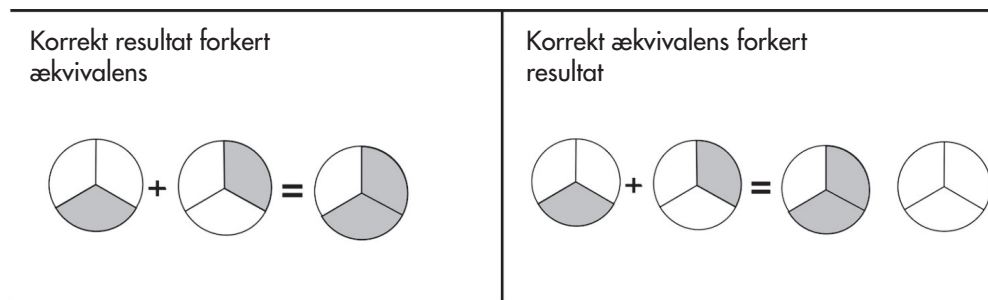


Figur 2. Eksempler på den underliggende helhed. Som det fremgår, vil det underliggende hele/ den underliggende enhed ofte være tydeligt markeret på tallinjen. Cirkelrepræsentationen er også en repræsentation hvor det "hele" let afkodes, da vi let kan forstille os helheden. Modsat er "helhedens" slutning mere utydelig i blokmodellen.

Problemer med ækvivalens i cirkelrepræsentationen

En typisk heltalsdistraktor for eleverne er at se tæller og nævner som to separate tal som de derefter lægger sammen hver for sig. Fx kan en elev finde på at skrive: $\frac{1}{2} + \frac{1}{3} = \frac{2}{5}$ (Ni & Zhou, 2005; Van Hoof et al., 2017).

Visuelle repræsentationer som fx cirkler inddelt i lige store dele kan være en god vej til at addere brøker, men her kan også opstå en forvirring som desværre kan bekræfte eleverne i ovenstående fejlforståelse. Her er regnestykket $\frac{1}{3} + \frac{1}{3}$ vist – idéen bag repræsentationen er at på venstre side af lighedstegnet er $\frac{1}{3}$ i hver cirkel farvelagt, og på højre side er $\frac{2}{3}$ farvelagt. Men den fremstillede ækvivalens er ikke korrekt når vi kigger på det totale antal af dele på de to sider af lighedstegnet. Det er nemlig kun korrekt når vi ser på de farvede dele – der er to på begge sider. Kigger vi på de hvide dele, så er der fire på venstre side af lighedstegnet, men der er kun én hvid del på højre side. Hvor forsvinder de andre hvide dele hen? Vi har altså en relation som ikke er symmetrisk. Se figur 3.



Figur 3. Forskellige fremstillinger af addition, hvor ækvivalensforståelse og resultat ikke harmonerer.

Illustrationen hjælper ikke nødvendigvis på forståelsen af at $\frac{1}{3} + \frac{1}{3} = \frac{2}{3}$, når man ikke mener at det der tegnes på begge sider af lighedstegnet, er det samme. Hvis man tegner de resterende hvide dele på højre side af lighedstegnet, får man en forståelse for hvorfor elever kan komme til at udregne $\frac{1}{3} + \frac{1}{3} = \frac{2}{6}$. Lighedstegnets ækvivalens er altså svær at se her.

Det er et fundamentalt problem – størrelsen af delen kan ikke blive afkodet uden en form for repræsentation af helheden. Hvis vi bare ser en del, ved vi ikke hvad helheden er. En måde at overkomme dette problem på er at få understreget og indikeret at det hele ikke “eksisterer” fysisk, men er en underliggende antagelse, fx ved at gøre linjerne stiplede. En anden måde kan være at bruge en tallinje som repræsentation i stedet for en cirkel. Idet tallinjen har det “hele” repræsenteret direkte på linjen.

Man kan ikke afgøre størrelsen af en brøkdelen uden en eller anden repræsentation af hvad helheden er, men man skal samtidig huske ikke at addere de to hele når brøkdelen lægges sammen – dette er svært at forstå og en del af forklaringen på hvorfor brøker er svære for børn.

Vær opmærksom på hvordan brøker repræsenteres i det undervisningsmateriale I bruger i jeres undervisning, så er det måske nemmere at hjælpe elever af med ovenstående fejlopfattelse. Man kan tegne andre repræsentationer, som fx tallinjen, til opgaver hvor brøker repræsenteres af cirkeldelen, eller gøre noget ud af at fortælle hvordan cirkelrepræsentationen skal forstås.

At regne med både heltal og brøker

Når man trækker to tal fra hinanden, er en almindelig metode at opdele det ene tal, for derefter at trække det andet fra. Det gør man med heltal, og det samme gør sig gældende med brøker. At eleverne forstår hvordan de deler eller regrupperer, er vigtigt når de skal opbygge en fleksibilitet i forhold til at kunne regne med brøker. Opdeling kan antage mange former, fx $31 = 20 + 10 + 1$ og $31 = 20 + 11$.

På samme måde gælder det for brøker, og i forhold til subtraktion med brøker er det centralt med en dyb forståelse af hvordan man kan opdele brøker. Fx kan $\frac{3}{2}$ opdeles i $\frac{2}{2}$ og $\frac{1}{2}$.

Derefter skal man vide at $\frac{2}{2}$ er lig med 1, og sammenlagt har man så opdelt $\frac{3}{2}$ i $1 + \frac{1}{2}$. Denne form for opdeling er central når en brøk skal trækkes fra et naturligt tal, og er med til at skabe fleksible regnestrategier inden for brøker.

Et andet eksempel er $2 - \frac{1}{4}$. Her skal en af de to hele opdeles inden subtraktionen foretages. Det kræver at eleverne har en forståelse af ækvivalens, for de skal vide at 2 er det samme som $1\frac{4}{4}$ eller $\frac{8}{4}$.

Ræsonnementet er altså følgende:

$$2 = 1 + \frac{4}{4}$$

eller

$$2 = \frac{1}{4} + \frac{1}{4} + \dots + \frac{1}{4} = \frac{8}{4}.$$

Dermed kan vi skrive:

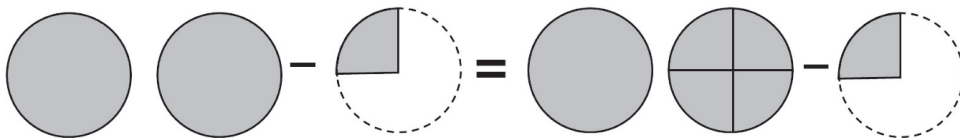
$$2 - \frac{1}{4} = 1 + \frac{4}{4} - \frac{1}{4} = 1\frac{3}{4}$$

eller

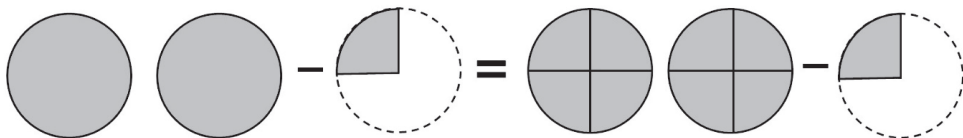
$$2 - \frac{1}{4} = \frac{8}{4} - \frac{1}{4} = \frac{7}{4}.$$

Når eleverne når frem til ovenstående, vil de nogle gange være færdige med at regne, men afhængigt af konteksten skal der måske endnu en ækvivalens til. Her skal man nemlig overveje hvorvidt det giver bedst mening at bruge blandede tal eller rene brøker. De to forskellige tilgange til disse opdelinger kan ses i figur 4.

1. tilgang



2. tilgang



Figur 4. Illustrationer af subtraktion.

Når man regrupperer naturlige tal, deler man ofte ind i enere, tiere og så videre – decimaltalsystemet giver os denne oplagte opdeling. Men man må have en anden strategi for opdeling når man skal subtrahere en brøk. Her bestemmes strategien af

brøkens nævner. Det er derfor essentielt for regruppering inden for brøker at den bestemmes af nævneren i brøken. Det er således centralt at eleverne har udviklet en forståelse af ækvivalente brøker og relationen til helheden – det vil sige at forstå at der er uendeligt mange ækvivalente brøker.

Hvis eleverne fx skal udregne $2 - \frac{2}{5}$, så er det smart at opdele 2 i 1 og $\frac{5}{5}$ eller i $\frac{10}{5}$. Men hvis de skal udregne $2 - \frac{1}{2}$, er det pludselig fjollet at dele 2 i femtedele. Nu giver det mere mening at opdele 2 i 1 og $\frac{2}{2}$ eller i $\frac{4}{2}$. Dette kræver adaptiv fleksibilitet knyttet til forståelse af ækvivalente brøker.

I den første tilgang til opdelingerne, vist i figur 4, opdeles én hel. Dette er nemt at oversætte til hvordan man normalt opdeler naturlige tal, hvor man “veksler” fx en tier. Ved at bruge denne metode er det kun én af de hele der deles ind i mindre dele, hvor antallet jo som sagt bestemmes af brøkens nævner. Som ved de naturlige tal er der ikke nogen grund til at inddele alle de hele i brøkdele. At opdele på denne måde kan muligvis lette forståelsen, da man kan bruge sin viden fra opdeling af de naturlige tal.

Den anden tilgang, hvor man opdeler alle hele, ser umiddelbart nemmere ud hvis man ser algoritmen beskrevet (se figur 4). Her bliver alle hele delt ind i mindre dele, og igen bliver antallet bestemt af brøkens nævner. Men i denne tilgang kan vi desværre ikke bruge elevernes kendskab til og erfaring med opdeling af de naturlige tal, og derudover kan det være sværere at tolke resultatet: Hvis det er større end 1, hvor mange hele er der så, hvor stort et tal har jeg så fået? Omvendt kan det også nogle gange være en fordel at få et resultat som er en brøk og ikke et blandet tal.

Se på regnestykket $2 - \frac{1}{4}$ fra før. Vi skrev resultatet både som det blandede tal $1\frac{3}{4}$ og som $\frac{7}{4}$. I mange matematikbøger vil man insistere på at $\frac{7}{4}$ er mere rigtigt, men i Pedersen & Bjerre (2021) argumenterer vi for at det kommer an på konteksten. Blandede tal findes i hverdagen, og derfor skal eleverne lære dem at kende og forstå ækvivalens, så de kan oversætte imellem et blandet tal og en brøk. Hvis vi har to hele pizzaer inddelt i fire slices hver, og vi skal gemme én slice til Ahmad, så er det godt at vide at vi har 7 slices tilbage. Har vi i stedet 2 liter mælk i køleskabet og skal bruge $\frac{1}{4}$ liter til maden, så er det nemmere at forstå at vi nu har $1\frac{3}{4}$ liter tilbage og ikke 7 kvarte liter. Et helt andet regnestykke giver måske resultatet $\frac{31}{4}$, hvor man kunne argumentere for at svaret stadig er en divisionsopgave og ikke den løsning man leder efter.

At forstå ækvivalens er helt essentielt for at eleverne forstår at disse forskellige måder at skrive resultaterne på er ens og betyder det samme. Man bruger forskellige måder at skrive det samme tal på, afhængigt af konteksten.

Når det at multiplicere nævnerne ikke er den nemmeste metode

Før så vi på det at trække en brøk fra et heltal, hvor vi lavede en regruppering for at kunne udføre subtraktionen. Man kunne også sige at vi fandt en fællesnævner.

Mange elever har lært at for at trække to brøker fra hinanden skal man finde “fællesnævneren” ved at gange nævnerne med hinanden.

Se nu på regneudtrykket

$$\frac{2}{4} - \frac{1}{2}$$

Hvis eleverne her starter med at gange nævnerne sammen, opdager de formentlig ikke at de to brøker faktisk er ens, og at udtrykket derfor giver 0. Hvis eleverne omvendt forkorter $\frac{2}{4}$ til $\frac{1}{2}$, vil de se at udtrykket bliver $\frac{1}{2} - \frac{1}{2}$, som oplagt er 0.

I en artikel af Newton (2008) blev det undersøgt hvordan førskolelærere regnede med bl.a. brøker. De fandt at få førskolelærere indså at $\frac{2}{4} = \frac{1}{2}$. De fleste brugte i stedet standardalgoritmen til at finde fællesnævneren ved at multiplicere nævnerne med hinanden. Det tyder på at de udelukkende havde en procedural forståelse af emnet. Ovenstående eksempel antyder at det vil være en fordel for elever at lære at se på brøkerne og kunne vurdere deres størrelser. Det kræver et fokus på ækvivalente brøker.

Man kan på samme måde betragte fx udtrykket $\frac{1}{3} - \frac{1}{6}$. Her er det heller ikke det nemmeste at finde fællesnævneren ved at multiplicere nævnerne og få 18, hvis man i stedet kan se at $\frac{1}{3}$ er det samme som $\frac{2}{6}$. For at lære at se at det giver mening at forlænge med 2 i stedet for 6, skal eleverne vide at der findes uendeligt mange fællesnævnerne – og altså ikke kun den ene man finder ved proceduralt at multiplicere nævnerne med hinanden. Vi må stræbe efter at eleverne opnår den konceptuelle forståelse at de har (uendeligt) mange mulige fællesnævnerne at vælge imellem. Denne forståelse hænger igen tæt sammen med forståelsen af ækvivalente brøker. Vi kan se på regnestykket fra før, $\frac{1}{3} - \frac{1}{6}$, og se på de to ækvivalensklasser, som er defineret i afsnit 2.1, proportional ækvivalens og enhedsækvivalens:

$$\frac{1}{3} = \frac{2}{6} = \frac{3}{9} = \frac{4}{12} = \frac{5}{15} = \frac{6}{18} = \dots$$

og

$$\frac{1}{6} = \frac{2}{12} = \frac{3}{18} = \frac{4}{24} = \frac{5}{30} = \frac{6}{36} = \dots$$

og se at vi kan bruge både 6, 12, 18 og så videre som fællesnævnerne.

Eksempler med multiplikation

I denne artikel vil vi ikke gennemgå multiplikation eller division dybdegående. Vi vil komme med nogle få udvalgte eksempler på hvorfor forståelsen af ækvivalens også er vigtig når man skal multiplicere brøker. Division af brøker er i manges opfattelse

enormt svært. Vi mener at det handler om mere og andet end forståelsen af ækvivalens, og det ligger derfor uden for vores formål med denne artikel.

Første eksempel er multiplikation af en brøk med et heltal. Hvis vi vil udregne $4 \cdot \frac{3}{4}$, kan vi lige så godt udregne $\frac{3}{4} \cdot 4$, da multiplikation er kommutativ. Men for børn, såvel som voksne, kan der være stor forskel på at prøve at regne ud hvad man får hvis man fire gange tager $\frac{3}{4}$, eller hvis man finder $\frac{3}{4}$ af 4.

Vi kan enten betragte 4 som fire enheder (fx æbler), som vi hver især tager $\frac{3}{4}$ af, eller betragte 4 som en samlet mængde, som vi vil tage $\frac{3}{4}$ af.

Altså vi kan tage $\frac{3}{4}$ af hvert æble, og derefter lægge delene sammen så vi har 4 stykker af $\frac{3}{4}$ af hvert æble, eller vi kan tage 3 ud af 4 æbler.

At forstå at dette er det samme, og at $4 \cdot \frac{3}{4}$ er 3, kræver en forståelse af ækvivalens. Begge de to forståelser tager afsæt i en enhed som vi forholder os til når vi regner; altså er det enhedsækvivalensforståelsen.

At multiplicere to brøker med hinanden

Hvis vi multiplicerer to brøker med hinanden, kan vi, afhængigt af konteksten, have brug for enten enhedsækvivalens eller proportional ækvivalens.

Vi ser på udtrykket

$$\frac{1}{2} \cdot \frac{3}{5}$$

Vi kan tage udgangspunkt i en enhed, fx en pizza. Pizzaen er delt i 5 lige store stykker, og vi har 3 af disse stykker. Hvert af dem skal vi tage halvdelen af. Altså ender vi med 3 stykker pizza som er halvt så store – de har hver størrelsen $\frac{1}{10}$ pizza. Vi har regnet os frem til at $\frac{1}{2} \cdot \frac{3}{5} = \frac{3}{10}$.

Vi kan se på samme stykke hvor vi ikke tager udgangspunkt i en enhed, men i stedet ser på proportionalitet. Hvis $\frac{3}{5}$ af æbletræets blomster bliver bestøvet, bliver halvdelen af de bestøvede blomster typisk til gode store æbler (resten falder af før de bliver modne). Antal æbleblomster er underordnet – det er forholdet vi er interesseret i. Vi kan altså selv fastsætte antallet af æbleblomster for at gøre regnestykket nemmere for os selv. Hvis æbletræet nu har 5 blomster, så bliver 3 af dem bestøvet, og halvdelen af dem bliver til æbler ... det vil ikke kunne lade sig gøre. Men hvis nu træet har 10 blomster, så bliver 6 bestøvet, og træet ender altså med 3 æbler. Vi har regnet ud at $\frac{3}{10}$ af æbleblomsterne bliver til æbler. Vi kunne også have set på et æbletræ med 30 blomster, og så ville vi finde ud af at 9 af disse blev til æbler, altså $\frac{9}{30}$ af blomsterne blev til æbler. Eller et træ med 100 blomster, og så ville vi finde ud af at $\frac{30}{100}$ af blomsterne bliver til æbler.

Vi har brug for proportionalitetsforståelsen af ækvivalens når vi ser på et forhold, og det er forholdet som er interessant, og ikke hvor mange eller meget vi ender med.

Konklusion

Vores teoretiske analyse af hvordan enhedsækvivalens og proportional ækvivalens optræder i forståelser af regneoperationer, viser hvordan de parallelt er med til at udbygge brøkforståelse inden for de omtalte regnearter.

Særligt finder vi at forståelsen af ækvivalens er med til at skabe et nuanceret brøkbegreb, som gør det muligt også at udvikle fleksible og adaptive regnestrategier når det kommer til brøkgregning. Hvordan opdeler vi, veksler vi eller omskriver vi brøker – så det er lettere at arbejde med i den givne kontekst? Det er næsten kun muligt hvis vi har en grundforståelse af at $\frac{1}{2}$ kage faktisk er den samme mængde kage som $\frac{2}{4}$ kage, som eleven forklarede i indledningen. Uden en udbygget ækvivalensforståelse vil det at regne med brøker hurtigt blive til ufleksible procedurer, hvor eleverne mangler forståelsen af at når vi fx finder en fællesnævner, så omskriver vi “bare” brøkerne inden for ækvivalensklassen.

Med respekt for kompleksiteten i brøkbegrebet mener vi at vores analyse netop viser hvordan ækvivalens er en del af den grundforståelse som er nødvendig for at eleverne overkommer deres naturlige tendens til “at ethvert tal står for netop én unik mængde”, og lærer at ethvert rationalt tal kan repræsenteres ved uendeligt mange forskellige ækvivalente brøker.

Perspektivering

Ækvivalensforståelsen peger videre til både procentregning og algebra. Man skal kunne regne med brøker og forstå hvornår og hvorfor to brøker er ens, for at forstå hvorfor $\frac{1}{4}$ er det samme som $\frac{25}{100}$, som er det samme som 25%. Tilsvarende skal man kunne forstå hvordan brøker forkortes, og hvorfor lighedstegnet gælder, når man forkorter udtryk som fx:

$$\frac{8ac + 12bc + 36c}{12c} = \frac{2a + 3b + 9}{3}.$$

Når man arbejder med ækvivalens af brøker, lægger man grundlaget for den abstrakte forståelse af algebra, hvor et bogstav kan betyde mange forskellige ting og antage forskellige værdier. For både procentregning og algebra er det altså helt grundlæggende at have en forståelse af hvornår, hvorfor og hvordan brøker er ækvivalente.

Referencer

- Bailey, D.H., Hoard, M.K., Nugent, L. & Geary, D.C. (2012). Competence with Fractions Predicts Gains in Mathematics Achievement. *Journal of Experimental Child Psychology*, 113, s. 447-455.
- Behr, M.J., Wachsmuth, I., Post, T.R. & Lesh, R. (1984). Order and Equivalence of Rational Numbers: A Clinical Teaching Experiment. *Journal for Research in Mathematics Education*, 15, s. 323-341.
- Booth, J.L. & Newton, K.J. (2012). Fractions: Could They Really Be the Gatekeeper's Doorman? *Contemporary Educational Psychology*, 37, s. 247-253.
- Cramer, K.A., Wyberg, T. & Levitt, S. (2009). *Rational Number Project: Fraction Operations and Initial Decimal Ideas*.
- English, L. & Halford, G.S. (1995). *Mathematics Education: Models and Processes*. Routledge.
- Fazio, L.K., DeWolf, M. & Siegler, R.S. (2016). Strategy Use and Strategy Choice in Fraction Magnitude Comparison. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 42, s. 1-16. doi:10.1037/xlm0000153.
- Hamdan, N. & Gunderson, E.A. (2017). The Number Line is a Critical Spatial Numerical Representation: Evidence from a Fraction Intervention. *Developmental Psychology*, 53, s. 587-596. doi:10.1037/dev0000252.
- Kamii, C. & Clark, F.B. (1995). Equivalent Fractions: Their Difficulty and Educational Implications. *Journal of Mathematical Behavior*, 14, s. 365-378. doi:10.1016/0732-3123(95)90035-7.
- Kieren, T.E. (1976). On the Mathematical, Cognitive, and Instructional Foundations of Rational Numbers. I: R.A. Lesh & D.A. Bradbard (red.), *Number and Measurement: Papers from a Research Workshop* (s. 101-144). ERIC/SMEAC.
- Moss, J. (2005). Pipes, Tubes, and Beakers: New Approaches to Teaching the Rational-Number System. I: M.S. Donovan & J.D. Bransford (red.), *How Students Learn: Mathematics in the Classroom* (s. 309-349). The National Academies Press. doi:10.17226/11101.
- Newton, K.J. (2008). An Extensive Analysis of Preservice Elementary Teachers' Knowledge of Fractions. *American Educational Research Journal*, 45, s. 1080-1110. doi:10.3102/0002831208320851.
- Ni, Y. (2001). Semantic Domains of Rational Numbers and the Acquisition of Fraction Equivalence. *Contemporary Educational Psychology*, 26(3), s. 400-417. doi:10.1006/ceps.2000.1072.
- Ni, Y. & Zhou, Y.D. (2005). Teaching and Learning Fraction and Rational Numbers: The Origins and Implications of Whole Number Bias. *Educational Psychologist*, 40(1), s. 27-52. doi:10.1207/s15326985ep4001_3.
- Pedersen, P.L. (2021). *Learning and Understanding the Complexity of Fractions*. <https://vbn.aau.dk/ws/portalfiles/portal/441584586/PHD%20PLP%202%20E%20pdf.pdf>.
- Pedersen, P.L. & Bjerre, M. (2021). Two Concepts of Fraction Equivalence. *Educational Studies in Mathematics*, 107, s. 135-157. doi:10.1007/s10649-021-10030-7.
- Pedersen, P. L., & Sunde, P. (2019). Students' ability to compare fractions related to proficiency in the four operations. *Eleventh Congress of the European Society for Research in Mathematics Education*. Retrieved from <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02401060>

- Rau, M.A. & Matthews, P.G. (2017). How to Make 'More' Better? Principles for Effective Use of Multiple Representations to Enhance Students' Learning about Fractions. *ZDM – Mathematics Education*, 49, s. 531-544. doi:10.1007/s11858-017-0846-8.
- Schneider, M. & Siegler, R.S. (2010). Representations of the Magnitudes of Fractions. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 36, s. 1227-1238. doi:10.1037/a0018170.
- Sidney, P.G., Thompson, C.A. & Rivera, F.D. (2019). Number Lines, but Not Area Models, Support Children's Accuracy and Conceptual Models of Fraction Division. *Contemporary Educational Psychology*, 58, s. 288-298. doi:10.1016/j.cedpsych.2019.03.011.
- Siegler, R.S., Duncan, G.J., Davis-Kean, P.E., Duckworth, K., Claessens, A., Engel, M., Susperreguy, M.I. & Chen, M. (2012). Early Predictors of High School Mathematics Achievement. *Psychological Science*, 23, s. 691-697. doi:10.1177/0956797612440101.
- Siegler, R.S., Fazio, L.K., Bailey, D.H. & Zhou, X. (2013). Fractions: The New Frontier for Theories of Numerical Development. *Trends in Cognitive Sciences*, 17, s. 13-19. doi:10.1016/j.tics.2012.11.004.
- Siegler, R. S., & Pyke, A. A. (2013). Developmental and individual differences in understanding of fractions. *Developmental Psychology*, 49, 1994-2004. doi:10.1037/a0031200
- Stafylidou, S. & Vosniadou, S. (2004). The Development of Students' Understanding of the Numerical Value of Fractions. *Learning and Instruction*, 14, s. 503-518. doi:10.1016/j.learn-instruc.2004.06.015.
- Tian, J., & Siegler, R. S. (2017). Fractions learning in children with mathematics difficulties. *Journal of Learning Disabilities*, 50, 614-620. doi:10.1177/0022219416662032
- Torbeyns, J., Schneider, M., Xin, Z. & Siegler, R.S. (2015). Bridging the Gap: Fraction Understanding is Central to Mathematics Achievement in Students from Three Different Continents. *Learning and Instruction*, 37, s. 5-13. doi:10.1016/j.learninstruc.2014.03.002.
- Van Hoof, J., Lijnen, T., Verschaffel, L. & Van Dooren, W. (2013). Are Secondary School Students Still Hampered by the Natural Number Bias? A Reaction Time Study on Fraction Comparison Tasks. *Research in Mathematics Education*, 15, s. 154-164. doi:10.1080/14794802.2013.797747.
- Van Hoof, J., Verschaffel, L. & Van Dooren, W. (2017). Number Sense in the Transition from Natural to Rational Numbers. *British Journal of Educational Psychology*, 87, s. 43-56. doi:10.1111/bjep.12134.
- Winsløw, C. (2019). Professor: Vi skylder de danske børn og unge at lære dem matematik. *Politiken*. <https://politiken.dk/debat/debatindlaeg/art7576181/Vi-skylder-de-danske-b\OT1\orn-og-unge-at-l\OT1\are-dem-matematik>.
- Wong, M. (2010). Equivalent Fractions: Developing a Pathway of Students Acquisition of Knowledge and Understanding. I: L. Sparrow, B. Kissane & C. Hurst (red.), *Shaping the Future of Mathematics Education: Proceedings of the 33rd Annual Conference of the Mathematics Education Research Group of Australasia* (s. 673-680). Fremantle: MERGA. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED521016.pdf>.

- Wong, M. & Evans, D. (2007). Students' Conceptual Understanding of Equivalent Fractions. I: J. Watson & K. Beswick (red.), *Mathematics: Essential Research, Essential Practice* (s. 824-833). Adelaide: MERGA.
- Yoshida, H. & Sawano, K. (2002). Overcoming Cognitive Obstacles in Learning Fractions: Equal-Partitioning and Equal-Whole. *Japanese Psychological Research*, 44, s. 183-195.

English abstract

How can we support students' understanding of fractions and fraction arithmetic? This article is an introduction to the didactic field of equivalence of fractions. We present a theoretical mathematical analysis of two understandings of equivalence which we call unit and proportional equivalence.

We will analyze a) how the two different understandings differ from each other and b) how they behave differently within addition, subtraction and multiplication.

We argue, in this Danish adaptation and extension of a major English article by the same authors, that a greater knowledge of equivalence may be essential for developing flexible arithmetic strategies in fractional arithmetic.

Journal club i læreruddannelsen: erfaringer og videreudvikling



Sanne Schnell
Nielsen, Københavns
Professionshøjskole



Peter Mikael
Hansen, Københavns
Professionshøjskole

Abstract: Artiklen beskriver vores erfaringer med at udvikle og gennemføre journal club-møder for naturfagsstuderende på læreruddannelsen som en del af talentprogrammet Copenhagen Honours College på Københavns Professionshøjskole. Erfaringerne peger på at de studerende oplever at de gennem et forpligtende fagligt fællesskab er blevet bedre til at læse, forstå, analysere, udtrække viden fra samt orientere sig i forskningsbaseret litteratur. De studerende oplever at en journal club kan tilbyde elementer som de savner, og som de kan overføre til deres øvrige studie samt kommende profession. Artiklen afsluttes med forslag til hvordan en journal club kan kvalificeres og videreudvikles i et talentprogram eller som en del af den ordinære læreruddannelse.

Baggrund

Artiklen er baseret på vores erfaringer med at udvikle og gennemføre en række journal club-møder for naturfagsstuderende på læreruddannelsens Copenhagen Honours College-talentprogram (CHC-talentprogram) på Københavns Professionshøjskole. CHC tilbydes til studerende med mindst ét fag inden for naturfagsområdet (fra 2021 optages dog også studerende med fagene madkundskab og idræt).

CHC-programmet er finansieret af Novo Nordisk Fonden og har et omfang på 30 ECTS-point hvoraf journal club udgør de 5 ECTS-point. Derudover består CHC af en række kurser, en sommerskole samt et toårigt praksissamarbejde med en partnerskole. Hertil kommer en række ikke-obligatoriske aktiviteter som fx case competition, coaching og sociale fællesskabende aktiviteter. Aktiviteterne i CHC forløber sideløbende med den ordinære læreruddannelse på de studerendes tredje og fjerde år.

Journal club: forskningslitteratur, fagfællesskab og profession

En journal club (herefter JC) er et forum af mennesker som har et fagfællesskab og et ønske om at diskutere fælles emner med relevans for egen praksis. Omdrejningspunktet for diskussionerne er fælleslæst forskningsbaseret litteratur. Gennem JC får

deltagerne mulighed for at analysere og forholde sig kritisk til forskningslitteratur samt vurdere anvendeligheden i forhold til egen profession (Linzer, 1987).

Der er en lang tradition for brug af JC inden for det medicinske område (Linzer, 1987). Det er en tradition som efterhånden også har spredt sig til andre naturvidenskabelige forsknings- og uddannelsesområder (Honey & Baker, 2011; Veresoglou & Rillig, 2019). I Danmark indgår JC fx som en del af praktikopholdet på bioanalytikeruddannelsen (Lorenzen, 2019) og som et valgfag til sygeplejestuderende (Bagh, 2020). Uddannelsesforskning peger på at JC kan bidrage til at udvikle deltageres kompetencer til at tilegne sig, forstå og kritisk anvende forskningsmetoder og -resultater i egen profession (fx Honey & Baker, 2011; Lorenzen, 2019).

Inspireret af ovenstående erfaringer inden for den medicinske og naturvidenskabelige tradition er brugen af JC nu ved at brede sig til uddannelse og efteruddannelse af naturfagslærere. Forskning relateret til kommende og praktiserende naturfagslæreres udbytte af JC er dog meget begrænset, men de få studier som findes (Barak & Dori, 2009; Brill, Falk & Yarden, 2003; Glazer, 2000; Tallman & Feldman, 2016), peger primært på gode potentialer i forhold til udvikling af deltageres kompetencer inden for:

- Læsning, forståelse, fortolkning, formidling og diskussion af forskningslitteratur
- Vurdering af videnskabelige arbejdsmetoder og empiri inden for uddannelsesforskning og naturvidenskabelig forskning
- Kritisk tænkning
- Anvendelse af forskningsviden til refleksion i forhold til eksisterende og kommende undervisningspraksis
- Omsætning af empiribaserede forskningsresultater fra uddannelsesforskning og af ny naturvidenskabelig forskningsviden til undervisningspraksis
- Indgåelse af forpligtende faglige fællesskaber.

Journal club: et bidrag til opfyldelse af politiske intentioner og udfordringer i læreruddannelsen?

Hensigten med reformen af læreruddannelsen i 2012 var bl.a. at øge det faglige niveau i uddannelsen (Regeringen, 2012). Formålet var bl.a. herigennem at tiltrække og fastholde flere dygtige studerende. Desuden var hensigten med reformen at øge graden af systematisk inddragelse af evidensbaseret viden i uddannelsen (ibid.). En efterfølgende evaluering viser imidlertid at der fortsat ikke i tilstrækkelig grad anvendes primærlitteratur, fx forskningsartikler, i såvel fagene som de studerendes bachelorprojekter (Danmarks Evalueringsinstitut, 2018). Derudover peger samme evaluering på at mange af bachelorprojekterne ikke lever op til en række akademiske krav, fx en klar problemstilling, god referenceteknik, inddragelse af tidligere forskning

og systematisk analyse. Dertil kommer at det faglige niveau i en del af den anvendte litteratur i læreruddannelsen med fordel kunne øges (ibid.). Der er også fortsat problemer med at tiltrække studerende som stiller høje faglige krav til deres kommende uddannelse (Danmarks Evalueringsinstitut, 2022). Derudover begrundes mere end 50 % af de lærerstuderende der overvejer at afbryde deres uddannelse, den store eller særdeles stor betydning for deres overvejelse at der er en mangelfuld kobling mellem teori og praksis i uddannelsen (Danmarks Evalueringsinstitut, 2013).

JC i uddannelsessammenhænge er netop karakteriseret ved at give deltagerne mulighed for at læse, analysere og forholde sig kritisk til forskningslitteratur samt vurdere anvendeligheden i forhold til kommende profession. Vi vil derfor påstå at JC indeholder potentialer til at kvalificere den ordinære læreruddannelse så de studerende i højere grad præsenteres for, og opnår, kompetencer til at forstå og anvende evidensbaseret forskningslitteratur i deres studie og kommende profession. Det anvendelsesorienterede fokus i JC i forhold til deltagernes kommende profession indeholder derudover potentialer til at adressere det forhold at mange studerende efterspørger større sammenhæng mellem teori og praksis. Derudover tilbyder JC-formatet mulighed for opbygning af et forpligtende fællesskab med plads til faglig udfordring og fordybelse.

Med baggrund i ovenstående finder vi det relevant at undersøge hvordan man kan udvikle samt implementere et indhold og format i JC som både adresserer en del af de politiske intentioner og kan bidrage til at løse en del af de udfordringer som læreruddannelsen står med. Dette har ledt frem til følgende undersøgelsesspørgsmål:

Hvordan, oplever og udnytter de lærerstuderende indholdet og formatet i journal club gennem deres deltagelse?

Intentioner, udvikling og implementering af journal club som en del af Copenhagen Honours Colleges læreruddannelse

Intentionen med de forskellige aktiviteter i CHC-programmet, og dermed også med JC, er, at de kan bidrage til at opfylde en eller flere af følgende tre "talent-didaktiske søjler", som ifølge Wolfensberger (2012) kendetegner virksomme talentprogrammer:

- Faglig fordybelse ud over hvad uddannelsen faciliterer
- Inklusion i et fællesskab med ligesindede
- Mulighed for at arbejde inden for rammer med stor individuel frihed.

Med udgangspunkt i de nævnte potentialer, som JC ifølge litteraturen indeholder i forhold til udvikling af deltagernes kompetencer (se afsnittet "Forskningslitteratur,

fagfællesskab og profession”, side 2), har vi valgt at udfolde de tre “talent-didaktiske søjler” i følgende specifikke intentioner for vores JC-møder:

- Udvikling af de studerendes kompetencer til at læse, forstå og forholde sig reflekteret og kritisk til de fælleslæste tekster
- Etablering af et forpligtende og ligeværdigt fagligt fællesskab, hvor de studerende sammen med underviserne får mulighed for at udvide, nuancere og uddybe forskningsbaserede tekster relateret til de studerendes kommende profession
- Udvikling af et fælles forum hvor der er fokus på at anvende de studerendes erfaringer, erkendelser og refleksioner fra JC-møderne i deres øvrige læreruddannelse og kommende profession
- Opbygning af et format som løbende øger de studerendes medindflydelse og ansvar i forhold til varetagelse af JC-møderne.

Format, arbejdsformer, deltagelseskrav og indholdselementer

JC er udviklet som en gennemgående aktivitet i CHC og er placeret med otte møder a fire timer fordelt med to pr. semester for de enkelte årgange af studerende. Desuden har de enkelte årgange deltaget i forskellige forskningsrelaterede aktiviteter, eksempelvis en konference (The Nordic Research Symposium on Science Education) og et litteratursøgningskursus. Derudover har de studerende været aktivt involveret i aktuelle begivenheder relateret til deres kommende profession, fx høringsrunder (Undervisningsministeriet, 2018).

Arbejdsformen er en vekselvirkning mellem oplæg, studiekredse, øvelser og drøftelser relateret til den læste litteratur. Undervisningen varetages af et team på to undervisere. Kriteriet for beståelse er deltagelsespligt til samtlige otte møder. Ved manglende deltagelse skal den studerende selv komme med et forslag til en afløsningsopgave.

Med afsæt i litteratur om JC (fx McLeod et al., 2010) har vi arbejdet på at opbygge et fast og genkendeligt format:

- *Indflyvning.* Hvor er vi i processen, og hvad er formålet med vores JC-møder? Her viser vi altid samme de slides: (a) en tidslinje med gennemførte og kommende møder og (b) formål med JC-møderne relateret til de tre talent-didaktiske søjler. Derudover viser vi om muligt et foto fra den sidst gennemførte JC.
- *Litteraturen sættes ind i en større faglig kontekst.* Fx hvilke problemstillinger i naturfagsundervisningen adresseres i artiklen? Hvad er forskningsfeltet? Hvad er der af eksisterende viden inden for feltet?
- *Begrundelser for relevans.* Fx hvad er formålet med artiklen? Hvad er begrundelsen for at artiklen er relevant?

Afklaring af begreber og litteraturgenre.

- *Opbygning, sammenhæng og funktion af artiklens afsnit.* Gælder specielt hvis det er en forskningsartikel. Hvad er fx sammenhængen mellem forskningsspørgsmål, teori og metode?
- *Forståelse og kritik af videnskabelige metoder, herunder undersøgelsesdesign.* Fx opstilling af forskningsspørgsmål, metoder til empiriindsamling, analysestrategi, forbehold i forhold til validitet og troværdighed, herunder styrker og svagheder ved forskellige dataindsamlings- og analysemetoder. Hvordan anvendes andres forskning i artiklen? Hvordan argumenteres for artiklens resultater?
- *Diskussion af det faglige indhold og argumentationen i artiklen.* Processen kan faciliteres med stilladserende refleksions- eller arbejdsspørgsmål. Eksempelvis: Hvilke tre dimensioner foreslår rapporten der skal fokuseres på, og hvordan kan det inspirere arbejdet med naturfagsundervisning i en dansk kontekst? Beskriv modellen i figur 1: Hvad mener forfatterne, og hvad mener I om modellen? Diskutér tabel 3 – konkretiser med et eksempel.
- *Perspektivering og transfer.* Hvordan kan litteraturen (fx indhold, format, forskningsmetode, teori, referencer, argumentation, implikationer) bruges i de studerendes nuværende uddannelse (fx i deres undervisningsfag, bacheloropgaver, partnerskabsprojekter og praktik), kommende profession (fx oprettelse af JC i det naturfaglige team på skolen) eller personligt (fx betydningen af uddannelsesforskning i forhold til fortsat udvikling af egen undervisningspraksis). Hvad foreslår artiklen kunne være godt at overføre til Danmark, og hvad mener I om det?
- *Personlig vurdering.* De enkelte studerendes egne erfaringer og udbytte af den gennemførte JC og litteraturen.
- *Kort introduktion til næste JC-møde.*

I implementeringen har vi desuden løbende arbejdet på at etablere en dialogisk tilgang stilladseret gennem bl.a. brug af cooperative learning-strukturer samt produktive spørgsmål som stimulerer til refleksion, debat og udveksling af synspunkter (Nielsen, 2014). Endvidere har vi løbende forsøgt at øge de studerendes indflydelse og ansvar i forhold til at de i stigende grad skulle komme med forslag til valg af tematikker og litteratur eller selvstændigt varetage en JC.

Den anvendte litteraturs genrer og indhold

Da JC har sin oprindelse inden for medicinsk forskning, er der en tradition for primært at anvende forskningsartikler (Linzer, 1987). Da forskning sandsynligvis ikke vil udgøre den primære arbejdsopgave i de CHC-studerendes kommende profession, har vi valgt at præsentere de studerende for et mere bredt billede af forskellige typer af forskningsbaseret litteratur. I løbet af de otte JC-møder arbejder de studerende eksempelvis med følgende forskellige typer af dansk og international litteratur: reviewartikler,

forskningsartikler baseret på empiriske undersøgelser, conference-proceedings og rapporter med professionsrettede undersøgelser. Litteraturen er på originalsproget (engelsk eller skandinavisk), eller den er bearbejdet og oversat. Diversiteten i valget af tekster er som tidligere nævnt bevidst. I forbindelse med empirisk baserede forskningsartikler har vi eksempelvis haft fokus på forståelse og kritik af videnskabelige metoder og anvendelse af videnskabelig argumentation. I forbindelse med reviewartikler har vi fokuseret på udvikling af forskellige teoretiske ståsteder eller empiriske resultater inden for et aktuelt fagdidaktisk felt. Centralt for tilgangen til litteraturen og forskningsresultaterne er et professionsrettet, akademisk, kritisk og reflekterende perspektiv.

Det faglige indhold i den litteratur vi anvender i JC-møderne, har et professionsrettet fokus og tager udgangspunkt enten i aktuelle problemstillinger eller i centrale fagdidaktiske tematikker relateret til grundskolens naturfagsundervisning. Vi har fx arbejdet med naturfaglige kompetencer og dannelse (fx Højgaard & Sølberg, 2018), dialogen som formativ evaluering (Nielsen, 2014 Ruiz-Primo, 2011), udfordringer og potentialer relateret til praktisk og undersøgende arbejde (fx Hodson, 2014), "big ideas of science education" (Harlen, 2015), internationale tendenser inden for naturfagsdidaktik og uderumsdidaktik (fx Schilhab, 2021) samt "science-kapital" (Archer et al., 2015) og scientific literacy (Goldbech, 2019). Derudover har vi på opfordring af de studerende arbejdet med "pedagogical link-making" (Scott, Mortimer & Ametller, 2011), "undervisning for og i bæredygtighed" (Belling, 2017; Huckle & Wals, 2015) samt "semantisk tyngde og semantisk tæthed" i naturfaglige tekster (Daugaard et al., 2017; Maton, 2014). Som det fremgår af ovenstående eksempler, har vi valgt at fokusere på naturfagsdidaktisk frem for naturvidenskabelig litteratur. Baggrunden for dette fokus er at vi vurderer at den potentielle anvendelsesværdi i forhold til alle skolens naturfag samt andre elementer i læreruddannelsen er højere inden for det fagdidaktiske felt sammenlignet med det naturvidenskabelige.

Empiri

Empirien består af vores egne fællesgjorte erfaringer og de studerendes løbende skriftlige og mundtlige evalueringer gennem fire år. Vores egne fællesgjorte erfaringer er blevet skriftliggjort årligt som en del af CHC-programmets systematiske evaluering.

Evalueringerne er baseret på i alt 28 forskellige studerendes oplevelser fordelt på seks-otte studerende pr. årgang. Evalueringerne er oprindeligt ikke gennemført med henblik på publicering, og der har derfor ikke været et fast evalueringsformat som har været gennemgående for de fire årgange. Der har dog som en del af det faste format (se ovenfor) været løbende evaluering efter hvert JC-møde. Den løbende evaluering har typisk taget udgangspunkt i følgende spørgsmål: (1) Hvad er det vigtigste du har

fået med fra dagens artikler og diskussioner? (2) Hvordan har dagens JC bidraget til de tre talent-didaktiske søjler? Og (3) hvordan kan litteraturens indhold anvendes i jeres profession/studie og/eller personligt? Derudover har vi som en del af semesterafslutningen for enkelte årgange brugt et elektronisk spørgeskema med Likert-skala med plads til åbne udsagn (årgang 2018), semistrukturerede gruppeinterviews, hvor de studerende har nedskrevet og diskuteret deres udsagn (årgang 2020 og 2021), samt Delphi-evaluering (årgang 2021). Direkte udsagn fra de studerende er betegnet med den årgang hvor de er blevet optaget i CHC-programmet. Hvis udsagnet kommer fra Delphi-evalueringen, er der efter årgangen indikeret hvor mange studerende som har tilkendegivet at de var enige, inklusive den person som har skrevet udsagnet (fx betyder 2021, 5:7 at 5 ud af 7 studerende er enige). Vi har foretaget en grov tematisk analyse guidet af vores undersøgelsesspørgsmål og intentioner.

Erfaringer fra implementeringen af journal club

Nedenfor vil vi beskrive hvordan de studerende oplever og udnytter indholdet og formatet i JC-møderne. Beskrivelserne er grupperet i seks tematikker.

1. Forskningslitteratur og udvikling af akademiske kompetencer

Generelt fremhæver de studerende i deres evalueringer at JC har bidraget til at udvikle forskellige delelementer af akademiske kompetencer:

“Der har været tekster på alle niveauer. Det har været med til at gøre mig bedre til at læse og forstå akademiske tekster.” eller “Jeg har lært at udtrække informationer fra forskningslitteratur.” (begge årgang 2018).

Eller med tre forskellige studerendes ord:

“Jeg er blevet bedre til at pakke videnskabelige artikler ud.”, “Jeg er blevet bedre til at tilgå litteraturen.” og “Man kan ligesom bedre genkende opbygningen.” (alle årgang 2020).

Andre studerende fremhæver hvordan JC har styrket deres analytiske kompetencer:

“Jeg er langt stærkere analytisk [...] og kan bringe teksterne i spil i andre sammenhænge.” (2020).

Som det fremgår af citaterne, oplever de studerende at de gennem JC er blevet bedre til at læse, forstå, analysere, udtrække viden fra samt orientere sig i forskningsbaseret litteratur. En enkelt studerende (årgang 2020) beskriver ligefrem hvordan forsknings-

litteraturen og JC har inspireret hende til på sigt at prøve kræfter med uddannelsesforskning.

Evalueringerne peger ligeledes på at de studerende generelt oplever at de er blevet mere målrettede, kritiske og reflekterende når de søger litteratur i forbindelse med deres studie. Eksempelvis er de opmærksomme på om artiklerne har været gennem en peerreview-proces, hvor mange gange artiklerne er blevet citeret, og forfatterens status inden for feltet. De studerende beskriver også hvordan de gennem JC-møderne har fået kendskab til og efterfølgende anvendt ERIC, Google Scholar samt "snowball reference"-metoden når de har søgt litteratur.

I tråd med vores egne oplevelser er det dog værd at bemærke at til trods for at hovedparten af de studerende giver udtryk for at de er blevet mere kritiske når de søger og anvender litteratur, er det kun et fåtal som giver udtryk for at JC har bidraget til at udvikle deres kompetencer til specifikt at forholde sig kritisk til forskningsdesign og metoder.

2. Anerkendende og forpligtende fagligt fællesskab

En anden interessant pointe fra evalueringerne er relateret til de studerendes bidrag til, og anerkendelse af, et fagligt fællesskab hvor der er plads til fordybelse:

"Primært har jeg lært at det er ekstremt produktivt at diskutere gode artikler i en lille gruppe af dedikerede peers med den rigtige styring." (2018).

"JC er et rum hvor man kan forvente at man kan diskutere uddybende om det læste. Derudover er der også en fornemmelse af at vi lærer i fællesskab." (2020).

Specielt denne anerkendelse af de andre JC-studerende som engagerede og kvalificeret bidragende til det faglige fællesskab er et generelt træk i evalueringerne. En del af ovenstående pointe illustreres i følgende udsagn:

"Har virkelig været glad for stemningen og engagementet ... alle har været forberedte og veloplagte." (2021).

"Godt at få andre studerendes holdninger/analyser/tanker om artiklerne/emnerne." og "Godt at høre reflekterede medstuderendes nedslag i teksten." (begge udsagn fra 2021, 7:7).

De studerende fremhæver ligeledes hvordan den løbende og tætte kontakt til underviserne bidrager til at de opsøger råd uden for JC-møderne. Eksempelvis i forbindelse med relevant litteratur, empiriindsamling og analyse relateret til partnerskabsprojekter og bachelorprojekter. Muligheden for at videreudvikle eller genbesøge de fælles erfaringer med underviserne tillægges ligeledes høj værdi:

“Man [underviserne og de studerende] har noget sammen i JC som man også kan snakke om i andre kontekster [...] når man sidder i bussen til Big Bang, ikke?” (2020).

Dertil kommer at de studerende oplever det som et positivt bidrag til opbygning af et fagligt fællesskab at de ofte møder underviserne i andre sammenhænge (fx kurser, konferencer, fællesmøder):

“Det har været godt at underviserne går igen i flere kurser, så læringsfællesskabet der blev startet i JC, får mulighed for at styrkes.” (2020).

I samme tråd fremhæver de studerende at den regelmæssige og relativt hyppige gennemførelse af JC-møderne bidrager positivt til at “holde fast” og “holde gryden i kog” (2020) i forhold til løbende at opsøge og anvende forskningsbaseret litteratur.

Afslutningsvis peger evalueringerne også på at JC bidrager til opbygning af sociale aspekter relateret til såvel de medstuderende som underviserne:

“Det er her vi har haft et længerevarende forhold til nogle af underviserne, som ikke var vores vejledere. Og det har styrket os meget som gruppe at diskutere på denne måde – og det er nærmest kun efter JC at vi har siddet sammen efterfølgende.” (2018).

Opsamlende peger vores evalueringer på at de studerende gennem journal club oplever at mødes i et anerkendende, ligeværdigt og forpligtende forum, hvor de over længere tid udvikler et fagligt og socialt fællesskab som rækker ud over JC-møderne.

3. Begrænsninger i formgivende bidrag og progression

Intentionen med JC er at rammesætte et fællesskab hvor de studerende i høj grad selv tager ansvar for og bidrager til at formgive undervisningen. Helt konkret var intentionen at opbygge en progression gennem de otte sessioner så de studerende påtog sig mere og mere ansvar med hensyn til valg af litteratur og tematikker og med hensyn til på skift at stå for varetagelsen af JC-møderne.

Evalueringerne peger på at de studerende oplever både medindflydelse og ligeværd, og at de har haft mulighed for at bidrage til og formgive JC:

“Den faglige fordybelse, temaerne de enkelte gange, fællesskabet mellem de studerende, ligestillingen mellem underviserne og de studerende, muligheden for at formgive og bidrage... Det taler alt sammen lige ind i CHC-tankegangen, og det har været megafedt.” (2018).

“Bare det at have muligheden for reel indflydelse har givet respekt og følelsen af frihed og inddragelse.” (2020).

Eller udsagn fra Delphi-evalueringen (begge 2021, 7:7):

“Medbestemmelse har været godt.” og “Godt at vi har mulighed for at have indflydelse på form og indhold.”

En vigtig pointe er dog at til trods for at størstedelen af de studerende oplever medbestemmelse samt værdsætter muligheden for at bidrage konkret med forslag til arbejdsformer, tematikker eller artikler, er det kun et fåtal som reelt udnytter muligheden for at bidrage eller tage ansvar ud over deres deltagelse i møderne:

“Meget imødeset [bidrage med artikler og tematikker], men måske ikke så meget udlevet, da jeg ikke fandt tekster selv.” (2018).

Vores samlede erfaringer peger således på at størstedelen af de studerende primært bidrager til undervisningen gennem deres aktive dialogiske deltagelse i møderne samt gennem deres tilkendegivelse af interesseområder de ønsker at arbejde med. En mindre del af de studerende på hver årgang er gennem årene kommet med konkrete forslag til litteratur. Derimod er der samlet set kun fem studerende på alle årgange som selvstændigt har planlagt og varetaget en JC. Evalueringerne peger på at ud over tidspres kan den manglende implementering af intentionen delvist skyldes den høje grad af fri(villig)hed samt meget åbne frihedsgrader i forhold til selvstændigt at gennemføre en JC:

“Jeg nåede aldrig at stå for en JC. Det kunne I godt have forpligtet os mere til (men grundet tidspres var det godt at I ikke gjorde det ...).” (2020).

“En angivelse af tema ville være godt eller simpelthen at man melder sig på en af dagene så man føler sig forpligtet til at finde noget.” (2018).

Der er også tegn i evalueringerne på at der er behov for mere stilladsering i forhold til udvælgelse af litteratur:

“Der kunne godt være en pointe i at snakke mere om hvordan I udvælger artikler.” (2020).
Og: “Tænker der måske har været manglende forslag til hvordan man går til en forskningsartikel.” (2021).

Derudover oplever vi at de studerendes begrænsede bidrag kan tillægges deres manglende overblik inden for naturfagsdidaktisk forskning, herunder manglende kendskab til vurderingskriterier i forhold til at kunne udvælge central eller aktuel forskningsbaseret litteratur. Dertil kommer at de studerende er udfordret i forhold til selvstændigt at kunne prioritere og uddrage relevant viden fra artikler. Denne faglige udfordring afspejles også i de studerendes ytringer som svar på hvorfor de ikke har budt ind med tematikker og litteratur:

“Jeg tænker det er svært som CHC-studerende at udvælge forskningslitteratur.” Og “Jeg synes det er fint som det er, fordi det i forvejen er en svær læreproces at skulle læse og analysere forskning på en anden måde end man bliver præsenteret for i de andre fag på læreruddannelsen.” (To forskellige studerende fra årgang 2018).

Samlet set peger vores erfaringer på at det gennemførte JC-format og -indhold ikke i tilstrækkelig grad har formået at indbygge en progression som kan stilladsere alle studerende til at bidrage til valg af tematikker, udvælgelse af litteratur samt selvstændig varetagelse af JC.

4. Transferværdi til øvrige uddannelser og kommende profession

Generelt giver de studerende udtryk for at deres erfaringer fra deltagelse i JC-møderne har en stor transferværdi. Det gælder i forhold til både den ordinære uddannelse, den kommende profession og de andre aktiviteter i CHC-programmet. Denne pointe afspejles i følgende udsagn:

“Alle de tekster som har været udvalgt, har været relevante for både min kommende profession og de fag som jeg har læst på min ordinære læreruddannelse ... Jeg har virkelig formået at kunne bruge en synergieffekt mellem JC og fagundervisningen i eksempelvis fysik/kemi, biologi og geografi.” (2018).

Eller med tre andre studerendes ord:

“Kendskab til artikelbaser [...] det er som en skattekiste. Jeg bruger det i mine andre fag... til opgaver ... partnerskabsprojektet ... ja, hele tiden” (2020) eller “Artiklerne var konkrete redskaber som jeg kan bruge i mit studie og i min profession.” Og “[...] har givet godt indblik i forhold til bachelor med metode, design, inspiration, emne, artikler, litteratur.” (begge årgang 2021).

Eller udsagn fra Delphi-evalueringen:

“Jeg har kunnet bruge JC-temaerne i den ordinære undervisning” (2021, 7:7) samt “JC har inspireret mig i forhold til problemstillinger i min bachelor” (2021, 4:7).

En del studerende beskriver hvordan de har anvendt erfaringerne fra JC til enten at reflektere over eller at omsætte til konkret praksis i forbindelse med deres praktik eller partnerskabsprojektet:

“[...] det er fedt og godt med tekster som kan anvendes direkte i praksis. Dagen efter [sidste JC] i min praktik tænkte jeg fx, hvordan kan jeg undgå at det bliver valget af den praktiske aktivitet frem for læringsmål som styrer min undervisning?” (2021).

Til trods for at de studerende giver udtryk for at JC har en transferværdi i forhold til kommende profession, oplever vi dog som undervisere at de studerende primært har brugt erfaringerne til refleksion over egen eksisterende eller kommende praksis og kun i meget begrænset omfang har haft muligheder for konkret at omsætte forskningsbaseret empiri til konkret undervisningspraksis.

5. Journal club bidrager til udvikling af fagligt overskud, sikkerhed og stolthed

Vi oplever i høj grad at de studerende gennem JC-møderne løbende opbygger en større faglig sikkerhed og en vis grad af stolthed. Følgende citater afspejler at udvalgte studerende har de samme oplevelser:

“Jeg er blevet motiveret og føler mig kompetent, desto mere jeg lærer om i JC.” (2021, 7:7).
“Jeg har lært at diskutere didaktisk velfunderet [...]. Jeg har fået selvtillid til egne evner og viden.” (2018).

En enkelt studerende giver også udtryk for at den læste litteratur giver en faglig sikkerhed:

“[...] det kan give sådan en slags rygdækning [...] ja, altså bekræfte min fornemmelse ... altså give mig evidens.” (2021).

Dertil kommer at de studerende beskriver hvordan JC har givet dem fagligt overskud og kompetencer så de kan fungere som en ressource for deres medstuderende. Eksempelvis har JC gjort det muligt at henvise til relevant teori uden for pensum eller give “søgetips” når de skal finde relevant litteratur som ikke er en del af den fælleslæste litteratur på den ordinære uddannelse.

Journal club som supplement til den ordinære læreruddannelse

De studerende oplever i vid udstrækning at JC-møderne tilbyder noget som de savner i den ordinære læreruddannelse. Her peger de studerende særligt på muligheden for at gå i dybden og forholde sig kritisk til forskningsbaserede tekster:

“I JC er der tid til og mulighed for at forholde sig kritisk til udsagnene i artiklerne – det er fedt [...] I den ordinære undervisning har vi faktisk læst nogle af de samme tekster. Men det har været på et meget overfladisk niveau – det er først nu at jeg rigtigt forstår og forholder mig til teksterne.” (2021).

Eller udtrykt af en studerende fra årgang 2018:

“[...] det er virkelig det indspark der mangler på læreruddannelsen ... muligheden for at fordybe sig meget i tekster.”

Enkelte studerende finder desuden niveauet i mange af de udleverede tekster på den ordinære uddannelse for lavt:

“[...] de tekster som vi får, er ofte for spiselige [...] måske fordi alle skal være med ... eller måske fordi teksterne ikke behandles i dybden [...] men nu er jeg begyndt selv at søge litteratur som omhandler det samme tema ... så kan jeg ligesom gå op i niveau.” (2020).

Særligt betydningen af tid til fordybelse og rum for individuelle spørgsmål fremhæves af mange studerende som noget som de savner i den ordinære læreruddannelse. Følgende citat afspejler fint denne pointe om JC:

“Hver gang jeg har haft lyst til at diskutere noget eller få noget belyst, så har der været plads til både diskussion og fordybelse. Niveauet [af litteraturen] er steget løbende [...] det er godt at der samtidig er blevet givet færre tekster, da et højt akademisk niveau betyder at det tager længere tid at læse, men også længere tid at diskutere.” (2018).

Et andet gennemgående træk blandt de studerendes ytringer er en anerkendelse af hvordan JC tilbyder et fagligt udfordrende fællesskab som de savner på den ordinære uddannelse. Specielt fremhæves det at alle deltagerne i JC-møderne altid er forberedte og deltager aktivt i diskussionerne – hvilket af disse CHC-studerende opleves som en modsætning til hovedparten af deres medstuderende på den ordinære uddannelse. Det er især adgangen, og den kritiske tilgang, til engelsksproget primærlitteratur som de studerende oplever som en værdifuld udfordring.

Opsamling af erfaringer

I forhold til indfrielsen af vores intentioner med at implementere JC i CHC-programmet kan vi opsamlende pege på følgende:

- De studerende oplever i høj grad at de gennem JC er blevet bedre til at læse, forstå, analysere, udtrække viden fra, vurdere samt orientere sig i forskningsbaseret litteratur. De studerende har dog kun i begrænset omfang nået at udvikle kompetencer til specifikt at forholde sig kritisk til forskningsdesign og metoder.
- De studerende oplever en stor transferværdi til andre elementer i CHC-programmet, praktikken og den øvrige ordinære læreruddannelse. Oplevelsen af høj transferværdi sker især når de studerende skal søge litteratur i forbindelse med deres øvrige studie – specielt i forbindelse med deres bachelorprojekter. Her oplever de studerende navnlig at de gennem deres deltagelse i JC er blevet mere målrettede, kritiske og reflekterede.
- Til trods for at de studerende giver udtryk for at indholdet i JC er meget relevant i forhold til deres kommende profession, oplever underviserne ikke at “transferpotentialet” til skolepraksis bliver udnyttet optimalt. Den manglende udnyttelse grunder bl.a. i at formatet ikke systematisk har indbygget muligheder for at de studerende kan omsætte forskningsbaseret empiri til konkret undervisningspraksis eller refleksion over egen eksisterende praksis.
- De studerende oplever at de i JC mødes i et anerkendende, ligeværdigt, fagligt udfordrende og forpligtende fagligt fællesskab med såvel medstuderende som undervisere.
- Det gennemførte JC-format og -indhold har kun i begrænset omfang formået at indbygge en progression som kan stilladsere alle studerende til at bidrage til valg af tematikker, udvælgelse af litteratur samt selvstændig varetagelse af JC.

Ud over vores intentionelle hensigter med JC peger evalueringerne også på en række andre potentialer:

- Udvikling af et fagligt fællesskab som også indeholder sociale dimensioner samt rækker ud over JC-møderne.
- Udvikling af en faglig sikkerhed, et fagligt overskud og en vis grad af stolthed når de studerende oplever at de udvikler sig fagligt eller kan fungere som ressourcepersoner for studerende som ikke deltager i JC-møderne.
- Supplement til den ordinære læreruddannelse med elementer som de CHC-studerende savner i deres øvrige studie.

Baseret på vores erfaringer vil vi påstå at JC indeholder værdifulde potentialer til at kvalificere den ordinære læreruddannelse samt bidrager til at indfri en række uddannelsespolitiske intentioner (Regeringen, 2012). Her vil vi specielt pege på potentialerne til at udvikle de studerendes akademiske kompetencer, øge det faglige niveau i den læste litteratur, bidrage til en mere hyppig og systematisk brug af evidensbaseret viden fra primærlitteratur samt tilgodese den gruppe af studerende som ikke føler sig fagligt udfordret i den ordinære uddannelse (Danmarks Evalueringsinstitut, 2013).

Til trods for de studerendes positive oplevelser og de gode potentialer som JC indeholder med henblik på at kvalificere læreruddannelsen, peger vores erfaringer dog også på en række tiltag som bør medtænkes hvis JC fremadrettet skal integreres i såvel CHC-programmet som i den ordinære læreruddannelse.

Fremadrettede tiltag: progression og stilladsering

Baseret på vores erfaringer vil vi fremadrettet foreslå at der i højere grad medtænkes både progression og øget stilladsering i JC i såvel CHC-programmet som i den ordinære læreruddannelse. Eksempelvis kunne vores afprøvede JC-format suppleres med følgende aspekter:

- Bevidst tydeliggørelse og eksemplificering af hvilke kriterier vi selv har brugt til udvælgelse af litteratur.
- Udarbejdelse af en begrundet liste med relevant forskningsbaseret litteratur som de studerende kan vælge mellem når de selv skal varetage en JC.
- Begrænsning af opgavens omfang, så de studerende kun skal fremlægge en del af en artikel (fx metodeafsnittet). Inspireret af Lorenzen (2019) kunne dette ske gennem en rotationsordning hvor de studerende på skift varetager forskellige roller. I forbindelse med forskningsartikler kunne rollerne fx fordeles således: introduktionsansvarlig, diskussionsleder, metodeansvarlig, resultat- og diskussionsansvarlig og perspektiveringsansvarlig i forhold til relevans for praksis.
- Udarbejdelse af en eksemplarisk læseguide til de første JC-møder med fokus på hvordan man kan tilgå, læse og uddrage viden fra forskningsbaseret litteratur. Guiden kan beskrive formålet med at læse den valgte litteratur, eksempler på prioritering og udvælgelse af tekstafsnit og illustrationer i den valgte litteratur samt konkrete arbejdsaktiviteter til litteraturen. Guiden kan også indeholde begrundelserne for valg af litteratur og aktiviteter samt prioriteringer af afsnit i teksten.
- Indbygning af en eksplicit progression hvor de studerende løbende skal varetage flere opgaver og med mindre støtte. Eksempelvis først vælge litteratur fra en begrundet artikelbase, herefter vælge litteratur ud fra forudbestemte kriterier og afslutningsvis selv begrunde og finde litteratur.

- Tilbud om vejledning som en fast del af JC-formatet. Her kan de studerende som skal varetage en JC, få sparring fra en underviser. Alternativt kan vejledningerne fungere som forberedelse til co-teaching, hvor underviseren og en gruppe af studerende sammen gennemfører JC.

Det kunne også være interessant hvis man målrettet gennem ovenstående tiltag kunne arbejde på at kvalificere udvalgte studerende til at varetage JC for andre studerende på den ordinære læreruddannelse, enten alene eller sammen med en læreruddanner.

Fremadrettede tiltag: anvendelse af metoder og empiri i egen undervisning

Hvis de studerende i højere grad skal udvikle deres kompetencer til at anvende forskningsmetoder og empiri, bør der fremadrettet indtænkes konkrete anvendelsesorienterede aktiviteter. Det kan eksempelvis være aktiviteter hvor de studerende får mulighed for at afprøve forskellige dataindsamlings- og analysemetoder fra de fælleslæste forskningsartikler. Data kunne fx være bearbejdning af lydoptagelser med egne eller andres klasserumsdialoger ved hjælp af analyseredskaber fra den læste litteratur (Nielsen, 2014; Ruiz-Primo, 2011). Det kunne fx ske gennem en tæt tilknytning til de studerendes praktik, miniforskningsprojekter, direkte vejledning i bachelorprojekter eller tilknytning til eksisterende forsknings- og udviklingsprojekter på professionshøjskolerne. Disse tiltag vil også være i tråd med de politiske intentioner om en både mere forskningsbaseret og mere praksisbaseret læreruddannelse (Regeringen, 2012).

En anden oplagt mulighed er etablering af skolebaserede JC's på partnerskabs- eller praktikskoler. For at hvor studerende, praktiserende grundskolelærere og læreruddannere kunne drøfte hvordan forskningsbaseret viden kan omsættes til praksis. Her kunne de studerende så især bidrage med ny viden, og lærerne primært med erfaring fra praksis samt et konkret rum for afprøvning. Dette forum ville ligeledes kunne danne udgangspunkt for udvikling af et fagligt fællesskab mellem de studerende, undervisere på læreruddannelsen og naturfagslærere i grundskolen. Dertil kommer at et sådant tiltag ville adressere den problemstilling at en stor del af de lærerstuderende oplever en mangelfuld kobling mellem teori og praksis i uddannelsen (Danmarks Evalueringsinstitut, 2013). Skolebaserede JC's ville også kunne bidrage til en mere professionsrettet anvendelse af JC sammenlignet med den oprindeligt mere forskningsrettede tilgang på universiteterne (Linzer, 1987).

Begrænsninger og perspektivering

Det er vigtigt at fremhæve at vores erfaringer fra CHC-programmet har sine begrænsninger i forhold til direkte overførselsværdi til den ordinære læreruddannelse. De studerende som har deltaget i JC, har således haft en række vilkår som kun i begrænset omfang kendetegner læreruddannelsen på Københavns Professionshøjskole. Fx har der været to undervisere til kun seks-otte studerende på JC-møderne. Dertil kommer at det gennem en sammenhængende periode på to år har været muligt at opbygge og gentage et fast format med mulighed for faglig fordybelse. Endelig har underviserne haft mulighed for at mødes med de studerende i andre faglige og sociale sammenhænge. Derudover har de studerende som optages i programmet, været gennem en ansøgningsproces hvor de bl.a. vurderes i forhold til deres engagement samt evnen og viljen til at yde en ekstra indsats på deres studie. Dertil kommer at hensigten med CHC-programmet netop er at tilgodese den gruppe af lærerstuderende som ifølge Danmarks Evalueringsinstituts (2013) undersøgelse ofte vælger at afbryde uddannelsen grundet en oplevelse af utilstrækkelige udfordringer og et for lavt fagligt niveau. De studerendes oplevelser af såvel den ordinære uddannelse som JC skal derfor ses ud fra disse forhold.

Hvis JC fremadrettet medtænkes i den ordinære læreruddannelse, er det derfor vigtigt at medtænke:

- Det tidsmæssige perspektiv. Det gælder både omfang, regelmæssighed og muligheden for at gennemføre længerevarende forløb.
- Det personrelaterede. Der skal være mulighed for at de studerende møder de samme undervisere både på og uden for de planlagte JC-møder. Der kan ligeledes være behov for at styrke det sociale aspekt, fx gennem arbejdsstrukturerne eller sociale aktiviteter såsom fællesspisning.
- Transfer og sammenhæng. Mange af de positive erfaringer med JC er relateret til de studerendes oplevelse af transfer og sammenhæng til andre elementer i den ordinære læreruddannelse, praktikken eller CHC-programmet. Det er derfor vigtigt at JC ses i en større sammenhæng og ikke indgår som et isoleret indslag i uddannelsen.

Afslutningsvis vil vi nævne at det kunne være interessant at undersøge om og i bekræftende fald hvordan de studerende som har deltaget i JC, vil agere i skolens naturfaglige undervisning og kultur. Vil de fx kunne finde ligeværdige faglige fællesskaber på skolerne som et forum hvor de kan omsætte forskningsbaseret litteratur til egen undervisningspraksis? Vil de være tilbøjelige til at indsamle og anvende egen empiri til udvikling af andres eller egen praksis? I hvilken grad oplever de at denne "akademisering" af læreruddannelsen har værdi i en presset skolehverdag? Eller vil det øgede fokus på akademiske kompetencer og forskningslitteratur bidrage til at de faktisk fjerner sig fra lærerprofessionen og fx studerer videre?

Financiering og funding

Denne artikel er blevet til, bl.a. på baggrund af en bevilling fra Novo Nordisk Fonden til Copenhagen Honours College for naturfagslærerstudierende [Bevillingsnr. NNF18SA0032742].

Referencer

- Archer, L., Dawson, E., DeWitt, J., Seakins, A. & Wong, B. (2015). "Science Capital": A Conceptual, Methodological, and Empirical Argument for Extending Bourdieusian Notions of Capital beyond the Arts. *Journal of Research in Science Teaching*, 52(7), s. 922-948.
- Bagh, J. (2020). Journal Club hjælper studerende til at læse forskningsartikler. *Sygeplejersken*, 3, s. 12.
- Barak, M. & Dori, Y.J. (2009). Enhancing Higher Order Thinking Skills among Inservice Science Teachers via Embedded Assessment. *Journal of Science Teacher Education*, 20(5), s. 459-474.
- Belling, L. (2017). *Bæredygtig dannelse. Skitser til en empatisk verden*. Frederikshavn: Dafolo.
- Brill, G., Falk, H. & Yarden, A. (2003). Teachers' Journal Club: Bridging between the Dynamics of Biological Discoveries and Biology Teachers. *Journal of Biological Education*, 37(4), s. 168-170.
- Danmarks Evalueringsinstitut (2013). *Frafald på læreruddannelsen. En undersøgelse af årsager til frafald*. København: Danmarks Evalueringsinstitut.
- Danmarks Evalueringsinstitut (2018). *Indhold og faglige krav i læreruddannelsen. Delanalyse 1a i evalueringen af læreruddannelsen*. København: Danmarks Evalueringsinstitut.
- Danmarks Evalueringsinstitut (2022). *Unge overvejelser om at søge ind på læreruddannelsen*. København: Danmarks Evalueringsinstitut.
- Daugaard, L.M., Charif, S., Ottesen, P. & Rieber, F. (2017). At læse det periodiske system. *Viden om Literacy*, 21, s. 60-65.
- Glazer, F.S. (2000). Journal Clubs: A Successful Vehicle to Science Literacy. *Journal of College Science Teaching*, 29(5), s. 320-324.
- Goldbech, O. (2019). Naturfag for alle. Naturfagsundervisning med fokus på dannelse. I: A.H. Yates (red.), *Dannelse i alle fag* (s. 191-200). Frederikshavn: Dafolo.
- Harlen, W. (2015). *Working with Big Ideas of Science Education*. Trieste, Italien: The Science Education Programme (SEP) of IAP.
- Honey, C.P. & Baker, J.A. (2011). Exploring the Impact of Journal Clubs: A Systematic Review. *Nurse Education Today*, 31(8), s. 825-831.
- Hodson, D. (2014). Learning Science, Learning about Science, Doing Science: Different Goals Demand Different Learning Methods. *International Journal of Science Education*, 36(15), s. 2534-2553.

- Huckle, J. & Wals, A.E. (2015). The UN Decade of Education for Sustainable Development: Business as Usual in the End. *Environmental Education Research*, 21(3), s. 491-505.
- Højgaard, T. & Sølberg, J. (2018). *Competencies, Curricula and Interdisciplinarity: An Analysis of a Curriculum Development Process in Mathematics and Science Education*. Mathematics as a Bridge Between the Disciplines, 45.
- Linzer, M. (1987). The Journal Club and Medical Education: Over One Hundred Years of Unrecorded History. *Postgraduate Medical Journal*, 63(740), s. 475-478.
- Lorenzen, H. (2019). Journal Club. Kollaborativ kritisk læsning af videnskabelige artikler. I: C. Kjær, D. Hurford & L.D. O'Neill (red.), *Teaching for Active Learning 2018* (s. 7-12). Conference-proceedings, Syddansk Universitet. MONA 2023-1
- Maton, Karl. (2014). Building Powerful Knowledge: The Significance of Semantic Waves. I: E. Rata & B. Barrett (red.), *Knowledge and the Future of the Curriculum* (s. 181-197). London: Palgrave Macmillan.
- McLeod, P., Steinert, Y., Boudreau, D., Snell, L. & Wiseman, J. (2010). Twelve Tips for Conducting a Medical Education Journal Club. *Medical Teacher*, 32(5), s. 368-370, DOI: 10.3109/01421590903513426.
- Nielsen, S.S. (2014). *Dialog i naturfagsundervisningen*. <http://ntsnet.dk/blog/ntsadmin/dialog-i-naturfagsundervisning>.
- Regeringen (2012). *Aftaletekst. Reform af læreruddannelsen*. København: Forligskredsen bag læreruddannelsen.
- Ruiz-Primo, M. (2011). Informal Formative Assessment: The Role of Instructional Dialogues in Assessing Students' Learning. *Studies in Educational Evaluation*, 37, s. 15-24. 10.1016/j.stueduc.2011.04.003.
- Schilhab, T. (2021). Naturoplevelser i naturfagsundervisningen i grundskolen. *Pædagogisk indblik*, bind 10. Aarhus: Aarhus Universitetsforlag.
- Scott, P., Mortimer, E. & Ametller, J. (2011). Pedagogical Link-Making: A Fundamental Aspect of Teaching and Learning Scientific Conceptual Knowledge. *Studies in Science Education*, 47(1), s. 3-36, DOI: 10.1080/03057267.2011.549619.
- Sillasen, M.K. & Daugbjerg, P. (2019). Forskningsbaseret læreruddannelse ... hvordan? *Aktuel Naturvidenskab*, 2. https://aktuelnaturvidenskab.dk/fileadmin/Aktuel_Naturvidenskab/nr-2/AN2-2019synspnkt.pdf.
- Tallman, K.A. & Feldman, A. (2016). The Use of Journal Clubs in Science Teacher Education. *Journal of Science Teacher Education*, 27(3), s. 325-347, DOI: 10.1007/s10972-016-9462-7.
- Undervisningsministeriet (2018). *National naturvidenskabsstrategi*. <https://emu.dk/sites/default/files/2019-01/Naturvidenskabsstrategien.pdf>.
- Veresoglou, S.D. & Rillig, M.C. (2019). Research Experience Modifies How Participants Profit from Journal Clubs in Academia. *Journal of Biological Education*, 53(3), s. 327-332, DOI: 10.1080/00219266.2018.1469541.
- Wolfensberger, M.V. (2012). *Teaching for Excellence: Honors Pedagogies Revealed*. Waxmann Verlag.

English abstract

This paper describes our experiences with developing and implementing Journal Clubs as part of an honours programme targeted pre-service science teachers at Copenhagen University College in Denmark. Our findings suggest that the participants (n= 28) through their mutual engagement in a committed community developed their skills in reading, orienting themselves, understanding, analysing, and extracting knowledge from research-based literature. Moreover, the participants acknowledged the transfer value from Journal Clubs to other elements in teacher education. Likewise, the participants recognised aspects in Journal Clubs that they have been longed for in their ordinary teacher education. Finally, we provide ideas for how Journal Clubs could be successfully incorporated into the ordinary teacher education.

Computational thinking i matematik, naturfag og samfundsfag

– hvorfor, hvad og hvordan?



Line Have Musaeus, Aarhus Universitet



Jonas Ørbæk Hansen, Silkeborg Gymnasium



Keld Nielsen, Aarhus Universitet

Abstract: I et projekt der strakte sig over fire år, udviklede og afprøvede vi sammen med lærere fra gymnasiet undervisningsforløb der integrerer modelbaserede computationelle metoder i undervisningen i STEM-fagene. Der er publiceret og udviklet en didaktik for den integrerede undervisning, skrevet forskningsartikler herom samt udviklet ca. 100 nye undervisningsforløb der udnytter didaktikken. Samtidig er der udviklet et efteruddannelseskoncept som sætter lærerne i stand til selv at fortsætte arbejdet på egen skole. Projektet har vist at det er muligt at forny fagenes metoder og samtidig udvikle elevernes computationelle modelleringskompetencer ved at inddrage computationel tænkning og kodning i den faglige undervisning.

Introduktion

“[...] Computermodellering og simulering har væsentligt ændret videnskabelige og kulturelle praksisser og formet udviklingen af nye “kulturer for forudsigelser”.” (Oversat fra Heymann et al., 2017, s. ix)

Radikalt nye metoder i mange fag

Metoderne i de fleste af de fag der indgår i gymnasiets fagrække, har ændret sig voldsomt i de sidste årtier. Ændringerne skyldes især omfattende og innovativ brug af computere, computermodeller, data og algoritmer (Duschl & Grandy, 2013; Winsberg, 2010; Johnson & Lenhard, 2011).

Især brugen af computermodeller til at analysere og lave prognoser har ændret mulighederne i mange professioner. Et iøjnefaldende eksempel er epidemiologers brug af modelbaserede smittescenarier under coronaepidemien. Det var viden produceret ved modelbaserede fremskrivninger der lå bag størstedelen af de politisk besluttede nedlukninger, teststrategier og udrulninger af vaccinationer. Sådan vil det også være i fremtiden.

Men smitteforskning og folkesundhed er langt fra enestående i denne omfattende brug af computerbaserede modeller. Områder som klimaforskning, meteorologi, oceanografi, kosmologi, strukturkemi, demografi, energiforsyning, samfundsøkonomi, markedsanalyse, medicinudvikling – fortsæt selv rækken – har i årevis udviklet nye metoder og ny erkendelse under intensiv brug af computermodeller. Nye forskningsområder som fx computational physics eller computational chemistry er opstået som en del af denne udvikling.

“Fra vores (og ikke kun vores) synspunkt, har computer simuleringer radikalt ændret videnskab. Transformationen har ikke kun påvirket naturvidenskaber som fysik, kemi og ingeniørvidenskab, men også sociologi, psykologi, samfundsvidenskab og endda matematik. Computersimuleringer ændrer (og vil fortsætte med at ændre) måden politiske beslutninger tages på, hvordan usikkerhed bliver håndteret og fremtiden bliver forstået” (Oversat fra Resch et al., 2017, s. 2)

Behov for fokus på computationelle metoder i gymnasiets fag

De metodemæssige ændringer sker i forskningsmiljøer og andre professionelle sammenhænge uden for gymnasiet. Udfordringen for gymnasiet er at vigtige dele af disse ændringer har svært ved at trænge igennem i læreplanerne – og dermed i praksis i undervisningen.

Læreplaner og andre fagdefinerende dokumenter udtrykker klart at skolefagene skal hente inspiration i og afspejle den udvikling der foregår uden for skolen.

“Undervisningsfaget fysik er nært forbundet med videnskabsfaget fysik”, står der i *Vejledning til Fysik A, stx*. Faget skal give eleverne “fortrolighed med væsentlige naturvidenskabelige metoder” (UVM, 2022b, s. 6-7). Derfor finder vi det indlysende at arbejdet med computationelle modeller bør være en del af fysikfagets metoder og dermed også fagets indhold.

Noget tilsvarende gælder for gymnasiets øvrige naturvidenskabelige fag. I kemi skal

eleverne bibringes “generel forståelse for naturvidenskabernes genstandsområde og arbejdsmetoder til opnåelse af viden” (UVM, 2021a, s. 6). Biologi “tager udgangspunkt i videnskabsfaget”, og på B- og A-niveauet skal “videnskabsfagets metoder” være tydelige (UVM, 2022a, s. 6). Tilsvarende forhold mellem videnskabsfaget og skolefaget gør sig gældende for matematik og samfundsfag, omend denne sammenhæng ikke udtrykkes så direkte i vejledningerne.

I nogle fagbeskrivelser lægges der allerede stor vægt på modellering og arbejde med modeller. Men det er som om anvendelsen af modeller og hele opfattelsen af modeller er skrevet før computeren – og dermed programmering – blev opfundet.

I fysik A på stx lægges der i vejledningen vægt på at eleverne skal arbejde med *simuleringer* og *simuleringsprogrammer*. Men undervisning i computationel tænkning kræver at man skelner mellem simulering og model. Bag simuleringer, som fx dem man kan hente på nettet, ligger altid en computermodel der er skrevet i computerkode. Simuleringen er så at sige modellens fremtrædelsesform. Når eleverne arbejder med en simulering af fx solsystemet, arbejder de med en dynamisk model af systemet. Men de arbejder ikke med computermodellen, som er den faglige forståelse af solsystemets opførsel udtrykt i computerkode. Hensigten med at lade eleverne arbejde med modellens kode er ikke at eleverne skal lære at programmere. Hensigten er at de skal forstå kodens rolle i modellens/simuleringens opførsel, især hvordan kodens opbygning udtrykker den faglige forståelse af fænomenet. Det er først i arbejdet med modellens kode eleverne får mulighed for at tænke “computationelt”.

Behovet for fornyelse af indhold og metoder i fagene opfyldes ikke i tilstrækkelig grad af den udbredte brug i gymnasiets undervisning af computere og anden IT-teknologi som pædagogiske hjælpemidler. Brug af IT-udstyr som fx projektorer og avanceret software er vigtig for fornyelsen af undervisningens metoder. Det samme gælder brugen af computere til dataopsamling og databehandling i regneark eller matematikprogrammer. Også her er der tale om vigtige fornyelser. Men der mangler indholdsmæssigt og didaktisk fokus på modellernes rolle i arbejdsmetoder og erkendelse.

For at blive tidssvarende må kernen i fagene – deres metoder og til dels deres indhold – indarbejde de nye computationelle redskaber på måder der afspejler den virkelighed eleverne vil møde i fremtidige jobs.

Digital dannelse kræver computationel faglighed

Oven i dette krav om metodemæssig opdatering af fagene kommer et overfagligt behov, der skyldes at den generelle digitale udvikling i samfundet har gjort det nødvendigt at alle elever i fremtiden får en dybere forståelse for hvad den digitale udvikling betyder for deres livsvilkår og for samfundets udvikling. Eleverne har med andre ord behov for digital dannelse der gør dem myndige ved at give dem reflektive

redskaber til at forholde sig kritisk, politisk og skabende/indgribende i forhold til teknologiudviklingen.

Dette generelle behov er identificeret i flere lande, og i Europa blev Informatics for All- koalitionens skabt for netop at advokere for inklusion af informatik og computationel tænkning (CT) som en fundamental disciplin i uddannelser på grundskole- og gymnasieniveau (Caspersen & Skov, 2022). I Danmark førte dette behov, i forbindelse med gymnasireformen i 2017, til et bredt krav om at eleverne skulle have digitale kompetencer. Digital dannelse og digitale kompetencer blev et fokusområde på tværs af alle fag. I bekendtgørelsen om lov om gymnasiale uddannelser står der nu:

“I fagene skal eleverne lære at søge information og forholde sig kildekritisk, når de søger viden gennem digitale medier, og gennem undervisningen skal eleverne opnå erfaring med digitale fællesskaber og arbejde med skabelsen af digitale produkter”. (Folketinget, 2022, § 29, stk. 6, s. 1)

Men der blev ikke i 2017, og heller ikke senere, angivet rammer for hvorledes udviklingen af elevernes digitale kompetencer kan indarbejdes i fagene, og hvad der skal lægges vægt på. Allerede da den nye gymnasielov var i høring i 2016, gjorde Gymnasieskolernes Lærerforening (GL) opmærksom på at det ikke er tilstrækkelig “mekanisk at indarbejde bestemmelser herom [om fx digitale kompetencer] i alle fag”. Kravene skal indarbejdes i nye lærerplaner, og det skal være i læreplaner “hvor det giver faglig mening”. (GL, 2016, s. 1).

Undersøgelser har afdækket at implementeringen og opdateringen af CT og informatik på uddannelserne på gymnasieniveau kun delvist er sket (Caspersen & Skov, 2022). På grund af de hastige ændringer i fagene uden for gymnasiet eksisterer der desuden et løbende behov for opdateringer af læreplaner og fagbeskrivelser (Caeli & Bundsgaard, 2019). Dette behov gør sig også gældende i forbindelse med elevernes almindelse.

Haue (2003) har analyseret og beskrevet hvordan almindelse i det danske gymnasium er tæt sammenvævet med gymnasiets fag og faglighed. Ifølge Haue udvikler eleverne almindelse når undervisningen omfatter de almene dele af de videnskaber og fag der er relevante i samfundet. Uden faglighed er der ikke mulighed for at opnå almindelse.

Kravet om et fagligt grundlag for dannelse gælder også digital dannelse og digital myndiggørelse. Meningsfuld italesættelse af digital dannelse i gymnasiets undervisning forudsætter at eleverne har computationelle kompetencer, herunder faglig indsigt i hvordan computere fungerer, og hvad de fagligt og erkendelsesmæssigt kan bruges til – altså computationelle metoder i fagene.

Derfor er der behov for faglig og metodisk nytænkning. Gymnasiet må udvikle en

konstruktiv respons på denne dobbelte udfordring. Det langsigtede mål med det projekt der præsenteres her, har været at bidrage til denne nytænkning gennem udvikling og afprøvning af undervisningsforløb som er rettet mod konkrete computationelle færdigheder og baseret på innovative didaktiske idéer.

Projektet Computational Thinking i Matematik og Naturvidenskab (CTiMNAT)

Projektet var et landsdækkende udviklings-, forsknings- og efteruddannelsesprojekt rettet mod lærere fra stx og htx med naturvidenskabelige fag (fysik, kemi, geografi, biologi og bioteknologi) samt matematik og samfundsfag. Der var en overvægt af lærere som arbejdede med fysik (ca. 35 % af kursisterne) eller matematik (ca. 30 %). Projektet strakte sig over fire år – fra august 2018 til juni 2022.

Bag projektet har hele vejen ligget en intention om at udvikle nye metoder til undervisning i computationelle kompetencer i gymnasiet – primært i STEM-fagene. Intentionen har været at integrere centrale computationelle metoder i de eksisterende fag ved at lade eleverne arbejde med computerbaseret modellering af faglige emner. Eleverne lærer computationel tænkning mens de arbejder med faget, og de lærer faget gennem arbejdet med computationelle modeller.¹

Den idémæssige baggrund for projektet blev beskrevet i 2014 af to informatik-didaktikere fra Aarhus Universitet. Overskriften var “Model-Based Thinking and Practice” (Nowack & Caspersen, 2014). Et centralt citat er:

“Vi foreslår at et stærkt fokus på sammenhængen mellem mentale modeller (af virkelige eller imaginære systemer) og computermodeller (i computer-baserede systemer) kan give en ny tilgang til at undervise i ‘computing’. Denne tilgang bør klarlægge modellens rolle i ‘computing’ i forbindelse med andre fag. Vi tror at en sådan tilgang vil udvide deltagelsen i ‘computing’[-uddannelse] da den vil lade flere elever blive aktive skabere med ‘computing’” (Oversat fra Nowack & Caspersen, 2014, s. 149)

Artiklernes udgangspunkt er at datascience har gjort det tydeligt hvordan modeller og modellering er centrale for vores tolkning af den verden der omgiver os. Det skyldes bl.a. at arbejdsmetoderne i mange fag og discipliner har ændret sig drastisk gennem brug af computere i forbindelse med modellering og databehandling. Læringsmæssigt fremhæves den vigtige rolle som mentale modeller spiller for vores tænkning om, og forståelse af, vores omverden. Der er altså en mulighed for at udvikle elevers mentale modeller af faglige fænomener gennem arbejde med computermodellering. En sådan

1. Projektet blev gennemført af Danske Science Gymnasier (DASG) i samarbejde med Center for Computational Thinking & Design (CCTD) ved Aarhus Universitet. Projektet blev støttet af Villum Fonden. Undervejs blev kurset udvidet til ikke kun at omfatte lærere fra STEM-fag, men også fra samfundsfag.

eksplicit brug af computermodeller i undervisningen var i 2014 en ny idé og ledte til nedenstående forskningsspørgsmål, der undersøges ved hjælp af både *computing education*-forskning og evaluering af kursusforløbene.

Forskningsspørgsmål i projektet

Den nyudviklede didaktiske kerne i projektet var CMC-tilgangen, der gør det muligt at kombinere fagligt indhold (Content) med computermodellering (Modeling) og computerkode (Code). CMC-tilgangen omtales nærmere på s. 8. Forskningsspørgsmålene for projektet har fokus på tre områder: idéen bag CMC-tilgangen på baggrund af en teoretisk taksonomi for CT samt anvendeligheden af CMC-tilgangen for kursisterne og hvordan kursisterne støttes til at opnå kompetencer i design og konstruktion af egne læringsaktiviteter og computermodeller, og endelig hvilket læringsudbytte eleverne eventuelt opnår ved deltagelse i denne tilgang, specielt i relation til Nowack & Caspersens (2014) betragtninger om at undervise i CT og udvide antallet af elever der kan opnå erfaringer med computationel modellering og tænkning.

Følgende forskningsspørgsmål var drivende for forskningen i projektet:

1. Er den generelle idé om at integrere computermodeller og modellering i eksisterende fag holdbar, og kan lærere og elever arbejde med aktiviteter designet efter CMC-tilgangen?
2. Kan kursusforløbene give kursisterne kompetencer til selv at designe computermodeller og læringsaktiviteter der er brugbare i deres egen undervisning?
3. Kan der designes og udvikles et værktøj i form af en skabelon som kursisterne kan anvende ved konstruktion af nye læringsaktiviteter og computermodeller?
4. Hvad er elevernes læringsudbytte ved deltagelse i disse nye læringsaktiviteter designet efter CMC-tilgangen?

Intentioner med projektet

I forbindelse med planlægningen af CTiMNAT blev der formuleret en række intentioner med projektet. Disse intentioners indfrielse blev forsøgt belyst ved hjælp af evalueringer efter hvert kursusforløb. Evalueringerne er beskrevet i detaljer i tre evalueringsrapporter (Buch et al., 2019; Hansen et al., 2021; Hansen et al., 2022).

Det var vores håb at der kunne svares positivt på de første tre forskningsspørgsmål beskrevet ovenfor, og at vi derved kunne undersøge yderligere om det ville være muligt at udvikle og implementere undervisning der opfyldte nogle eller alle af følgende intentioner:

- Kernen i den nye undervisning skulle være elevernes arbejde med computermødelles. Herunder at eleverne skulle kunne træne en række computationelle kompetencer, herunder læse og ændre eksisterende computerkode.
- Eleverne skulle blive mere bevidste om hvad en model er, hvad en model kan, og hvad det vil sige at modellere et fænomen.
- Undervisningen skulle kunne integreres i faget så den ikke blev til (endnu) et didaktisk og fagligt "add-on" der ville presse læreren med hensyn til at nå stoffet.
- Undervisningen skulle styrke den eksisterende faglighed og medvirke til at gøre fagets metoder mere tidssvarende.

Desuden var intentionen at alle undervisningsforløb der blev udviklet i projektet, skulle beskrives, testes og tilrettes og derefter deles offentligt, og at der skulle foreligge en didaktik for den nye undervisningstilgang og et koncept for efteruddannelse af lærere i computationel tænkning og modellering.

I det følgende beskriver vi projektets opbygning, indhold og resultater og konkluderer på baggrund af de gennemførte evalueringer og den forskning der blev udført i forbindelse med projektet, at de intentioner vi på forhånd havde med projektet, er indfriet.

Teoretisk baggrund

Hvad forstår vi ved computationel tænkning?

Både nationalt og internationalt er der en løbende debat om hvad man kan lægge i begrebet computational thinking/computationel tænkning (CT).

Der er enighed om en række overordnede beskrivelser, men for at arbejde konkret med efteruddannelse og udvikling af en didaktik, som det skete i projekt CTiMNAT, var det nødvendigt at præcisere hvad det var for en forståelse af CT vi ville arbejde med.

CT er baseret på et nyt videnskabeligt genstandsområde – datalogi – der har udviklet sig hastigt siden 1950'erne.

Begrebet CT blev lanceret i 1980 af den amerikanske datalog og didaktiker Seymour Papert, der ønskede at sætte fingeren på de revolutionerende nye muligheder for at tænke, lære og skabe som mennesket har fået gennem brug af computere (Papert, 1980, s. 189).

Men Paperts visionære tanker førte ikke til større faglige ændringer i skolefag og fagbeskrivelser, hverken i USA eller andre steder.

En anden datalog, Jeannette M. Wing, relancerede 25 år senere udtrykket i et forsøg på at komme tættere på kernen af hvad det er der er særligt for erkendelse og problemløsning gennem brug af computere (Wing, 2006). Nu var timingen bedre, og udtrykket computational thinking blev et internationalt feltråb for forsøg på at forny undervisning knyttet til computere og digitalisering.

Wings fokus var på at der er tale om en ny og særlig måde at tænke og løse problemer på:

“Computational tænkning er de tankeprocesser der er involveret i at formulere problemer og deres løsninger, så løsningerne kan repræsenteres i en form som kan udføres af en informations-processerende agent.” (Oversat fra Wing, 2011, s. 20)

Det lykkedes for Wing at sætte fornyet fokus på behovet for en tidssvarende og fornyende undervisning i computationelle kompetencer, men heller ikke hendes definition leder entydigt til hvad det er for begreber og fagligheder der kan/skal arbejdes med når man vil undervise i CT. Fx konstaterer Caspersen et al. (2018, s. 11) at Wings definition er væsentlig og relevant, men at den er udtrykt i meget generelle termer og derfor mere har karakter af en vision end af et didaktisk arbejdsgrundlag.

Sentance et al. (2018) giver et overblik over centrale aspekter af undervisning i en række lande relateret til informatik og CT og forsøger derved at komme til en mere klar formulering af hvad det er for idéer, begreber og traditioner som karakteriserer området. Men meget karakteristisk slår opsummeringen fast at der stadig er mange udfordringer for didaktikere og undervisere der vil arbejde med det nye område:

“Vi må konfrontere de dybe spørgsmål: Hvad bør vi undervise i og hvordan bør vi undervise i det? Andre fag har haft århundreder til at udvikle svar på disse spørgsmål (og diskuterer dem stadig) men ‘computing’ har ikke. Alligevel er behovet for svar presserende fordi undervisere [i computing] over hele verden hungre efter en inspirerende vision for deres undervisning og pædagogikker som beviseligt virker samt evalueringer der måler læring og fremskridt.” (Oversat fra Sentance et al., 2018, citeret fra Caspersen et al., 2018, s. 25)

Med henblik på den nationale situation giver Caspersen et al. (2018) også et overblik. Rapporten omtaler CT som “et vidt begreb” og giver et ekko af opsummeringen fra Sentance. Der er tale om et nyt skolefag, og det tager tid at få et sådant fag på plads.

“For et nyt skolefag kan det være en styrke, at der i karakteristikken af faget er rummelighed til at afprøve forskellige fortolkninger og konkretiseringer af fagets overordnede begreber. Men når lærere, der skal undervise i faget, ikke har et fagligt overskud, bliver der et endnu stærkere behov end normalt for at præcisere, hvad der skal undervises i og hvordan. Og hvis de, der skal bidrage med denne præcisering, de, der skal udvikle undervisningsmaterialer til eleverne, de, der skal vejlede og (efter-)uddanne lærerne, og de, der skal udvikle undervisningsmaterialer til lærernes (efter-)uddannelse, ikke har et fagligt overskud og evner at genfortolke fagligheden ift. almen uddannelse, risikerer vi at ramme langt forbi målet. Selv med højt kvalificerede curriculumdesignere, lærer-lærere og lærere

er det usandsynligt, at vi vil ramme bare tilnærmelsesvis tæt på skivens centrum i første forsøg.” (Caspersen et al., 2018, s. 49)

Den begrebsmæssigt usikre situation betød at vi i CTiMNAT var nødt til at præcisere det faglige grundlag – hvad det var for en opfattelse af CT vi ville arbejde med. En litteratursurvey kunne have været en del af svaret, men der var ikke tid og ressourcer til at lave en systematisk survey. Da fokus i projektet var på praktisk og konkret udvikling – herunder en afprøvning af idéerne i Nowack & Caspersen (2014) – blev løsningen en litteraturgennemgang med direkte henblik på at finde en beskrivelse af CT der kunne fungere som grundlag for projektet.

Vi valgte at tage udgangspunkt i en undersøgelse af hvad det rent faktisk er forskere og dataloger gør når de bruger computere i den Papert-Wingske betydning, som er udført og beskrevet af Weintrop et al. (2016).

Deres CT-beskrivelse passer godt til projektets intentioner, primært af to årsager. For det første ønskede Weintrop et al. (2016) at beskrive CT i situationer hvor CT indgår i andre fag, primært sciencefagene og matematik. For det andet ønskede de en beskrivelse som ikke var udledt af overordnede datalogiske principper – “abstraction and algorithms” (s. 128) – men baseret på en undersøgelse af hvad videnskabsfolk faktisk bruger computere til, og hvad lærere underviser i. Et indledende litteraturstudie blev efterfulgt af klasserumsobservationer, kodning og til sidst dybtgående interviews med 22 praktikere.

Denne undersøgelse lokaliserede en række CT-praksisser, grupperet i fire områder:

- Arbejde med data (indsamling, produktion, analyse, visualisering)
- Brug af modellering og simulering (beskrivelse af fænomener og problemer, finde og teste løsninger til problemerne, vurdering af modellens rækkevidde, design af modeller)
- Problemløsning (programmering, valg af computationelle redskaber, udvikling af computationelle løsninger, udvikling af abstraktioner, fejlfinding)
- Systemtænkning (beskrivelse af komplekse systemer, relationer inden for systemer, adskillelse af systemniveauer, kommunikation, håndtering af kompleksitet, mikro- og makroniveau).

Disse områder stemmer overens med tænkningen i CTiMNAT og er baggrunden for beskrivelsen af CT og positioneringen af computationel modellering i forhold til CT i projektet. Vi fandt desuden at når vægten er på praksisser i stedet for abstrakte begreber, er beskrivelsen mere konkret og operationaliserbar i undervisningssammenhænge og dermed nemmere at arbejde med i didaktiske sammenhænge.

Bemærk at der i denne forståelse af CT ikke er fokus på instruktion i praktisk brug

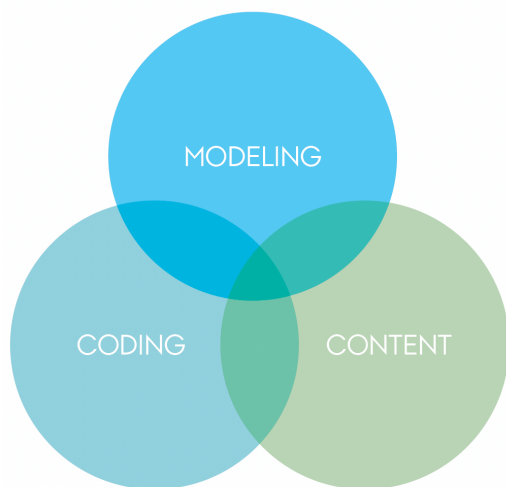
af computere (digital literacy) eller brug af IT-teknologi som et pædagogisk redskab i undervisningen. En lærer og en klasse kan godt bruge computere som redskaber uden at der er tale om undervisning i CT.

Udvikling

En modelbaseret CT-didaktik

Den CT-didaktik der blev udviklet i forbindelse med projektet, dækker alle fire praksisser, men tager udgangspunkt i modellering og arbejdet med en computermodel. Didaktikken omtales her som CMC-tilgangen (Musaeus & Musaeus, 2019; Musaeus et al., 2020).

I CMC-tilgangen kombineres fagligt indhold (content) med modellering (modeling) og kodearbejde (coding). Se figur 1.



Figur 1. I CMC-tilgangen integreres fagligt indhold (content) med en computermodel (modeling) og arbejde med computerkoden (coding).

Et undervisningsforløb kan typisk se ud som følger: Læreren vælger et centralt fagligt fænomen og finder eller udvikler en simpel computermodel over fænomenet. Modellen udleveres til eleverne. Læreren hjælper modelleringsprocessen hos eleverne ved at guide dem med didaktiske spørgsmål som en del af læringsaktiviteterne. Det forudsættes ikke at eleverne på forhånd kender til computerkode. Eleverne starter "forudsætningsløst" ved at undersøge og lære at bruge computermodellen gennem dens interface. Derefter får de adgang til den bagvedliggende kode.

Som der er gjort rede for i beskrivelsen af projektet (s. 5-7), er der tale om en ny idé

om undervisning, der involverer fag, modeller og kodning. Der er altså ikke tale om at didaktikken er inspireret af – eller forholder sig til – andre nyere didaktiske idéer som IBSE eller innovation.²

I projektet er anvendt programmeringsmiljøet NetLogo, der er udviklet til undervisningsbrug med henblik på at være intuitivt let at læse og forstå (Wilensky, 1999). NetLogo er baseret på Logosproget, som Seymour Papert udviklede. Det har igen og igen vist sig at det er overraskende let for eleverne at lære at læse koden og trække mening ud af den, hvorefter de kan gå i gang med selv at ændre, tilrette eller forbedre modellen ved at ændre i koden ud fra egne faglige overvejelser. Dette underbygges af opnåede resultater fra elevevalueringer beskrevet under afsnittet “Resultater”.

Et andet vigtigt didaktisk princip i projektet bestod i at læreren skelnede mellem tre niveauer i elevernes arbejde. 1. Elevernes brug af en model, hvor modellen simulerer det faglige fænomen. 2. Elevernes modifikation af modellen ved at lave mindre ændringer i modelkoden. 3. Skabelse af ny modelkode. Princippet omtales som use-modify-create (Lee et al., 2011). Rigtigt anvendt førte princippet bl.a. til at eleverne udviklede en følelse af ejerskab over for den model de selv havde lavet ændringer i.

Eksempel på et CT-undervisningsforløb fra kemi

For at illustrere hvordan arbejdet med NetLogo og CMC-tilgangen kan tage sig ud i en klasse, gennemgås her et konkret undervisningsforløb udviklet af en kemilærer i forbindelse med deltagelse i et CTiMNAT-kursus.³

I forløbet arbejdes med en NetLogo-model af den kemiske analysemetode *fældningstitrering*. Forløbet bygger på CMC-tilgangen. Der er faglig og CT-mæssig progression gennem brug af use-modify-create. Forløbet kræver ikke forudgående kendskab til NetLogo.

Forud for CT-aktiviteterne har eleverne lavet et forsøg i laboratoriet hvor de har bestemt saltindholdet i en saltvandsprøve.

Eleverne får udleveret en NetLogo-model af deres lærer, som de nu tager udgangspunkt i. Målet med arbejdet med modellen er at koble de makroskopiske observationer fra forsøget til hvad der sker på mikroniveau med de forskellige ioner og ionforbindelser i opløsningen. Programmeringen i NetLogo er baseret på såkaldte *agenter*, som i denne model er forskellige typer af ioner. I modellen er agenterne programmeret til at danne bundfald hvis to agenter af den rette type kommer tæt på hinanden.

2. I foråret 2022 blev en kombination af CMC-tilgangen og engineering-didaktik med held afprøvet i grundskolen. Projektet hed “Engineering, computermodeller og teknologiforståelse”. Grundskoleprojektet har ikke haft indflydelse på CTiMNAT. Det er omtalt her:

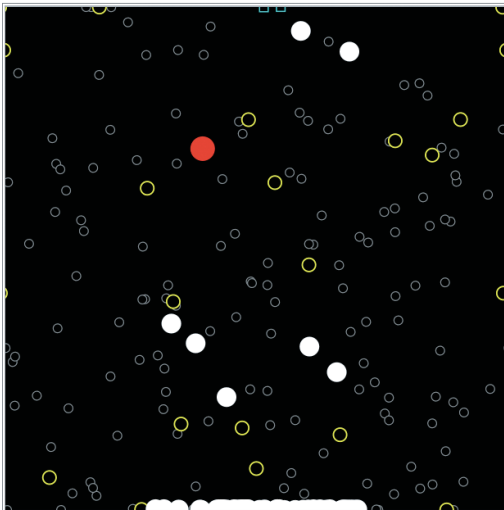
<https://engineerthefuture.dk/om-os/indsatser/projektbeskrivelse-engineering-computermodeller-og-teknologiforstaaelse/>.

3. Forløbet er udviklet af Gitte Alstrup Jensen fra Holstebro Gymnasium og HF i forbindelse med tredje kursusforløb og er beskrevet i større detalje på <https://library.ct-denmark.org/faeldningstitrering/>.

Undervejs bliver eleverne bedt om at forholde sig til modellens opførsel, muligheder og begrænsninger. Gennem en række opgaver hvor de arbejder med NetLogo-koden, får de trinvist skabt en model der er mere virkelighedsnær end den de fik udleveret. Der arbejdes på én og samme tid med det faglige indhold, koden og modelleringen.

Figur 2 viser et billede af NetLogo-simuleringen som den kan se ud efter eleverne har arbejdet med den. Inden da har eleverne i grupper:

- startet simuleringen, undersøgt knappernes betydning og fundet ud af hvilke ioner (agenter) der skal mødes for at danne henholdsvis hvidt og rødt bundfald
- undersøgt hvor mange sølv(I)ioner der skal tilsættes for at alle kloridioner er om-dannet til hvidt bundfald, og hvilken betydning det har at ændre startantallet af henholdsvis klorid- og kromationer
- ændret størrelse, udseende og fart af ioner og bundfald ved at ændre i modelkoden
- ændret i modelkoden så der tilsættes flere sølv(I)ioner ad gangen, og de tilsættes i toppen af beholderen
- afstemt reaktionsskemaet for fældningsreaktionen og ændret i koden så modellen er i overensstemmelse med det afstemte reaktionsskema
- ændret i modelkoden så modellen illustrerer opløsningens farve på makroniveau, mens de opløste ioner skjules på mikroniveau.



```
to lav-sølvchlorid?
  ask chlorider [
    if count sølvioner in-radius 1.5 > 0 [
      ask n-of 1 sølvioner in-radius 1.5 [die]
      set breed sølvchlorider
      set heading 180
      set shape "circle"
      set color white
      set size 1.5
    ]
  ]
end
```

Figur 2. Til venstre: en NetLogo-model over fældningstitrering. Billedet viser simuleringen som den ser ud efter eleverne har arbejdet med den. Til højre: udsnit af den kode i NetLogo-modellen som eleverne arbejder med. For at få modellen til at passe med reaktionsskemaet skal tallene i de to røde cirkler ændres.

Oversigt over CTiMNAT-projektet

I projektet blev et timåneders efteruddannelseskursus i computationel tænkning (CT) gennemført tre gange med tre forskellige hold kursister. Andet og tredje kursusforløb blev justeret og forbedret på grundlag af en løbende opsamling af resultater og erfaringer fra de(t) foregående forløb.

I projektet blev der udviklet konkret indhold til fagintegreret CT-undervisning samt en didaktik hvor udgangspunktet er at eleverne arbejder med fagligt relevante computermodeller der i udgangspunktet er meget simple og skrevet til et specifikt fagligt emne. Kernen i de tre efteruddannelsesforløb var at en kursist selv udviklede, afprøvede og justerede undervisningsforløb, der var bygget op omkring en faglig computermodel som kursisten selv kodede.

Tabel 1. De tre kursusforløb i CTiMNAT-projektet. I det tredje forløb blev fagkredsen for kursisterne udvidet til også at omfatte samfundsfag.

Kursusforløb	Skoleår	Antal kursister	Antal repræsenterede gymnasier	Antal publicerede undervisningsforløb
CTiMNAT-1	2018/2019	29	17	30
CTiMNAT-2	2019/2021	32	16	17
CTiMNAT-3	2021/2022	58	29	36
SAMLET		119	44	83

Didaktisk, indholdsmæssig og forskningsmæssig progression over tre kursusforløb

I forbindelse med planlægningen af projektet blev det på forhånd besluttet at der skulle være en progression for aktiviteterne i de tre forløb i form af et skiftende fokus for kursusindhold, intern erfaringsopsamling på møder o.l., evaluering samt forskning. I de tre evalueringsrapporter (Buch et al., 2019; Hansen et al., 2021; Hansen et al., 2022) er der i detaljer gjort rede for progressionen i de tre kursusforløb. Kursusindholdet opsummeres kort herunder, og forskning og evaluering beskrives under afsnittet "Resultater".

En ph.d.-studerende (tidligere gymnasielærer) samt eksperter i computing education, datalogi og pædagogisk forskning designede og forestod forskningen i forløbene. Forskningsspørgsmålene i projektet betød at empiri, i form af både kvalitative og kvantitative data, blev indsamlet. Forskning beskrives yderligere under afsnittet "Resultater".

Første kursusforløb (2018/19)

Her var fokus på udvikling, afprøvning, monitorering og evaluering af kursets indhold og struktur. Mere specifikt var der fokus på:

- Formulering af et robust og didaktisk *anvendeligt CT-begreb* med vægt på praksisser, herunder placering af begrebet i forhold til international CT-forskning
- *Operationalisering* af det formulerede CT-begreb med vægt på læreres brug af modellering og simulering, problemanalyse, brug af data, brug af algoritmer og forståelse af kodens struktur og funktion
- Formulering af en *specifik CT-didaktik* med omdrejningspunkt i den innovative CMC-tilgang
- Afprøvning af programmeringsmiljøet NetLogo som *et centralt redskab* i model-baseret CT-undervisning
- Indarbejdelse af ovenstående punkter i *design af et kursusforløb* med vægt på samspillet mellem workshops og kursisternes praktiske opgaver i form af udarbejdelse af en computermodel og et tilhørende undervisningsforløb, herunder afprøvning i egne klasser.

Resultater og erfaringer fra første gennemløb blev indarbejdet i det efterfølgende kursusforløb.

Andet kursusforløb (2019/21)

Dette forløb blev forlænget på grund af coronarestriktioner. Fokus i forløbet var på udvikling af kursisternes undervisningskompetencer. Mere specifikt var fokus på kursisternes kompetence til at:

- Planlægge et samlet undervisningsforløb med målrettede og målsatte CT-aktiviteter for eleverne, herunder:
 - Overveje modellens rolle i et undervisningsforløb og bringe modellen i spil i udviklingen af elevernes CT-kompetencer og deres faglige forståelse af det modelledede fænomen
 - Kode og/eller tilrette en faglig model i programmeringsmiljøet NetLogo med et specifikt undervisningsforløb for øje
 - Implementere en række CT-faglige, elevrettede læringsaktiviteter.

Desuden blev der udviklet og afprøvet en kursusmodel med brug af coaches i kurset i form af deltids-frikøbte gymnasielærere der fungerede som hjælpelærere for projektlederen. Hver coach var i målrettet dialog med mindre hold kursister.

Tredje kursusforløb (2021/22)

Det tredje kursusforløb blev udvidet, så forløbet også blev udbudt til lærere i samfundsfag. Baggrunden for udvidelsen var erfaringer fra et CMC-inspireret projekt i Region Midtjylland, der havde vist at lærere i samfundsfag havde positivt udbytte af at arbejde med NetLogo og CMC-tilgangen i deres fag, hvor modeller spiller en fremtrædende rolle (Nielsen et al., 2021).

I det tredje kursusforløb var der – ud over det allerede udviklede indhold – fokus på kursisternes fortrolighed med indholdet og deres eventuelle samarbejde ved at:

- Udvikle kursusaktiviteter der træner kursisternes grundlag for at arbejde selvstændigt og didaktisk i dybden med det anvendte programmeringsmiljø (NetLogo)
- Afprøve en udviklet evalueringsskabelon som et målsætnings- og planlægningsredskab for kursisterne
- Arbejde videre med kursisternes metaforståelse af modeller og modellens generiske (fagoverskridende) egenskaber og hvordan denne forståelse kan realiseres i forbindelse med fagrelevante CT-aktiviteter for eleverne.

Kursusforløbenes opbygning

De tre kursusforløb havde i store træk den samme opbygning. Hvert forløb havde tre faser. I den første fase lærte kursisterne programmeringssproget NetLogo, de valgte et fagligt fænomen de ville arbejde med, og de udarbejdede en NetLogo-model med tilhørende elevaktiviteter.

I anden fase afprøvede kursisterne først deres eget undervisningsforløb på egne elever. Derefter afprøvede de endnu et forløb. Andet forløb kunne være et som en anden kursist havde udarbejdet, eller et nyt forløb som kursisten selv udarbejdede.

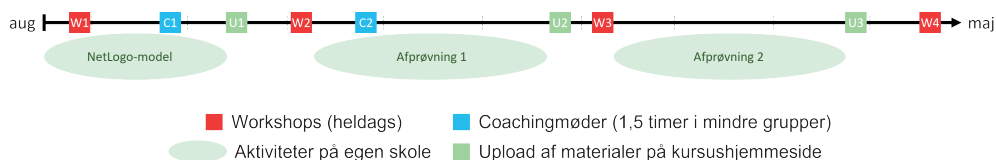
Tredje og sidste fase var en afrunding. Her blev de udarbejdede undervisningsforløb finpudset så de kunne deles med resten af gymnasiesektoren, og kursisterne præsenterede forløbene for hinanden ved en postersession.

En vigtig del af de to sidste kursusforløb var deltagelse af et antal tidligere kursister, der havde rollen som fagspecifikke hjælpelærere (coaches). Coachene deltog i alle workshops, gav faglig sparring på kursisternes modeller og deltog i møder (coachingmøder) med små grupper af kursister. Nedenstående beskrivelse er dækkende for de to sidste forløb.

På figur 3 er vist en oversigt over elementerne i kurset. Kurset er bygget op omkring fire workshops (W1-W4). Der blev afholdt coachingmøder (C1-C2) imellem første og anden workshop og imellem anden og tredje workshop. Før hver workshop skulle kursisterne færdiggøre de aktiviteter som de gik i gang med til sidste workshop, og uploade dem på kursushjemmesiden (U1-U3). Før workshop 3 og 4 afprøvede kursisterne en CT-aktivitet på eget hold.

Kursets opbygning er inspireret af QUEST-projektet, som var et større dansk udviklings- og efteruddannelsesprojekt for grundskolelærere der blev gennemført i 2012-2015.⁴ QUEST-projektet implementerede erfaringer fra flere års international forskning i efteruddannelse af undervisere (van Driel et al., 2001; Vescio et al., 2008; Lund Nielsen et al., 2013).

I CTiMNAT-kurserne lagde vi især vægt på at det er en udbredt erfaring at hvis efteruddannelse rent faktisk skal få de involverede lærere til at ændre deres undervisning og deres fagforståelse, så skal efteruddannelsesforløbet opfylde en række minimumskrav om varighed, relevant indhold samt systematisk vekselvirkning mellem ny teori og kursisters eget arbejde med afprøvning i egen undervisning (Krogh, 2016).



Figur 3. Kursusforløbets elementer og deres fordeling gennem forløbet.

Workshoppene blev primært brugt til at følge op på kursisters afprøvning af CT-forløb og til at introducere nye værktøjer, teorier, principper og pædagogiske overvejelser.

Den vigtigste del af kurset foregik på kursisters egen skole. Det gælder færdiggørelsen af NetLogo-modeller, undervisningsaktiviteterne og -materialerne og de to omgange af afprøvning af en undervisningsaktivitet med eget hold. Ved kursets afslutning finpudsede og delte kursisterne mindst ét undervisningsforløb på websiden GraspIT (www.graspit.dk).

Før og efter første workshop blev kursister som ikke havde erfaring med kodning/programmering, klædt på med de mest basale kodefærdigheder så de blev i stand til at kode deres egen NetLogo-model.

Resultater

Besvarelse af forskningsspørgsmål

De forskningsmæssige resultater af det treårige udviklingsprojekt er udgivet i separate internationale forskningsartikler (Musaeus & Musaeus, 2019; Musaeus et al., 2023; Musaeus & Musaeus, 2023).

Fra forskningen ved vi at modellering og *model-based thinking* kan styrke elevers

4. For en beskrivelse af QUEST-projektet, se <https://projekter.au.dk/q-model/quest-projektet>.

forståelse af ikke bare modeller i et givent fag, men også de sammenhænge og de strategier for problemløsning der eksisterer i relation til et fænomen i faget (Sun, 2006; Musaeus et al., 2022).

Flere forskere har arbejdet med at beskrive og afprøve modellering og model-baseret thinking i en uddannelsesmæssig sammenhæng. Modellering er beskrevet af computing education-forskere som et oplagt udgangspunkt for at introducere CT i uddannelsesmæssige sammenhænge (Guzdial et al., 2019). Som nævnt tidligere har danske forskere opnået international interesse ved at være de første til at pege på hvordan modellering, baseret på computere, kan implementeres i eksisterende fag i ungdomsuddannelserne (Caspersen & Nowack, 2013; Nowack & Caspersen, 2014; Caspersen et al., 2018).

At implementere computationel modellering i fagene i det danske gymnasium er ikke trivielt, men kan – som det er vist i projektet – gøres ved fx at anvende agentbaseret modellering, som det sker i NetLogo. Den agentbaserede tankegang og modeleringsproces kan være nemmere for eleverne at arbejde med og forstå frem for mere traditionelle programmeringsmiljøer.

I kraft af sine agenter er et agentbaseret sprog mindre abstrakt og mere håndgribeligt end traditionelle programmeringstilgange såsom objektbaserede, fx Java eller Python (Wilensky & Reisman, 2006). I arbejdet med at integrere CMC-tilgangen i fagene har vi derfor anvendt agentbaseret modellering i form af programmeringsmiljøet NetLogo, og i designet af det samlede kursusforløb er forskning indtænkt i alle tre forløb.

CMC-tilgangen

Integration af modellering og computermodeller i undervisningen

Vi bruger undersøgelserne beskrevet i afsnittet om den teoretiske baggrund, der fastslår at modellering er en central del af CT, som belæg for at undersøge om modelerings- og kodningsaktiviteter kan integreres i gymnasieundervisningen. I første kursusforløb havde forskningen således fokus på kursets design og struktur og dermed på at besvare det første forskningsspørgsmål: Var den generelle idé om at integrere computermodeller og modellering i eksisterende fag holdbar, og kunne lærere og elever arbejde med aktiviteter designet efter CMC-tilgangen?

Det blev undersøgt ved hjælp af flere metoder hvorvidt CMC-tilgangen var brugbar som fundament for design og gennemførelse af læringsaktiviteter for både kursister og elever. Spørgeskemaundersøgelser af elevers selvrapportering og fokusgruppeinterviews af lærere blev kodet, sammenlignet og analyseret af flere forskere. Resultaterne fra spørgeskemaundersøgelsen, der dækkede 22 underkategorier af CT (se Musaeus & Musaeus, 2019), viste at eleverne fik øget forståelse af sammenhængen mellem

kodning, modellering og faglige fænomener, samtidig med at de fik udbygget deres faglige indsigt. Resultater fra fokusgruppeinterviews med lærere viste desuden at de følte sig trygge ved at arbejde med programmeringsmiljøet og fik mulighed for at arbejde med kendt stof på en ny måde samt med nye idéer til modeller til brug i undervisningen. Se en detaljeret beskrivelse af data og resultater i Musaeus & Musaeus (2019) og evalueringsrapporten (Anonym, 2018).

Støtte til design af egne læringsaktiviteter og computermodeller

I det midterste kursusforløb var forskningen fokuseret på hvorvidt den succesfulde CMC-tilgang og computationel modellering kunne anvendes af kursisterne til design af egne læringsaktiviteter og computermodeller for deres elever, for at besvare forskningsspørgsmål to og tre.

Det blev registreret hvor mange kursister der var i stand til at producere computermodeller og læringsaktiviteter i løbet af kursusforløbet, og hvor mange af kursisterne der kunne anvende disse i egen undervisning. Flere kursister arbejdede i par, og alle par producerede en computermodel med tilhørende læringsaktiviteter. Alle kursister udviklede computermodeller og læringsaktiviteter. I alt blev der udviklet eller tilpasset 26 computermodeller med tilhørende læringsaktiviteter i andet kursusforløb (se evalueringsrapport for detaljer (Hansen et al., 2021)). Heraf blev 17 forløb publiceret på www.graspit.dk.

I alle tre kursusforløb blev kursisterne præsenteret for CMC-tilgangen og computationel modellering som begreb (se en nærmere beskrivelse af kursusforløbene under afsnittet "Kursusforløbenes opbygning"). Alle computermodeller og læringsaktiviteter produceret af kursisterne blev afprøvet i deres egen undervisning, hvilket kan besvare forskningsspørgsmål to om hvorvidt kursisterne opnåede kompetencer til selv at designe disse aktiviteter og materialer. I forbindelse med det tredje kursusforløb (N = 42) vurderede 86 % af kursisterne at de havde forbedret deres egne kompetencer til at inddrage computationelle elementer i undervisningen, og 70 % vurderede at deres egen undervisning om modeller og modellering var blevet mere kvalificeret. Vi konkluderer heraf at workshops, sammen med coachingmøder og afprøvning på egen skole, udgjorde en god struktur for kursisters arbejde med udvikling af modeller og undervisningsforløb, hvilket underbygger besvarelsen af forskningsspørgsmål nummer to.

I forbindelse med andet kursusforløb blev der udviklet en skabelon til brug af kursisterne til design af didaktiske spørgsmål til eleverne, som støttede dem i deres computationelle modellering. Skabelonen blev udviklet ved hjælp af *design-based research* som indebar design-iterationer af skabelonen baseret på samarbejde med kursisterne. Skabelonen præsenterer både elementer af computationel modellering som vedrører det faglige område (fx et fænomen i fysik), og elementer som vedrører det compu-

tationelle område (fx variable og værdier i programmet). Teorien om computationel modellering som begreb er beskrevet i Nowack & Caspersens (2014) arbejde og ligger til grund for udformningen af skabelonen og de to områder (det faglige og det computationelle). Skabelonen blev anvendt af kursisterne til design af didaktiske spørgsmål til eleverne, som en del af læringsaktiviteterne om computationel modellering. Flere forskere foretog en kodning, sammenligning og efterfølgende analyse af kursisternes egne producerede læringsaktiviteter. Disse resultater viste at alle kursister var i stand til at designe og producere både computermodeller og tilhørende didaktiske spørgsmål der refererede til både det faglige og det computationelle område, ud fra skabelonen (Musaeus et al., 2023). Herved kunne forskningsspørgsmål tre besvares positivt.

Elevernes læringsudbytte

I det tredje – og foreløbig sidste – kursusforløb var forskningen fokuseret på elevernes læring med computermodeller integreret i fag. Fra tidligere forskningsarbejde, der bygger på tilsvarende idéer og principper med at undersøge eleverne læring i et specifikt fag (bioteknologi), vides det at sammenlignet med traditionel undervisning lærer eleverne bioteknologifaget bedre når de arbejder med faglige computermodeller, og at eleverne samtidig opnår computationelle kompetencer igennem dette arbejde (Musaeus et al., 2022). For at undersøge om dette fænomen også var gældende for elever hvis lærere havde deltaget i CTiMNAT-projektet, blev eleverne testet i deres modelleringskompetencer og deres evne til at tænke computationelt ved hjælp af spørgsmål fra validerede tests (Dagiené & Sentance, 2016), efter de havde deltaget i kursisternes læringsaktiviteter. Der blev desuden anvendt en kontrolgruppe af tilsvarende elever og klasser som blev undervist traditionelt (uden computermodeller), og deres testresultater blev sammenholdt med de klasser der havde arbejdet med læringsaktiviteter inden for computermodellering.

Elevernes computationelle tænkning og modelleringsfærdigheder blev målt med både *åbne spørgsmål* og *multiple choice-spørgsmål* i de anvendte tests. Elevernes svar på de åbne spørgsmål blev kodet af flere forskere og analyseret. Ved sammenligningen viser foreløbige resultater fra elevernes svar at eleverne blev bedre til algoritmisk og computationel tænkning gennem arbejdet med computationel modellering. Evnen til at kommunikere med en computer i form af en sekvens af instrukser der indeholder både loop og en trinvis beskrivelse, blev bedre hos eleverne der havde deltaget i kursisternes læringsaktiviteter med computermodeller. Desuden gav flere elever sig i kast med at skrive egentlig kode som svar på et spørgsmål og med at skrive instrukser til en computer, efter de havde arbejdet med computermodeller i fagene matematik og samfundsfag. Endelig blev eleverne bedre til at forholde en computermodel til et virkeligt fænomen som modellen repræsenterede, og dermed til at identificere

forsimplinger og begrænsninger i en model, efter at de havde arbejdet med computermodeller i undervisningen (Musaeus & Musaeus, 2023). Tilsammen besvarer disse resultater forskningsspørgsmål fire ved at undersøge hvad elevernes læringsudbytte er ved at deltage i disse nye læringsaktiviteter designet efter CMC-tilgangen.

Opfyldelse af intentioner med projektet

Intentionerne med projektet er skitseret ovenfor (i afsnittet “Intentioner med projektet”) og var først og fremmest at lærerne skulle være i stand til selv at designe og producere computermodeller og spørgsmål som gjorde eleverne i stand til arbejde med computermodeller og kode som en del af deres undervisning. Resultater fra evalueringerne af kursusforløbene viser at alle kursister udviklede computermodeller og didaktiske spørgsmål. Nogle kursister arbejdede i par, men alle var aktive i fremstillingen af både computermodeller og læringsaktiviteter.

Forskning i og evaluering af elevernes deltagelse i læringsaktiviteterne viste at 79-95 % af eleverne (N = 662) selv arbejdede med koden ved at tolke og lave ændringer i den (Musaeus & Musaeus, 2019; Hansen et al., 2021). I lyset af at 95 % af de samme elever på forhånd indikerede at de havde “lidt” eller “ingen” forudgående erfaring med at arbejde med computerkode (Hansen et al., 2021), anses disse tal for meget høje.

Elevernes læringsudbytte blev belyst ved hjælp af forskningsspørgsmål nummer fire med specielt fokus på elevernes færdigheder i computationel tænkning og modellering (Musaeus & Musaeus, 2023). Men kursisternes (N = 42) egen vurdering af elevernes læring blev undersøgt ved hjælp af en evaluering efter kursusforløb nummer tre. Denne evaluering viste at 67 % af kursisterne vurderede at deres elevers computationelle læring i forbindelse med afprøvning(er) var “god/meget god”, og 93 % af kursisterne vurderede at elevernes faglige læring var “den samme som”, “bedre end” eller “meget bedre end” ved konventionel undervisning (Hansen et al., 2022).

Desuden var intentionerne med projektet at vise hvordan de deltagende fag kunne præsenteres mere tidssvarende, og at det ikke behøver at opleves af kursisterne som noget der tager ekstra tid i deres undervisning. Følgende citater fra evalueringsrapporten efter tredje kursusforløb (Hansen et al., 2022) viser dette:

- “Jeg er blevet meget mere sikker og effektiv i min inddragelse af modeller. Jeg har også fået indsigt i hvordan modeller kan inddrages i forskellige dele af læringsprocesserne med eleverne – fx induktivt og deduktivt”.
- “Jeg har altid brugt en del modeller i fysik, så nu er det en anden type modeller jeg kommer til at bruge”.
- “Når jeg nu har programmer og modeller der kan bruges mere eller mindre direkte, så har jeg mere mod på at bruge NetLogo-modeller i min undervisning”.

- “[Jeg] vil fremadrettet anvende modellen jeg selv lavede, og vil også prøve at indarbejde andre modeller. Inden kurset havde ingen computermødelier af nogen slags med”.
- “Det [kurset] har givet mig en mulighed for at eleverne kan arbejde med modeller af mikroniveau i kemi, og vi har nogle konkrete modeller at vurdere muligheder og begrænsninger på baggrund af”.
- “Modeller fylder allerede en del i samfundsfag, men dette kursus bidrager med nye vinkler og nye og gode måder at arbejde med dem på”.
- “Eleverne får set faget på en anden måde”.

Endelig var intentionen at alle undervisningsforløb der blev udviklet i projektet, skulle testes og tilrettes og derefter deles offentligt. Alle undervisningsforløb er nu beskrevet, testet og offentligt tilgængelige på hjemmesiden GraspIT (www.graspit.dk).

Diskussion og konklusion

Et bud på undervisning i at “tænke computationelt” i faglige sammenhænge

De forskningsspørgsmål og intentioner der var formuleret for projektet, er blevet besvaret og bekræftet. Projektet har demonstreret at i matematik, de naturvidenskabelige fag og samfundsfag er det muligt – med udgangspunkt i CMC-tilgangen og som foreslået af Nowack & Caspersen (2014) – at integrere undervisning om computermødelier og modellering i de eksisterende fag, så flertallet af lærere finder at det styrker og moderniserer fagligheden.

Der er designet, evalueret og beskrevet et kursusforløb for lærere i de indgående fag som giver dem kompetencerne til selv at udvikle undervisningsforløb som – igen under brug af CMC-tilgangen – integrerer computationel tænkning og modellering i egen undervisning.

Der er udviklet et værktøj til at understøtte lærernes arbejde med dette i form af en skabelon for didaktiske elevspørgsmål.

Endelig er det vist at eleverne opnår kompetencer i både computationel tænkning, kodning og modellering ved at deltage i disse aktiviteter. Vi mener at det et stort skridt for lærere og elever i retning af at “tænke computationelt”.

Intentionerne med projektet er dermed blevet indfriet. De mange publicerede undervisningsforløb demonstrerer tydeligt at lærere der deltog i et af de tre kursusforløb, blev i stand til at producere computermødelier med tilhørende undervisningsforløb der opfylder intentionerne i CMC-tilgangen.

Vi finder det markant at en evaluering viste at forløbene – herunder arbejdet med computerkoden – gav faglig og arbejdsmæssig mening for så godt som alle elever.

95 % af eleverne rapporterede at de selv havde skrevet ændringer ind i modelkoden (Hansen et al., 2021). Svar på en række spørgsmål viste desuden at næsten lige så mange elever (> 80 %) oplevede hvordan der var sammenhæng mellem deres kodeændringer og ændringer i modellens opførsel (ibid.).

Desuden gav aktiviteterne – når først lærerne mestrede NetLogo og den nye didaktik – ikke en ekstra arbejdsbyrde for lærerne.

Projektet har dog ikke været uden udfordringer. Som beskrevet ovenfor strakte kursusforløbene sig over et helt skoleår, og kursisterne skulle ind imellem kursets workshops planlægge, gennemføre og rapportere om en række aktiviteter i egen undervisning. Det er velkendt – også internationalt – at ambitiøs kompetenceudvikling af denne type ofte løber ind i udfordringer af strukturel art (Krogh et al., 2019), hvilket også var tilfældet her.

Fokusgruppeinterviews, uformelle samtaler og mailkorrespondance med kursister viste at det gav problemer for mange at få allokeret den nødvendige (og på forhånd anslåede) arbejdstid til deres kursusaktiviteter. Desuden havde flere kursister vanskeligt ved at involvere kolleger i de nye idéer om undervisning. Mange oplevede manglende opbakning fra skolens ledelse. Dertil kom at mange skoler stadig ikke har en strategi for udvikling af den computationelle undervisning, så nogle kursister i hjemmeskolen følte at de arbejdede i et udviklingsmæssigt vakuum.

Nogle af disse udfordringer var nemmere at håndtere for kursister der deltog sammen med én eller flere kolleger fra samme skole, så der var mulighed for samarbejde. I det ovenfor omtalte QUEST-projekt var det en del af lærernes kompetenceudvikling at de systematisk skulle involvere fagkolleger på egen skole i aktiviteter som tog udgangspunkt i kursusaktiviteter. Denne del af QUEST-projektet valgte vi ikke at arbejde med i CTiMNAT, hvor fokus ikke har været på at udvikle skolerne, men på at udvikle didaktik og undervisning.

Fremtid for computationel undervisning i gymnasiet?

CTiMNAT-projektet er afsluttet på et tidspunkt hvor der er stor usikkerhed om nye fag og fagligheder i gymnasiet i forbindelse med elevernes udvikling af digitale og computationelle kompetencer. Hvem skal undervise i hvad, med hvilke mål og på hvilke vilkår?

Der er udbredt enighed blandt en lang række aktører om at der er et påtrængende behov for ændringer, men hverken politisk eller didaktisk er der samlede og tydelige bud på hvordan disse ændringer – herunder fremtidig undervisning knyttet til begrebet computationel tænkning – konkret kan realiseres.

De danske overvejelser om at undervise i CT tog fart da Vækstrådet i 2016 i en rapport anbefalede at CT skulle gøres til en “integreret og obligatorisk del af undervisningen i [bl.a.] grundskole og ungdomsuddannelser” (Danmarks Vækstråd, 2016,

s. 6). Siden er der fulgt en række initiativer, hvoraf det vigtigste er grundskolens forsøgsfag digital teknologiforståelse, som er blevet afprøvet i stor skala på 42 skoler. Faget indeholder fire kompetenceområder: computationel tankegang, teknologisk handleevne, digital design og digital myndiggørelse (UVM, 2021b).

Afprøvningen sluttede i sommeren 2021, men en politisk beslutning om fagets fremtid i grundskolen er endnu ikke taget. Dermed er grundlaget for at skabe sammenhæng mellem en (altså stadig uafklaret) udvikling i grundskolen og en (endnu mere uafklaret) udvikling i gymnasiet usikkert og uigennemskueligt.

En rapport fra november 2022 fra bl.a. Akademiet for de Tekniske Videnskaber og Den Nationale Alliance for digital Teknologiforståelse peger på at politikernes tøven er stærkt problematisk: Det haster med at gøre faget digital teknologiforståelse obligatorisk i grundskolen, og derfor haster det også med en indsats som sætter gymnasiet i stand til at bygge videre på de digitale kompetencer som eleverne får i grundskolen. For gymnasiet anbefaler rapporten at

“digital teknologiforståelse og it-faglighed skal skrives frem i læreplaner for alle fag. [...] Der er brug for at opdatere de eksisterende afsnit om brug af it i undervisningen i læreplanerne for alle fag.” (Den Nationale Alliance for digital Teknologiforståelse, 2022)

Læren fra CTiMNAT-projektet er at en indsats i gymnasiet kan integreres i gymnasiets eksisterende fag og kobles til faget digital teknologiforståelse i grundskolen. En sådan integration vil kunne profitere af og supplere en eventuel styrkelse af det selvstændige fag informatik.

Det er specielt vigtigt at prioritere og konkretisere indsatsen inden for området computationel tænkning, da lærerne i grundskolen finder dette kompetenceområde udfordrende at arbejde med, ikke mindst fordi de finder området “abstrakt” (UVM, 2021b, s. 23). Det er vores håb at CTiMNAT giver et konkret og operationaliserbart bud på hvordan computationel tænkning kan integreres i undervisningen i gymnasiet (og eventuelt i grundskolen) og dermed modvirke tendenser til “abstrakthed”.

Konklusionen på dette projekt er dermed todelt. Denne artikel samt en offentligt tilgængelig hjemmeside med alle udviklede materialer og en beskrevet didaktik (Musa-eus et al., 2020) bidrager med faglige elementer og en didaktik der gør CT-undervisning til et konkret, håndterbart og fornyende element i en række fag.

Desuden bidrager projektet med en beskrivelse af et efteruddannelseskoncept der viser hvordan man kan samarbejde med lærere i deres egen efteruddannelse, så nye efteruddannelsesforløb bliver afprøvet og tilpasset under realistiske omstændigheder i lærernes og skolernes travle hverdag. Vi mener at den beskrevne didaktik, fagelementerne og efteruddannelsen kan være udgangspunkt for en udbredelse som – med

støtte fra en politisk strategi og skolernes ledelser – kan inddrage flere skoler og (endnu) flere lærere på hver enkelt skole.

Afslutningsvis vil vi gerne takke Danske Science Gymnasier (DASG) for kvalificeret sparring på projektet og Villum Fonden for økonomisk støtte til projektet.

Referencer

(Evalueringsrapporter fra CT-projekter er mærket med en asterisk)

- *Anonym (2018). *CT i Gymnasiefag. Afsluttende rapport til Region Midtjylland/Regional udvikling. April 2018*. Lokaliseret 02/01/2023 på https://cctd.au.dk/fileadmin/user_upload/CT_i_Gymnasiefag-afslutningsrapport-ur.pdf.
- *Buch, J., Etches, A., Nielsen, K., Musæus, L.H. & Hjorth, A. (2019). *Computational Thinking i Matematik og Naturvidenskab (CTiMNAT). Evaluering af kursusforløbet efter første gennemløb 2018-2019*. Lokaliseret 02/01/2023 på <https://science-gym.dk/evaluer/CTiMNAT-evaluering-20182019.pdf>.
- Caeli, E.N. & Bundsgaard, J. (2019). "Datalogisk tænkning og teknologiforståelse i folkeskolen tur-retur". *Tidsskriftet Læring og Medier (LOM)*, 11(19), s. 1-30.
- Caspersen, M.E. & Nowack, P. (2013). "Computational Thinking and Practice. A Generic Approach to Computing in Danish High Schools". *Proceedings of the Fifteenth Australasian Computing Education Conference*, 136, s. 137-143.
- Caspersen, M.E. & Skov, S. (2022). "Informatik som almen kompetence på alle uddannelsesniveauer". *Acta Didactica Norden*, 16(4), 9 sider.
- Caspersen, M.E., Iversen, O.S., Nielsen, M., Hjorth, A. & Musæus, L.H. (2018). *Computational Thinking – hvorfor, hvad og hvordan. Efter opdrag fra Villum Fondens bestyrelse*. Lokaliseret 02/01/2023 på https://www.it-vest.dk/fileadmin/user_upload/pdf/2018-12-18--Computational-Thinking--hvorfor-hvad-og-hvordan--PRINT-2-sided.pdf.
- Dagiené, V. & Sentance, S. (2016). "It's Computational Thinking! Bebras Tasks in the Curriculum". I: A. Brodnik & F. Tort (red.), *Informatics in Schools. Improvement of Informatics Knowledge and Perception* (s. 28-39). ISSEP 2016. Lecture Notes in Computer Science, vol. 9973. Cham: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-46747-4_3.
- Danmarks Vækstråd (2016). *Rapport om kvalificeret arbejdskraft*. Lokaliseret 02/01/2023 på https://www.co-industri.dk/files/2021-07/Rapport_om_kvalificeret_arbejdskraft.pdf.
- Danske Gymnasier (2021). *Danske Gymnasiers 2025-strategi. Uddannelse skaber samfund*. Lokaliseret 02/01/2023 på <https://danskegymnasier.dk/wp-content/uploads/2021/02/Danske-Gymnasiers-2025-strategi-1.0.pdf>.
- Den Nationale Alliance for digital Teknologiforståelse (2022). *Et uddannelsessystem til Danmarks digitale fremtid. Hvad er næste skridt?* Lokaliseret 02/01/2023 på <https://algoritmer.org/wp-content/uploads/sites/2/2022/11/brief-hvordan-sikrer-vi-et-uddannelsessystem-til-danmarks-digitale-fremtid.pdf>.

- Duschl, R.A. & Grandy, R. (2013). "Two Views About Explicitly Teaching Nature of Science". *Science & Education*, 22, s. 2109-2139.
- EVA (2017). *Den faglige udvikling i gymnasiet. En undersøgelse af udviklingen i dansk, engelsk, matematik og fysik i perioden 1967-2017 – belyst gennem læreplaner og eksamenssæt*. Lokaliseret 02/01/2023 på <https://www.eva.dk/sites/eva/files/2020-01/Rapport%20-%20Den%20faglige%20udvikling%20i%20gymnasiet%20-%20layoutet%20-%20rev160120.pdf>.
- Folketinget (2022). *Bekendtgørelse af lov om de gymnasiale uddannelser (LBK nr. 957 af 22/06/2022)*. Lokaliseret 02/01/23 på <https://www.retsinformation.dk/eli/lta/2022/957>.
- Musaeus, L. H., Nowack, P., Caspersen, M. E., Musaeus, P. (2023). *A Template for Teaching Computational Modelling. A Design-Based Research Study with Teachers in Danish High Schools* [manuskript indsendt til publikation].
- Musaeus, L. H., Musaeus, P. (2023). *Learning Transfer from Computational Modeling to Computational Thinking* [manuskript indsendt til publikation].
- GL (2016). *GL's bemærkninger til forslag til lov om de gymnasiale uddannelser*. Lokaliseret 02/01/2023 på <https://www.gl.org/uddannelse/udd.politik/Hoerings svar/Gymnasielov%202016%20-%20GL's%20h%C3%B8ringssvar.pdf>.
- Guzdial, M., Kay, A., Norris, C. & Soloway, E. (2019). "Computational Thinking Should Just Be Good Thinking". *Communications of the Association of Computing Machinery*, 62(11), s. 28-30. DOI: 10.1145/3363181.
- *Hansen, J.Ø., Musaeus, L.H. & Nielsen, K. (2021). *Computational Thinking i Matematik og Naturvidenskab (CTiMNAT). Evaluering af projektets andet kursusforløb 2019-2021*. Lokaliseret 02/01/2023 på <https://science-gym.dk/evaluer/CTiMNAT-evaluering-20192021.pdf>.
- *Hansen, J.Ø., Musaeus, L.H. & Nielsen, K. (2022). *Computational Thinking i matematik, naturvidenskab og samfundsfag (CTiMNAT). Evaluering af projektets tredje kursusforløb 2021-2022*. Lokaliseret 02/01/2023 på <https://science-gym.dk/evaluer/CTiMNAT-evaluering-20212022.pdf>.
- Haue, H. (2003). *Almendannelse som ledestjerne. En undersøgelse af almindannelsens funktion i dansk gymnasieundervisning 1775-2000*. Afhandling ved Syddansk Universitets Humanistiske Fakultet. Odense: Syddansk Universitetsforlag.
- Heymann, M., Gramelsberger, G. & Mahony, M. (red.) (2017). *Cultures of Prediction in Atmospheric and Climate Science. Epistemic and Cultural Shifts in Computer-based Modelling and Simulation*. New York: Routledge.
- Johnson, A. & Lenhard, J. (2011). "Toward a New Culture of Prediction". I: A. Nordmann, H. Radder & G. Schieman (red.) (2011). *Science Transformed? Debating Claims of an Epochal Break* (s. 189-199). University of Pittsburgh Press.
- Krogh, L.B. (2016). "Professionel udvikling af naturfagslærere – brikker til et fælles afsæt". *MONA*, 2016(4), s. 57-70.
- Krogh, L.B., Nielsen, K. & Waadegaard, N. (2019). "SUN-projektet. Skolebaseret udvikling af naturfag og kapacitet i gymnasiet". *MONA*, 2019(3), s. 47-67.

- Lee, I., Martin, F., Denner, J., Coulter, B., Allan, W., Erickson, J., Malyn-Smith, J. & Werner, L. (2011). "Computational Thinking for Youth in Practice". *Association of Computing Machinery Inroads*, 2(1), s. 32-37. <https://doi.org/10.1145/1929887.1929902>.
- Lund Nielsen, B., Pontoppidan, B., Sillasen, M., Mogensen, A. & Nielsen, K. (2013). "QUEST – et storskalaprojekt til udvikling af naturfagsundervisning". *MONA*, 2013(2), s. 49-66.
- Lynning, K.H. (2007). *Kampen om dannelsesbjerget. En analyse af debatter om naturvidenskabernes rolle i det danske gymnasium i forbindelse med skolereformerne i 1903 og 1958*. Ph.d.-afhandling, Aarhus Universitet.
- Musaeus, L.H. & Musaeus, P. (2019). "Computational Thinking in the Danish High School. Learning Coding, Modeling, and Content Knowledge with NetLogo". *Proceedings of the 50th Association of Computing Machinery Technical Symposium on Computer Science Education*, s. 913-919. <https://doi.org/10.1145/3287324.3287452>.
- Musaeus, L.H., Hansen, J.Ø., Damsgaard-Madsen, M. & Nielsen, K. (2020). *Computational thinking i gymnasiefag. En modelbaseret didaktik*. Aarhus: Center for Computational Thinking & Design, Aarhus Universitet. <https://cs.au.dk/fileadmin/www.cct.au.dk/cctd.au.dk/PDFs/CT-didaktik2020.pdf>.
- Musaeus, L.H., Tatar, D. & Musaeus, P. (2022). "Computational Modelling in High School Biology. A Teaching Intervention". *Journal of Biological Education*, s. 1-17. <https://doi.org/10.1080/00219266.2022.2118353>.
- *Nielsen, K., Damsgaard-Madsen, M. & Musaeus, L.H. (2021). *Modellering og Computational Thinking i Gymnasiefag. Afsluttende rapport til Region Midtjylland/Regional udvikling*. Lokaliseret 02/01/2023 på https://cctd.au.dk/fileadmin/www.cct.au.dk/cctd.au.dk/PDFs/Evaluering_af_MCTiG-rapport.pdf.
- Nowack, P. & Caspersen, M.E. (2014). "Model-Based Thinking and Practice. A Top-Down Approach to Computational Thinking". *Proceedings of the 14th Koli Calling International Conference on Computing Education Research*, s. 147-151. <https://doi.org/10.1145/2674683.2674686>.
- Papert, S. (1980). *Mindstorms. Children, Computers, and Powerful Ideas*. New York: Basic Books.
- Resch, M., Kaminski, A. & Gehring, P. (red.) (2017). *The Science and Art of Simulation I. Exploring – Understanding – Knowing*. Berlin: Springer.
- Sun, R. (red.) (2006). *Cognition and Multi-Agent Interaction. From Cognitive Modeling to Social Simulation*. Cambridge University Press. S. 79-99.
- UVM (2021a). *Kemi A, B og C, stx. Vejledning*. Lokaliseret 02/01/2023 på <https://www.uvm.dk/-/media/filer/uvm/gym-vejledninger-til-laereplaner/stx/210708-kemi-a-b-c--stx-vejledning-juni-2021.pdf>.
- UVM (2021b). *Forsøg med teknologiforståelse i folkeskolens obligatoriske undervisning. Slutevaluering. Børne- og Undervisningsministeriet. Rapport, oktober 2021*. Lokaliseret 02/01/2023 på <https://www.uvm.dk/-/media/filer/uvm/aktuelt/pdf21/okt/211004-slutevaluering-teknologiforstaelse.pdf>.

- UVM (2022a). *Vejledning til Biologi A, B og C, stx. Juni 2022*. Lokaliseret 02/01/2023 på <https://www.uvm.dk/-/media/filer/uvm/gym-vejledninger-til-laereplaner/stx/220826-biologi-c-b-og-a-stx-vejledning-juni-2022.pdf>.
- UVM (2022b). *Vejledning til Fysik A, stx. August 2022*. Lokaliseret 02/01/2023 på <https://www.uvm.dk/-/media/filer/uvm/gym-vejledninger-til-laereplaner/stx/220826-fysik-a-stx-vejledning-august-2022.pdf>.
- van Driel, J.H., Beijaard, D. & Verloop, N. (2001). "Professional Development and Reform in Science Education. The Role of Teachers' Practical Knowledge". *Journal of Research in Science Teaching*, 38(2), s. 137-158.
- Vescio, V., Ross, D. & Adams, A. (2008). "A Review of Research on the Impact of Professional Learning Communities on Teaching Practice and Student Learning". *Teaching and Teacher Education*, 24(1), s. 80-91.
- Weintrop, D., Beheshti, E., Horn, M., Orton, K., Jona, K., Trouille, L. & Wilensky, U. (2016). "Defining Computational Thinking for Mathematics and Science Classrooms". *Journal of Science Education and Technology*, 25(1), s. 127-147.
- Wilensky, U. (1999). NetLogo. <http://ccl.northwestern.edu/netlogo/>. Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling, Northwestern University, Evanston, IL.
- Wilensky, U., & Reisman, K. (2006). Thinking like a wolf, a sheep, or a firefly: Learning biology through constructing and testing computational theories—an embodied modeling approach. *Cognition and instruction*, 24(2), 171-209.
- Wing, J.M. (2006). "Computational Thinking". *Communications of the ACM*, 49(3), s. 33-35.
- Wing, J. (2011). Research notebook: Computational thinking—What and why. *The link magazine*, 6, 20-23.
- Winsberg, E. (2010). *Science in the Age of Computer Simulation*. Chicago: University of Chicago Press.

English abstract

In collaboration with teachers from Danish high schools we have developed and evaluated teaching activities which integrate model-based computational methods in STEM education. We have developed and described a teaching strategy for this integrated approach, and we have published research papers and approximately 100 new teaching sequences based on this teaching strategy. A concept for the education of in-service high school teachers, enabling them to utilize this new approach at their home schools, has been designed and developed. The four year project has demonstrated that it is possible to renew existing high school subjects by integration with model-based computational thinking and coding.

Aktuel analyse

I denne sektion tages aktuelle problemstillinger i relation til matematik- og naturfagsdidaktik op til analyse og diskussion. Teksterne gennemgår ikke peer review, men skal være saglige, analytiske og argumenterende. Kontakt gerne redaktionen med idéer til indhold på mona@ind.ku.dk.

Læreruddanner inden for det naturfaglige område

– international forskning og ny viden fra NAFA



Birgitte Lund Nielsen, VIA
University College

Abstract: I artiklen præsenteres en analyse af nyere international forskning om læreruddanner-professionen der sammenholdes med resultater fra en undersøgelse lavet i regi af NAFA af danske læreruddannere inden for det naturfaglige område. Artiklens analyser organiseres under overskrift af en række temaer fra den internationale forskning. Der henvises løbende til praksis i læreruddannelsen, med kobling til skolens naturfag, bl.a. under overskrift af læreruddannelsens dobbelte didaktiske perspektiv. Artiklens pointer handler bl.a. om muligheder gennem naturfaglige læreruddannes professionelle inquiry-projekter og gennem "modelling" i didaktisk forståelse. Desuden diskuteres de danske læreruddannes erfaringer med og muligheder for at deltage i forskning og udviklingsarbejde.

Indledning

Der er med opstarten af det nationale NAFA-program, der skal fremme motiverende og udbytterig naturfagsundervisning i grundskolen, bl.a. ved at styrke uddannelse af kommende og nuværende naturfagslærere, kommet fokus på de danske læreruddannere inden for det naturfaglige område (<https://nafa.nu>). Ud over udvikling på skoler er der i NAFA et mål om at der skal samarbejdes om udvikling af læreruddannelsen. Artiklens ærinde er at bidrage med en analyse af hvad der kendetegner gruppen af (naturfaglige) læreruddannere, og hvilke pointer der kan kondenseres om denne profession, baseret på den internationale forskning og nedslag i en ny dansk undersøgelse udført i NAFA-regi (Nielsen, 2022). Hensigten er at skabe oversigt over feltet og udviklingen inden for forskning relateret til læreruddannere, herunder det særlige ved det naturfaglige og naturfagsdidaktiske område. De naturfaglige læreruddannere og deres rolle og betydning er endnu ikke diskuteret meget i dansk kontekst og er fx kun ganske kort nævnt i det nylige Delphi-studie (Krogh, Dolin & Petersen, 2022). Så der ser ud til at være et behov for en sådan analyse.

Artiklen starter med en kondensering fra den internationale forskning. Dette dis-

kutures med inddragelse af resultater fra en survey-undersøgelse af kompetencer og kompetenceudviklingsbehov blandt de danske naturfaglige læreruddannere, lavet ved opstart af NAFA (Nielsen, 2022). Der refereres løbende i artiklen til praksis i læreruddannelsen og indsætterne i NAFA, og kobling mellem praksis i læreruddannelsen og praksis i skolen inddrages et par steder.

Temaer i den internationale forskning

I arbejdet med at kondensere hvilke tematikker der adresseres i forskning med læreruddannere som genstandsfelt, er der foretaget en række søgninger i litteraturen med søgeordene “teacher educator” – både koblet med “science” og uden og med forskellige afgrænsninger af tidsperioder. Hensigten med artiklen er ikke at præsentere et systematisk review af forskningsresultater, men derimod en analyse af nogle *tendenser*, når man ser på temaer i forskningen over tid. Det skal understreges at de fem temaer der præsenteres nedenfor (figur 1), er udtryk for én læsning. Der kunne givet have været lagt andre snit. Der vil dog løbende blive argumenteret for det snit der er lagt, og for at skabe gennemsigtighed er referencelisten relativt omfattende, omend det af pladshensyn ikke har været muligt at medtage al relevant litteratur fra søgninger og analysearbejde. Der kompenseres ved at have referencer til et par systematiske review inden for området.

Øget fokus i forskningen

En første pointe er at forskningen i læreruddanner-professionen har udviklet sig meget efter årtusindskiftet. Et forsigtigt fingerpeg er at en Google Scholar-søgning på “teacher educator” giver 8.000 hits fra 1990 til 2000, 18.000 hits fra 2000 til 2010 og 30.000 hits fra 2010 til 2020. Her tilføjes “forsigtigt” fordi artikler i stigende grad digitaliseres og der generelt er en øget publicering inden for uddannelsesforskning, men set sammen med rationale i nogle af de tidlige udgivelser (fx Swennen & van der Klink, 2008) kan man konkludere at forskningen i den særlige profession det er at være læreruddanner, er boomet i dette årtusind. Berry & van Driel (2012, s. 118) henviser med en udtalelse fra Cochran-Smith (2005) til paradokset i den enorme opmærksomhed på viden og undervisning blandt skolens lærere sammenlignet med stilheden om læreruddannerne på daværende tidspunkt. Stilheden er så blevet brudt siden 2005. I en nylig bogudgivelse om professionel udvikling særligt for læreruddannere formuleres det således:

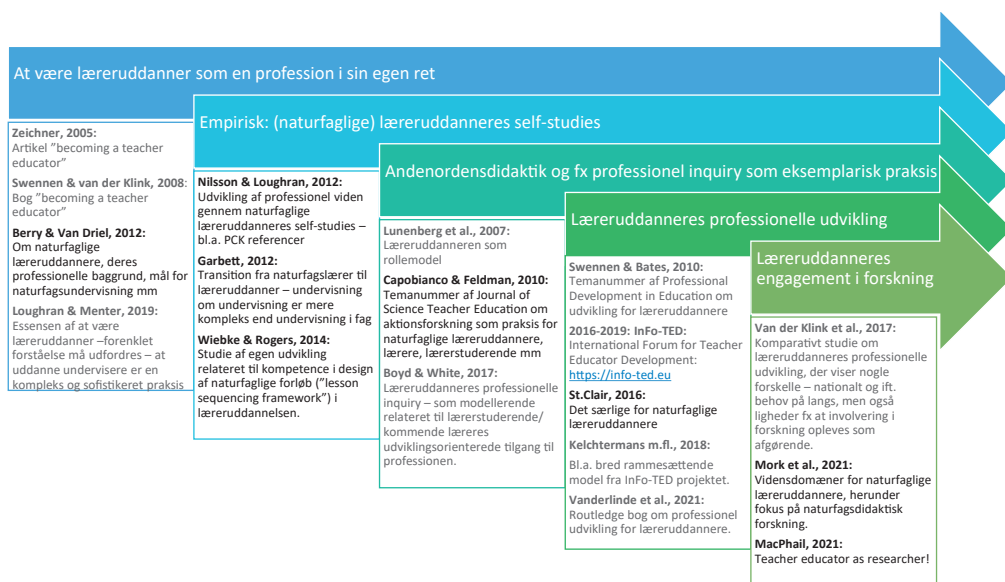
“I de sidste to tiår har læreruddanneres arbejde og den deraf følgende vigtighed af professionel udvikling for læreruddannere fået øget fokus og opmærksomhed blandt praktikere

og forskere [...] fra policy-niveau har man også indset, hvor central denne gruppe er for udvikling, både i læreruddannelsen og i skolen” (oversat fra Vanderlinde et al., 2021, s. 1).

Når der i NAFA henvises til de naturfaglige læreruddannere som afgørende for udviklingen inden for området, er det altså ikke kun en dansk tendens. Det går igen når man ser ud over landskabet af international forskning, policy og udviklingsinitiativer.

Hvilke overordnede temaer adresseres?

I den omfattende forskning er der naturligvis en bred vifte af fokus, som jeg ikke vil gå i detaljen med (for uddybning, se fx review fra Ping et al., 2018 og Mork et al., 2021). Men man kan lægge et snit, der illustrerer en tendens til udvikling over tid mht. hvilke temaer der bringes i forgrunden og er i fokus i mange forskningspublikationer relateret til læreruddanner-professionen. De fem overordnede temaer der anvendes som overskrifter for analysen nedenfor, illustreres i de farvede felter øverst i figur 1.



Figur 1. Udvalgte temaer fra de sidste 20 års forskning relateret til læreruddanner-professionen. Centrale almene referencer er grå, mens eksempler på referencer der handler særligt om læreruddannere inden for det naturfaglige område, er sorte.

Som det illustreres i designet af figuren, er der en tendens til at en række temaer i løbet af perioden bygger videre på og oven på hinanden. Det er ikke så enkelt at temaerne afløser hinanden, hvilket kommer til udtryk i de overlappende årstal, men der er nogle fremtrædende temaer der forstærkes og yderligere udvikles via de følgende.

Man kan med et billedkunst-udtryk sige at *grunden* bevares, altså fokus på det at være læreruddanner, som en profession i sin egen ret, men nye *figurer* træder frem (figur 1).

De enkelte temaer uddybes nedenfor – men først til en anden overordnet pointe. I figuren fremhæves nogle studier under hvert af temaerne der særligt handler om science education. Der er således særlige aspekter der adresseres i relation til science education (mere nedenfor), men ikke mere særlige end at den generelle tendens ret tydeligt afspejles, også i udgivelser relateret til *science teacher educators*, og der refereres i udgivelserne inden for science education hyppigt til den generelle forskningslitteratur. Det understreges her, da det ikke nødvendigvis er tilfældet inden for alle felter af forskning i science education at der så udbredt refereres til almen professionsdidaktisk litteratur. Mork et al. (2021, s. 3019) fremhæver i deres nylige review med fokus på vidensdomæner for naturfaglige læreruddannere fx også eksplicit at de trækker på forskning både generelt om læreruddannere og specifikt om naturfaglige læreruddannere. De har i deres review afgrænset læreruddannere til at være dem der underviser kommende lærere på videregående læreruddannelsesinstitutioner. Der anvendes samme afgrænsning her, da det er denne gruppe der er data fra i den anvendte NAFA-undersøgelse (mere nedenfor). Det er dog en pointe i ny forskningslitteratur om læreruddanner-professionen at rollen som læreruddanner også omfatter praktiklærere (Vanderlinde et al., 2021). Denne pointe uddybes i anden udgivelse (Nielsen, 2023). Den konsekvente anvendelse af termen “læreruddanner” i stedet for bare “underviser” går i øvrigt igen både i dansk/nordisk kontekst og i den internationale litteratur.

At være læreruddanner som en profession i sin egen ret

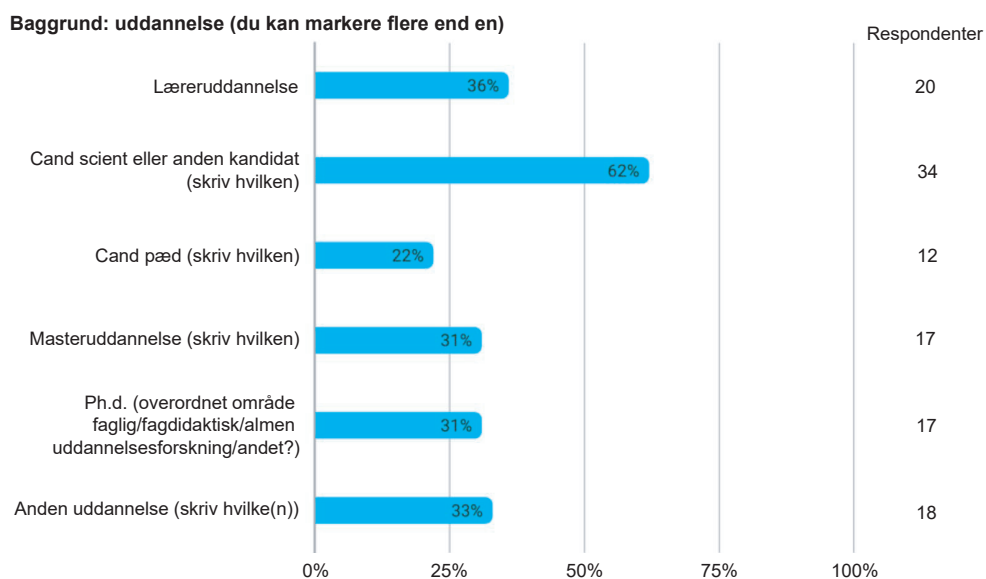
Anvendelsen af formuleringen “becoming a teacher educator”, som er med i titlen på både en artikel og en senere bogudgivelse (figur 1), har mindst to implikationer. Det handler om at det at være læreruddanner som en profession i sin egen ret kommer i forgrunden i den professionelle diskurs. Men der ligger også i ordet “becoming” at det at blive læreruddanner er en proces over tid med forskellige mulige veje ind i professionen. Det er altså ikke som i nogle professioner sådan at man efter én bestemt type uddannelse får en autorisation, ligesom man fx gør som læge.

Zeichner (2005) henviser til sin egen personlige *transition*:

“Transition fra skolelærer til samarbejdende praktiklærer og derefter fra praktiklærer til læreruddanner på universitetet” (oversat fra Zeichner, 2005, s. 117).

Pointen om forskellige former for transition gælder også de danske læreruddannere inden for det naturfaglige område. Der er i gruppen repræsenteret en række forskellige uddannelsesbaggrunde (figur 2). De 57 deltagere i NAFA-undersøgelsen har tilsammen

taget 118 uddannelser, dvs. mere end to pr. person. Der er 36 %, der selv har en læreruddannelse og har været igennem en transition fra at være lærer til at være læreruddanner, som i eksemplet fra Zeichner (2005). Derudover henvises til forskellige uddannelser på masterniveau hvor de fleste (62 %) har en kandidatuddannelse, typisk cand.scient. i fysik, kemi, geografi eller biologi, men der er fx også en kandidat i nanoscience, en med bifag i idræt og en enkelt cand.mag. repræsenteret. Blandt dem der har en cand.pæd., er der seks i biologi, tre i geografi og to i fysik/kemi. Blandt de masteruddannede dominerer naturfagsdidaktik eller naturfagsundervisning, og mht. "anden uddannelse" er der fx flere med en naturvejlederuddannelse. Derudover er der 31 % der har en ph.d., heraf syv (41 % af dem med ph.d.) med en ph.d. inden for en naturvidenskabelig disciplin og otte (47 % af dem med ph.d.) med en naturfagsdidaktisk ph.d. Her er der altså også for nogle danske læreruddannere tale om en transition i løbet af karrieren hen imod en større vægt på forskning og udvikling (FoU) i deres arbejde. Det er dog en pointe at det ikke kun er de læreruddannere der har en ph.d., der arbejder med FoU.



Figur 2. De danske naturfaglige læreruddannes uddannelsesbaggrund (fra Nielsen, 2022, s. 11).

Zeichner (2005) fortsætter transitionen til også at blive underviser af og vejleder for nye læreruddannere. Som flere andre i forskningen om læreruddanner-professionen (Swennen & van der Klink, 2008; Lunenberg, Dengerink & Korthagen, 2014) understreger han betydningen af at stilladsere transitionen for de nye læreruddannere. Han henviser specifikt til muligheder via det der i artiklen kaldes "en slags self-study research", et begreb som i senere forskning bliver et markant tema (se næste afsnit). Zeichner (2005) uddyber det som en refleksiv undersøgelse af egen praksis, med sær-

ligt fokus på det at uddanne lærere, hvilket er noget andet end fx at undervise elever i fag. Endvidere henviser han til at nye læreruddannere bør introduceres til nogle af de meget udbredte policy-diskussioner om læreruddannelse og til den særlige forskningslitteratur der handler om at uddanne lærere.

Berry & van Driel (2012) bidrager med et studie der særligt handler om transitionen for naturfaglige læreruddannere, og indleder det således:

“På trods af et påtrængende behov for at der uddannes lærere af høj kvalitet, og erkendelsen af den centrale rolle læreruddannerne spiller, ved vi meget lidt om hvordan læreruddannere underviser i det faglige indhold, og hvordan de udvikler deres ekspertise. Dette empiriske studie fokuserer på den specifikke ekspertise som naturfaglige læreruddannere bringer med ind i læreruddannelsen” (oversat fra Berry & van Driel, 2012, s. 117).

Empirisk har Berry & van Driel (2012) undersøgt hvad der særligt optager de naturfaglige læreruddannere. Resultaterne viser bl.a. en stor og udbredt optagethed af naturfagsundervisning i skolen og hvordan elevernes begrebsudvikling, interesse og motivation kan understøttes. Dette er temaer der også har vist sig i det danske Delphi-studie (Krogh et al., 2022). Derudover fremhæves nogle forskelle som bl.a. har at gøre med hvorvidt de naturfaglige læreruddannere mest identificerer sig med et skole-community eller med et disciplinært community (Berry & van Driel, 2012, s. 125). Erfaring med og adgang til forskning og til egen involvering i FoU fremhæves ligeledes. Forskelle mellem de naturfaglige læreruddannere ser ifølge Berry & van Driel (2012) ud til i højere grad at være inter-institutionelle end intra-institutionelle. Sådanne forskelle relateret til de naturfaglige læreruddanneres primære identifikation kan blive interessante at følge i forskningen i NAFA-regi, netop pga. de danske læreruddanneres forskellige baggrunde (figur 2).

Naturfaglige læreruddanneres self-studies

Det næste tema i figur 1 refererer til et boom i publicerede empiriske “self-studies” i 2010’erne. Som nævnt blev potentialet fremhævet af Zeichner (2005), og i mange af publikationerne henvises til hans artikel fra 2005. Tendensen med publikation af læreruddanneres self-studies gælder ikke kun naturfaglige læreruddannere, men der er valgt tre eksempler fra science education til figur 1 for at indikere at der er mange udgivelser inden for dette felt. En Springer-serie om læreruddanneres self-studies har fx et særligt bind om naturfaglige læreruddanneres praksisser, hvor to af de udgivelser der henvises til i figur 1, er fra.

Jeg vil her referere lidt nærmere til Wiebke & Rogers (2014). De anvender transitions-begrebet i titlen, hvilket understreger pointen om at dette tema bygger videre med temaet fra forrige afsnit som *grund*, men med det særlige i læreruddanneres

empiriske self-studies som *figur*. Det studie som Wiebke og Rogers (2014) præsenterer, tager afsæt i en pointe om at det kan være en stor udfordring for nye naturfaglige læreruddannere at undervise i hvordan et undervisningsforløb i naturfag kan bygges op. De skal overveje indholdet, men også hvordan opgaven bedst præsenteres for de lærerstuderende, herunder have opmærksomhed på de overbevisninger (“beliefs”) de lærerstuderende allerede har om undervisning og naturfag fra erfaringer og egen skolegang (vi ved at “beliefs” kan være ret hårdføre). I Wiebke & Rogers’ analyser anvendes konceptualiseringen pedagogical content knowledge (PCK), som kort fortalt handler om syntesen mellem viden om – og kompetence relateret til det faglige indhold, pædagogik og didaktik (her naturfagsdidaktik) – og kendskab til skolekonteksten. I en bibemærkning kan det nævnes at referencen til PCK går igen i flere self-studies fra naturfaglige læreruddannere. PCK anvendes fx også af Nilsson & Loughran (2012).

Selve undersøgelsen præsenteres således:

“I denne artikel deler jeg min levede erfaring fra at arbejde mig gennem en transition fra at være naturfaglærer i grundskolen til at være ny naturfaglig læreruddanner og de spændinger (tensions) jeg har oplevet i mit arbejde med at støtte de lærerstuderende i “lesson sequencing”” (oversat fra Wiebke & Rogers, 2014, s. 223).

Begrebet “lesson sequencing” henviser til et framework fra de to fremtrædende naturfagsdidaktiske forskere Leach & Scott (2002), men selvstudiet har også et mere generisk læreruddannelsesdidaktisk fokus, nemlig at finde den rette balance mellem at vejlede de lærerstuderende i at designe et sammenhængende og progressivt undervisningsforløb (forskningsinformeret) og samtidig at være opmærksom på de lærerstuderendes professionelle autonomi (som er nødt til at have plads for at autonomien kan udvikles). Et af de opmærksomhedsfelter som der reflekteres over, bl.a. baseret på en proces med en kritisk ven (mere erfaren kollega) der sparrer med den nye læreruddanner, er erkendelsen af at han kan blive bedre til at gribe de læringsmuligheder for de lærerstuderende der opstår spontant undervejs i en undervisningssituation.

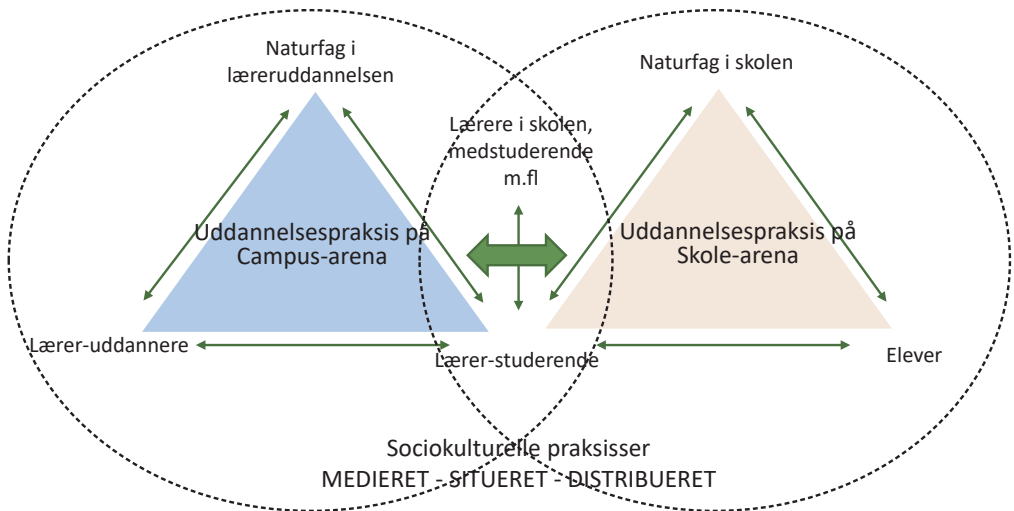
Pointen fra dette afsnit er at empirisk undersøgelse af egen praksis er et centralt perspektiv i de seneste 20 års forskning i læreruddanner-profession og -faglighed – først som en anbefaling, derefter med en lang række publicerede self-studies. Dette uddybes i de følgende afsnit bl.a. under temaet professionel inquiry og også med refleksioner om danske læreruddannes deltagelse i FoU. Naturfaglige læreruddannes self-studies inddrager typisk central naturfagsdidaktisk forskning, som i eksemplet hvor der henvises til Leach & Scott (2002), med nogle specifikke aspekter når det gælder uddannelse af naturfagslærere, men også med generelle indsigter om den kompleksitet man agerer i som læreruddanner.

Andenordensdidaktik og professionel inquiry

Begrebet andenordensdidaktik ("second order teaching") anvendes bl.a. af Swennen & van der Klink (2008) til at beskrive en del af denne kompleksitet, nemlig det særlige ved at man som læreruddanner underviser nogle der selv skal være (eller allerede er) undervisere. Læreruddannerne bliver derved rollemodeller for de kommende lærere og kan med fordel arbejde med explicit og implicit "modelling" i deres undervisning. Andenordensdidaktik er bl.a. diskuteret i en dansk udgivelse af Isskov (2020) som bruger følgende definition:

"Planlægning, gennemførelse, analyse og udvikling af undervisning med kommende læreres undervisning for øje, der synliggør relevansen af egen undervisning for de kommende læreres undervisning" (Isskov, 2020, s. 96).

I en dansk kontekst, bl.a. i NAFA, anvendes overskriften det dobbelte didaktiske perspektiv til at belyse at der uddannes til professionen som lærer, og at en del af uddannelsen også foregår på skolens arena (figur 3).



Figur 3. Det dobbelte didaktiske perspektiv (Nielsen & Jelsbak, 2018; Nielsen, 2023).

Der er en lang række pointer kondenseret i figur 3. De stiplede cirkler indikerer at der foregår læreruddannelsespraksisser, både på campus og i skolen, som er forskellige (farverne), men med mulige mødesteder og tredje rum og med en pointe om at der med fordel kan arbejdes med hyppigt gentagne bevægelser af personer, artefakter

m.m. frem og tilbage (dobbeltpilene mellem arenaerne). Desuden fremhæves samarbejdet mellem aktørerne og deres forhold til det (naturfaglige) indhold der undervises i, med pilene på trekanternes sider (for mere baggrund, se Nielsen & Jelsbak, 2018 og Nielsen, 2023).

I forhold til de danske læreruddannere inden for naturfag er der i NAFA-undersøgelsen spurgt ind til fire domæner identificeret i review af Mork et al. (2021):

1. Naturvidenskab
2. Naturfagsdidaktik
3. Uddannelse af naturfagslærere
4. Naturfagsdidaktisk forskning.

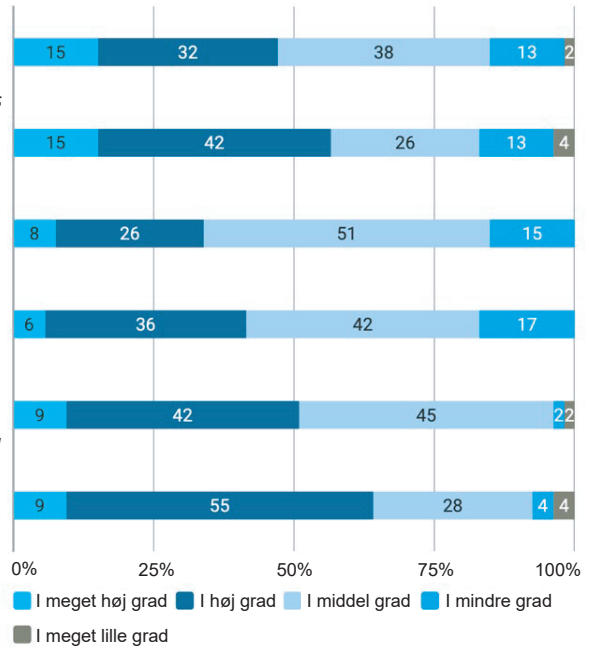
Mork et al. (2021) kalder det "vidensdomæner". I andre kontekster diskuteres læreruddanneres "kompetencer" – et begreb der også er anvendt i NAFA-undersøgelsen og bruges her når der refereres til denne survey (Nielsen, 2022). Viden versus kompetence-diskussionen er ikke væsentlig for pointerne i artiklen, og jeg tillader mig derfor at bruge begreberne uden at gå dybere ind i dem. Der er et ret højt (oplevet) kompetenceniveau i de første to domæner. Fx er der på en 5 pkt. likert-skala 61% der svarer i meget høj grad eller i høj grad på spørgsmål om naturvidenskabelig indholdsviden på et forskningsinformeret niveau. 65% befinder sig i disse svarkategorier om anvendelse i læreruddannelsen og henholdsvis 82% og 81% i disse svarkategorier i spørgsmål om undersøgelsesbaserede tilgange (Nielsen, 2022). Til spørgsmålene om uddannelse af naturfagslærere vurderes egen viden og kompetencer lidt lavere, men der er dog stadig en væsentlig del af læreruddannerne, der svarer i kategorierne meget høj grad eller i høj grad (figur 4). Det fjerde domæne (naturfagsdidaktisk forskning) uddybes nedenfor.

"Hvordan vil du vurdere dit kompetenceniveau relateret til ..". Først: "I hvor høj grad har du viden om det pågældende område", og derefter: "I hvor høj grad anvender du denne viden i undervisning i læreruddannelsen?"

1. Hvordan man understøtter lærerstuderendes identitetsudvikling som naturfagslærere?

2. Hvordan man "modellerer"/er eksemplarisk ift. forskningsinformerede praksisser i undervisning af lærerstuderende?

3. Hvordan man understøtter kompetencer blandt lærerstuderende (og lærere i praksis) til løbende at udvikle praksis?



Figur 4. Svar på spørgsmål om uddannelse af naturfagslærere (Nielsen, 2022, s. 16).

Overordnet set ser det ud til at være velbegrunderet at det dobbelte didaktiske perspektiv er blevet et tema i arbejdet med læreruddannelsesindsatsen i NAFA (se også review om temaet på <https://nafa.nu>), og som det fremgår, er referencen til andenordensperspektivet ligeledes fremtrædende i den internationale forskning i læreruddannerprofessionen.

Et særligt område hvor der i forskningen i læreruddannerprofessionen over de 20 år kommer et nyt tema i spil relateret til det andenordensdidaktiske, handler om læreruddanneres samarbejde om "professionel inquiry". Boyd & White (2017) positionerer professionel inquiry som en systematisk tilgang til undersøgelse og udvikling af egen praksis som læreruddanner. Der er en slags mellemposition mellem almindelig reflekteret udvikling af undervisning og egentlig praktikerforskning. De kobler professionel inquiry til andenordensdidaktik og læreruddanneres brug af modellering:

"Læreruddannere bruger modellering ved at være eksemplariske og selv arbejde med undersøgelse af egen praksis. De bibringer deres lærerstuderende erfaringer med værdier og strategier som de kan overveje at rekonstruere i egen klasserumspraksis. Lærere bruger modellering [...] for at demonstrere den kraft der ligger i at udvikle sig gennem udfordrin-

ger – med fare for at fejle – og gennem selvregulerede læringsstrategier som deres elever også kan anvende [...] Læreruddannere skal modellere professionel inquiry i deres samspil med de lærerstuderende, og lærere skal modellere undersøgelsesbaseret læring sammen med deres elever” (oversat fra Boyd & White, 2017, s. 133).

Boyd & White (2017) bygger videre på mange års forskning i professionel inquiry som udviklingstilgang for lærere i skolen. Dette omfatter også litteratur om aktionsforskning, hvor et eksempel fra naturfag er med i figur 1 (Capobianco & Feldman, 2010). Men med citatet ovenfor bidrager Boyd & White så at sige med en ny andenordensdidaktisk figur til *grunden* fra de reflekterede self-studies der nævnes ovenfor. Den naturfaglige læreruddanner kan være eksemplarisk og eksplicit modellerende gennem anvendelse af fx undersøgelsesbaserede praksisser i arbejdet med naturfag på campus (IBSE for lærerstuderende), men kan også være eksemplarisk ved selv at have den udviklingsorienterede og kollegialt samarbejdende tilgang til sin praksis som læreruddanner som de lærerstuderende ifølge uddannelsens mål skal udvikle. Man skal som naturfagsperson holde tungen lige i munden med den dobbelte betydning af både inquiry og modellering, som jo er begreber vi er vant til at bruge i naturfaglig kontekst! (Derfor bruges her konsekvent det engelske begreb modelling om læreruddanneres eksemplariske praksis).

En vinkel som Boyd & White (2017) også har med, er den dobbelte rolle som de fleste læreruddannere har, både i Danmark og internationalt, som undervisere på både grunduddannelse og efter- og videreuddannelse:

“Læreruddannere er nødt til at være eksperter i professionel inquiry og praktikerforskning hvis de effektivt skal kunne støtte erfarne lærere i dette i forbindelse med efter- og videreuddannelse” (oversat fra Boyd & White, 2017, s. 134).

Spørgsmål relateret til dette var med i NAFA-undersøgelsen (figur 4 ovenfor), og 64 % af de danske naturfaglige læreruddannere svarede at de i meget høj eller høj grad anvender kompetencer til at støtte lærerstuderende eller lærere i løbende at udvikle praksis. Der er tilsyneladende lidt lavere oplevet kompetence når det gælder modellering af forskningsinformerede praksisser i egen undervisning (eller spørgsmålet har været sværere at svare på).

Læreruddanneres professionelle udvikling

Behovet for professionel udvikling har været til stede som perspektiv helt fra de første udgivelser om læreruddanner-professionen, og som det fremgik af citatet i artiklens start fra Vanderlinde et al. (2021), er det en naturlig følge af erkendelsen af læreruddannerens afgørende betydning for udvikling i skolen at man overve-

jer hvordan deres professionelle udvikling understøttes. Forskning i professionel udvikling for læreruddannere er dog blevet et mere fremtrædende tema, i hvert tilfælde i Europa, i de seneste fem-seks år. I figur 1 henvises til projektet InFo-TED (<https://info-ted.eu>), som er et ERASMUS-støttet forum hvorfra der er kommet flere udgivelser om læreruddannere og deres professionelle læring gennem de seneste år (fx Kelchtermans, Smith & Vanderlinde, 2018). På hjemmesiden fremgår det at de bygger på “the largest body of evidence to date on European teacher educators’ professional learning”, bl.a. samlet i et white paper tilgængeligt på hjemmesiden og i bogen fra Vanderlinde et al. (2021).

Det er interessant at denne tematisering også kommer frem i science education-sporet, fx i en ph.d.-afhandling af St. Clair (2016). I rationale og baggrund for denne afhandling nævnes mangel på forskning om naturfaglige læreruddannere. Den generelle kompleksitet forbundet med professionen fremhæves, men også de særlige udfordringer, fx at nogle oplever at de mangler uddannelse i vejledning under praktikforløb (det særlige ved naturfag i skolen som ikke bare er en spejling af naturvidenskab på universitetet), og at der ofte er få personer på en læreruddannelsesinstitution med naturfaglig baggrund, hvilket udfordrer muligheden for kollegial sparring. Der henvises til de velkendte kriterier for effektive professionelle udviklingsaktiviteter (aktivt samarbejdende deltagere, indsats over tid og rettedhed mod deltagernes daglige praksis), og forskellige motivationsfaktorer diskuteres (St. Clair, 2016). Det empiriske materiale i afhandlingen er fra et konkret professionelt udviklingsforløb målrettet naturfaglige læreruddannere, hvor der anvendes en læringssamarbejde-tilgang. Sammenlignet med den omfattende og longitudinelle indsats der er planlagt i NAFA, kan man kalde det udviklingsprogram St. Clair (2016) henviser til, bemærkelsesværdigt kort, men dog trods alt med hele dage hvor der arbejdes med naturfagsspecifikke områder som nature of science (NOS) og problem-baseret læring i egen kontekst, og med netværk på tværs af læreruddannelser. Afhandlingen er ikke i sig selv epokegørende, og jeg vil ikke gå dybere ind i resultaterne ud over pointer relateret til de ovenfor nævnte temaer, nemlig at de deltagende læreruddannere retrospektivt henviste til anvendelsen *både* af PBL-tilgangen og af indholdet (fx NOS) i deres undervisning af de lærerstuderende. Det er i sig selv en væsentlig pointe at der også internationalt arbejdes med tilgange som minder om dem der er sat i gang i NAFA, og evaluering og følgeforskning med interesse for omsætning i de naturfaglige læreruddanneres praksis må have øje for muligheder for at læreruddannere kan omsætte og inspireres af *både* den *samarbejdsform* der anvendes, og *indholdet* i de naturfagsdidaktiske temaer.

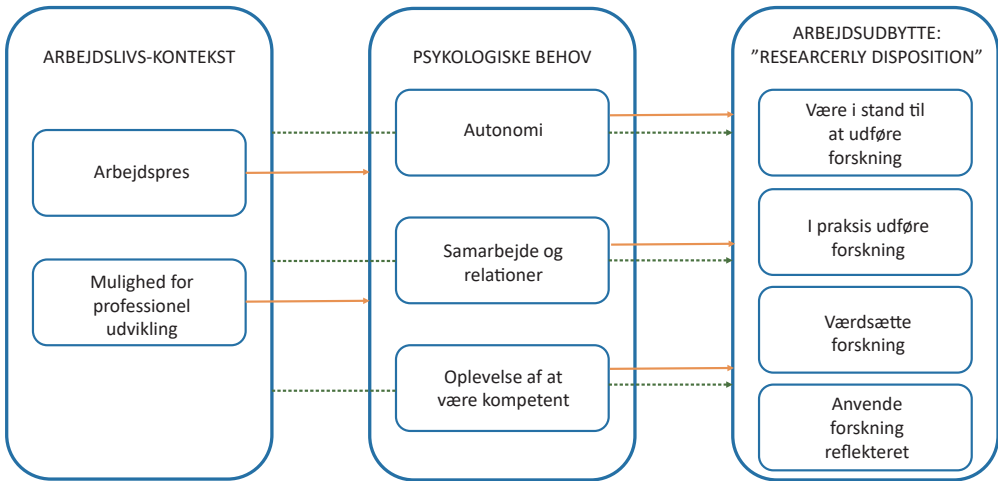
Læreruddanneres engagement i forskning

Det sidste tema i figur 1 handler om læreruddanneres engagement i forskning. Der er på tværs af læreruddannelsesinstitutioner internationalt meget stor forskel på balancen mellem undervisning og forskning i en læreruddanners daglige arbejde. I forskningen fremhæves bl.a. betydningen af læreruddanneres “researcherly disposition”, og det fremhæves som en pointe at alle læreruddannere bør have mulighed for løbende at være involveret i FoU, her med citat fra Tack & Vanderlinde (2019), der bl.a. refererer tilbage til Cochran-Smith (2005):

“En signifikant del af læreruddanneres arbejde, ud over at undervise lærere, bør være at udføre forskning. [Læreruddannere har] dobbeltsidede ansvarsområder [...] læreruddannerrollen er hverken en ren forskerrolle eller en ren praktikerrolle, men en sammenvævet og komplementær relation, [og] skillelinjen mellem professionel praksis i læreruddannelsen og i forskning relateret til læreruddannelse er i stigende grad sløret” (oversat fra Tack & Vanderlinde, 2019, s. 460).

Med referencen til Cochran-Smith (2005) ses koblingen til forskning om professionel inquiry i en undervisers daglige praksis. Begrebet “researcherly disposition” henviser til tre perspektiver: 1) en reflekteret anvendelse af forskning, 2) anerkendelse af værdien af forskning og 3) det selv at udføre forskning.

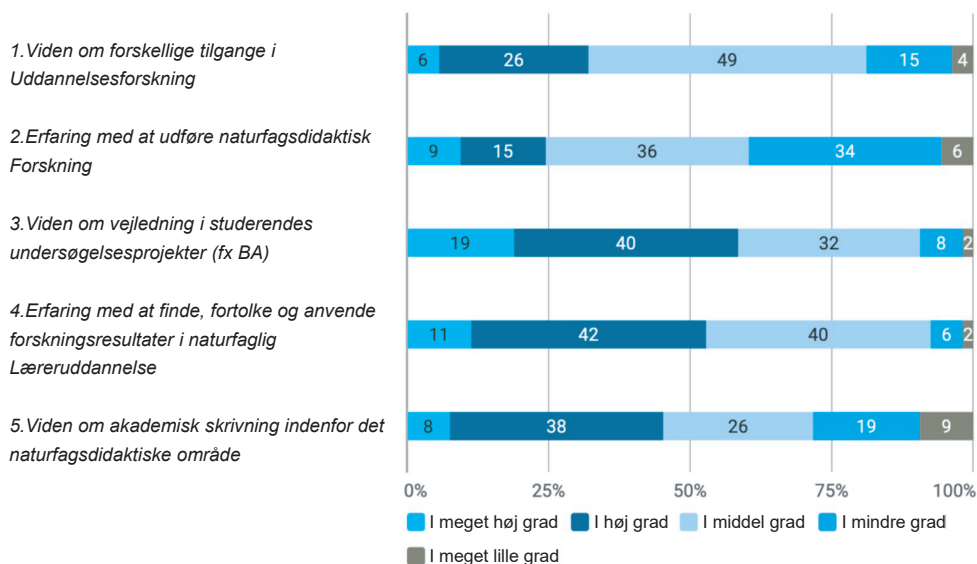
Tack & Vanderlinde (2019) fremhæver, ligesom det er gjort i flere referencer ovenfor, at der ikke findes en specifik uddannelse til professionen som læreruddanner, og institutionel understøttelse i den daglige praksis kan derfor være helt afgørende. De præsenterer en model der kobler læreruddanneres “researcherly disposition” til motivation i arbejdslivskontekst (oprindeligt fra Deci et al., 2017) (figur 5), og anvender denne model i en eksperimentel undersøgelse. Deres hypotese er kort fortalt at læreruddanneres oplevelser af muligheder for at udvikle sig professionelt og af arbejdspresser er signifikant knyttet (hhv. positivt og negativt) til opfyldelsen af de grundlæggende psykologiske behov for autonomi og relationer og oplevelsen af at være kompetent. De forventer endvidere at der er en positiv sammenhæng mellem opfyldelsen af de grundlæggende psykologiske behov og læreruddannernes “researcherly disposition” (Tack & Vanderlinde, 2019).



Figur 5. Model oversat fra Tack & Vanderlinde (2019) der viser hypotesen om at arbejdspress er negativt relateret til opfyldelse af de psykologiske behov, og mulighed for professionel udvikling er positivt relateret, og at de tre dimensioner af de psykologiske behov er positivt relateret til researcherly disposition.

Figur 5 illustrerer hypotesen bag Tack & Vanderlindes (2019) eksperimentelle undersøgelse. For detaljer relateret til de påviste statistiske sammenhænge henvises til artiklen. Overordnet set blev hypotesen i den venstre del af modellen bekræftet – jo bedre mulighed læreruddannere oplever for professionel udvikling, jo mere sandsynlig er opfyldelsen af de grundlæggende psykologiske behov, og omvendt når det gælder arbejdspress. De grundlæggende psykologiske behov var dog ikke som forventet signifikant knyttet til alle elementer af “researcherly disposition”. Samarbejde og relationer ser ud til at forudsige omfanget af udførelse af forskning, autonomi ser ud til at forudsige hvorvidt rollen som læreruddanner-forsker værdsættes, mens oplevet kompetence ser ud til at forudsige om man oplever sig i stand til at udføre forskning og anvende denne reflekteret.

Jeg vil nu vende tilbage til de danske naturfaglige læreruddannere og dimension 4 fra Mork et al. (2021), der har overskriften naturfagsdidaktisk forskning. Figur 6 viser resultater fra NAFA-undersøgelsen relateret til dette domæne.



Figur 6. "Hvordan vil du vurdere dit kompetenceniveau relateret til..." (fra Nielsen 2022, s. 17).

I rapporten fra NAFA-undersøgelsen er svarene i figur 6 krydset med de forskellige institutioner, og dette viser nogle forskelle. Det ser ud til at den lokale organisatoriske kontekst og de muligheder læreruddannerne reelt har haft for at indgå i naturfagsdidaktisk forskning, er afgørende for svarene (mere end fx erfaring som læreruddanner) (Nielsen, 2022). I analysen af læreruddannernes kompetencer og behov for kompetenceudvikling ved opstart af NAFA er der i en anden rapport samlet op med brug af en række kvalitative data (Nielsen & Wied, 2022). Her uddybes disse forskelle yderligere. Det konkluderes at der på alle læreruddannelserne findes særlig ekspertise når det gælder naturfagsdidaktisk FoU, men at der hidtil har været væsentlige forskelle i rammer og betingelser for dagligt samarbejde og involvering i FoU (Nielsen & Wied, 2022). Derfor kan modellen i figur 5 være væsentlig at have med i diskussionen af hvad der måtte komme til at ske på denne front i NAFA. Med andre ord – de naturfaglige læreruddannelsers daglige arbejds kontekst og vilkår må ikke overses i analysen af udfordringer og muligheder. Visionen om øget forskningssamarbejde nås ikke kun gennem kompetenceudvikling, der er også brug for organisatorisk udvikling.

Opsamling og perspektivering

Der er løbende i analysen blev fremhævet en række pointer, herunder at omfanget af forskningen om det at være læreruddanner har udviklet sig meget efter årtusindskiftet. Der er særlige aspekter der adresseres i relation til naturfag og naturfagsdidaktik, hvilket der gives eksempler på i artiklen (NOS, IBSE m.m.), og den generelle tendens med

at forskellige temaer i løbet af de sidste 20 år gradvist er kommet i forgrunden i forskningen, afspejles også i udgivelser om naturfaglige læreruddannere. Vejen til at blive læreruddanner går ikke via én bestemt uddannelse, men kan i højere grad anskues som en transition hvor der er brug for stilladsering. Det kan fx handle om transitionen fra lærer til læreruddanner, hvor pointen er at det grundlæggende er et nyt fokus at under vise kommende naturfagslærere sammenlignet med at undervise i naturfag i skolen.

Undersøgelserne ved opstart af NAFA (Nielsen, 2022; Nielsen & Wied, 2022) viser at der er nogle muligheder og udfordringer i en dansk kontekst som den internationale forskning kan hjælpe med at forstå og undersøge yderligere. De indsatser der nu er sat i gang i NAFA, hvor de naturfaglige læreruddannere arbejder med kontekstnære professionel inquiry-projekter med adressering af bottom-up-formulerede naturfagsdidaktiske problemfelter, er således velbegrundede når man ser på den internationale forskning. Men det er afgørende at være opmærksom på læreruddannelsens arbejdslivskontekst, motivation og arbejdspress når man sætter indsatser i gang, fx for at kvalificere og udbygge omfanget af naturfagsdidaktisk FoU.

Der er i analysen henvist til udgivelser hvor formuleringen “becoming a teacher educator” blev anvendt i starten af forskningsprogrammet. Interessant nok er titlen på en ny udgivelse fra centrale internationale forskere “being a teacher educator” (Swennen & White, 2021). Det bliver spændende at følge hvordan og hvorvidt NAFA formår at få perspektiver fra de veluddannede og erfarne danske læreruddannere inden for det naturfaglige område endnu mere i spil i forskningssamarbejder. Herunder bliver det interessant at se hvilken betydning opmærksomheden i NAFA på den kompleksitet som læreruddannere agerer i til daglig – det dobbelt didaktiske perspektiv – vil få. Dette må ses som kernen og det særlige ved “at være læreruddanner” (being a teacher educator), og det er alt andet lige rigtig spændende at dette nu også bliver sat i forgrunden i dansk naturfagsdidaktisk FoU.

Referencer

- Berry, A. & van Driel, J.H. (2012). Teaching about Teaching Science: Aims, Strategies, and Backgrounds of Science Teacher Educators. *Journal of Teacher Education*, 64(2), s. 117-128. <https://doi.org/10.1177/0022487112466266>.
- Boyd, P. & White, E. (2017). Teacher Educator Professional Inquiry in an Age of Accountability. I: P. Boyd & A. Szplit (red.), *Teachers and Teacher Educators Learning through Inquiry: International Perspectives* (s.123-142). Krakow:Attyka.
- Capobianco, B.M. & Feldman, A. (2010). Repositioning Teacher Action Research in Science Teacher Education. *Journal of Science Teacher Education*, 21(8), s. 909-915. <https://doi.org/10.1007/s10972-010-9219-7>.

- Cochran-Smith, M. (2005). Teacher Educators as Researchers: Multiple Perspectives. *Teaching and Teacher Education*, 21(2), s. 219-225. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2004.12.003>.
- Deci, E.L., Olafsen, A.H. & Ryan, R.M. (2017). Self-Determination Theory in Work Organisations: The State of a Science. *Annual Review of Organisational Psychology and Organisational Behavior*, 4, s. 19-43. <https://doi.org/10.1146/annurev-orgpsych-032516-113108>.
- Garbett, D. (2012). The Transformation from Expert Science Teacher to Science Teacher Educator. I: S.M. Bullock & T. Russell (red.), *Self-Studies of Science Teacher Education Practices* (s. 31-44). Dordrecht: Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-007-3904-8_3.
- Isskov, T. (2020). Læreruddannelsens andenordensdidaktik. *Studier i læreruddannelse og -profession*, 5(1), s. 92-114.
- Kelchtermans, G., Smith, K. & Vanderlinde, R. (2018). Towards an 'International Forum for Teacher Educator Development': An Agenda for Research and Action. *European Journal of Teacher Education*, 41(1), s. 120-134. <https://doi.org/10.1080/02619768.2017.1372743>.
- Krogh, L.B., Dolin, J. & Petersen, M.R. (2022). De vigtigste udfordringer i det danske naturfagsdidaktiske felt. *MONA*, 2022(2), s. 24-42.
- Leach, J. & Scott, P. (2002). Designing and Evaluating Science Teaching Sequences: An Approach Drawing upon the Concept of Learning Demand and a Social Constructivist Perspective on Learning. *Studies in Science Education*, 38(1), s. 115-142. <https://doi.org/10.1080/03057260208560189>.
- Loughran, J. (2014). Professionally Developing as a Teacher Educator. *Journal of Teacher Education*, 65(4), s. 271-283. <https://doi.org/10.1177/0022487114533386>.
- Loughran, J. & Berry, A. (2005). Modelling by Teacher Educators. *Teaching and Teacher Education*, 21(2), s. 193-203. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2004.12.005>.
- Lunenberg, M., Korthagen, F. & Swennen, A. (2007). The Teacher Educator as a Role Model. *Teaching and Teacher Education*, 23(5), s. 586-601. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2006.11.001>.
- Lunenberg, M., Dengerink, J. & Korthagen, F. (2014). *The Professional Teacher Educator: Professional Roles, Behaviour and Development of Teacher Educators*. Rotterdam: Sense Publishers.
- MacPhail, A. (2021). Teacher Educator as Researcher: Striving Towards a Greater Visibility for Teacher Education. I: A. Swennen & E. White (red.), *Being a Teacher Educator* (s. 142-154). Abingdon: Routledge.
- Mork, S.M., Henriksen, E.K., Haug, B.S., Jorde, D. & Frøyland, M. (2021). Defining Knowledge Domains for Science Teacher Educators. *International Journal of Science Education*, 43(18), s. 3018-3034. <http://doi.org/10.1080/09500693.2021.2006819>.
- Nielsen, B.L. (2022). *Survey til kortlægning af kompetenceudviklingsbehov blandt naturfaglige læreruddannere i Danmark*. <https://nafa.nu>.
- Nielsen, B.L. (2023/in press). Lærerkompetencer og læreruddannelse – i et dobbelt didaktisk perspektiv. I: M. Johannesen, P. Lundberg & B. Smestad (red.), *Utdanning for tværfaglige mål*. Oslo: Fagbokforlaget.

- Nielsen, B.L. & Jelsbak, V. (2018). *At uddanne til en profession – professionsdidaktisk forskning og cases fra professionsuddannelse*. Aarhus: Leanpub.
- Nielsen, B.L. & Wied, K. (2022). *Statusbeskrivelse med opsamling fra besøgsrunde til de naturfaglige læreruddannelsesmiljøer ved opstart af NAFA*. <https://nafa.nu>.
- Nilsson, P. & Loughran, J. (2012). Developing and Assessing Professional Knowledge as a Science Teacher Educator: Learning about Teaching from Student Teachers. I: S. Bullock & T. Russell (red.), *Self-Studies of Science Teacher Education Practices* (s. 121-138). Dordrecht: Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-007-3904-8_8.
- Ping, C., Schellings, G. & Beijaard, D. (2018). Teacher Educators' Professional Learning: A Literature Review. *Teaching and Teacher Education*, 75, s. 93-104. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2018.06.003>.
- St. Clair, T. (2016). *Designing an Effective Approach to Science Teacher Educator Professional Development: Lessons from the Science Education Faculty Academy*. Ph.d.-afhandling, Oregon State University.
- Swennen, A. & van der Klink, M. (red.). (2008). *Becoming a Teacher Educator: Theory and Practice for Teacher Educators*. Dordrecht: Springer.
- Swennen, A. & Bates, T. (2010). The Professional Development of Teacher Educators. *Professional Development in Education*, 36(1-2), s. 1-7. <https://doi.org/10.1080/19415250903457653>.
- Swennen, A. & White, E. (2021). *Beeing a teacher educator*. Abingdon: Routledge.
- Tack, H. & Vanderlinde, R. (2019). Capturing the Relations between Teacher Educators' Opportunities for Professional Growth, Work Pressure, Work Related Basic Needs Satisfaction, and Teacher Educators' Researcherly Disposition. *European Journal of Teacher Education*, 42(4), s. 459-477. <https://doi.org/10.1080/02619768.2019.1628212>.
- van der Klink, M., Kools, Q., Avissar, G., White, S. & Sakata, T. (2017). Professional Development of Teacher Educators: What Do They Do? Findings from an Explorative International Study. *Professional Development in Education*, 43(2), s. 163-178, <https://doi.org/10.1080/19415257.2015.1114506>.
- Vanderlinde, R., Smith, K., Murray, J. & Lunenberg, M. (2021). *Teacher Educators and Their Professional Development – Learning from the Past, Looking to the Future*. Abingdon: Routledge.
- Wiebke, H. & Rogers, M.P. (2014). Transition to Science Teacher Educator: Tensions Experienced while Learning to Teach Lesson Sequencing. *Studying Teacher Education*, 10(3), s. 222-238. <https://doi.org/10.1080/17425964.2014.949657>.
- Zeichner, K. (2005). Becoming a Teacher Educator: A Personal Perspective. *Teaching and Teacher Education*, 21(2), s. 117-124. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2004.12.001>.

English abstract

The paper presents an analysis of international research looking into the teacher educator profession and new results related to Danish science teacher educators. The analyses are organized under the headlines of themes from the last 20 years of research. Along the analyses there is a reference to practices in teacher education, the activities in the NAFA program and to science teaching at schools – among other things under the headline of second order teaching. The analytical points refer to teacher educators' professional inquiry, modelling in a pedagogical understanding in teacher educator practice, and perspectives concerning the Danish science teacher educators' experiences with and possibilities for involvement in research.



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.

Hvor mange STEM-kompetencer er der – og hvilke?



Martin Sillasen, VIA
University College



Peer Daugbjerg, VIA
University College

Kommentar til Maria Møller: "Fra STEM-faglighed til STEM-kompetencer – et analytisk greb for STEM-undervisningen i Danmark", MONA, 2022(4).

Maria Møller, herefter benævnt MM, redegør i en artikel i *MONA, 2022(4)*, for sit bud på en karakteristik af STEM-faglighed på baggrund af et litteraturreview. Herefter bruger MM denne udredning til at identificere syv STEM-faglige kompetencer og argumenterer for at kompetencerne kan være meningsfulde til at beskrive STEM-undervisning – hvis de kan både karakteriseres og beskrives så de er begrundelsesrettede og undervisningsbare.

Kommentaren her går på at MM bidrager til et nødvendigt konsensusarbejde i Danmark for en samlet STEM-kompetencebeskrivelse. Idéen om at basere fagbeskrivelser på kompetencebegrebet i matematik og naturfag i Danmark startede med to vigtige rapporter fra Undervisningsministeriet: "Kompetencer og matematiklæring" (Niss & Jensen, 2002) og "Fremtidens naturfaglige uddannelser" (Andersen, Busch, Horst & Troelsen, 2003). Siden da har der foregået en løbende diskurs om at udvikle tilstødende faglighedens kompetencesystemer, fx innovationskompetencer (Nielsen, 2015), engineeringkompetencer (Auener, Daugbjerg, Nielsen & Sillasen, 2018), digital teknologiforståelse (STUK, u.å.) og teknologikompetencer (Nielsen & Sillasen, 2020). For nylig er der så kommet fokus på at etablere en samlet STEM-faglig didaktik (Larsen, Kristensen, Hjort & Seidelin, 2022).

Vores kommentar tager udgangspunkt i et af de inklusionskriterier som MM anvender i sit review: det som omhandler at to eller flere af fagdomænerne – S, T, E eller M – skal indgå i artiklerne for at kunne regnes som omhandlende STEM-faglighed. Det er ikke selve dette kriterium vi vil kommentere på. Det er mere de mulige underliggende forståelser af STEM-faglighed (og deraf afledte STEM-kompetencer) vi vil berøre. For der er ikke én dominerende forståelse af hvordan STEM-fagene kan arbejde sammen. I en dansk skolekontekst har der gennem en lang årrække været fokus på grader af fagligt samspil (se tabel 1 i Sillasen & Linderoth (2017)), hvor det faglige samspil mellem

fagene kan opstilles på et spektrum fra *flerfaglighed* til *fagoverskridende samarbejde*. Ved flerfaglighed arbejder flere enkeltfag sammen parallelt og belyser forskellige aspekter af det samme emne eller den samme problemstilling. I den anden ende af spektret kan fagoverskridende samarbejde bedst karakteriseres som problembaseret læring, hvor det er den problemstilling som undersøges, der bestemmer hvilke faglige tilgange der anvendes. Disse forskelle kan relateres til Bybees (2013) fine udredning af forskellige måder STEM-fagdomænerne kan arbejde sammen på – lige fra en samarbejdsmodel på tværs af fagene tænkt som faglige siloer til samarbejde om integrerede STEM-faglige problemstillinger.

En sådan sammenstilling af en nordamerikansk skolekultur med en integreret forståelse af science og en dansk skolekultur med fire selvstændige naturfag er besnærende. Sammenstillingen rummer dog risici for at miste nogle nuancer i forståelsen af fagligt samspil, hvis man ikke tager højde for hvad det egentlig er for fagforståelser der spiller sammen. Lignende kulturforskelle gør sig gældende i de andre STEM-fagområder. Pointen er her at fagoverskridende samarbejde er kendetegnet ved at de enkeltfaglige kriterier træder i baggrunden, hvilket man antagelig kan oversætte til at enkeltfagernes kompetencesystemer træder i baggrunden, til fordel for at et fagoverskridende kompetencesystem, som kan bruges til at beskrive undervisningsindholdet og vurdere elevernes læring, træder i forgrunden.

Oversat til STEM-fagligt sprog kan man stille spørgsmålet: Hvornår skal man bruge de enkeltfaglige kompetencesystemer, som fx hører til fagdomænerne matematik, naturfag, teknologi og engineering, og hvornår skal man bruge et fagoverskridende/integreret kompetencesystem til at beskrive undervisningsindhold og vurdere elevens læring?

I grundskolen opdeles den daglige undervisning i både enkeltfaglig undervisning og emneuger, hvor fagene arbejder sammen på tværs (se figur 2 og 3 i Sillasen & Linderoth (2017)). Kunne man forestille sig at når undervisningen foregår enkeltfagligt, så anvender man enkeltfaglige kompetencesystemer til at karakterisere undervisningen, og tilsvarende at man så anvender fagoverskridende kompetencesystemer når undervisningen er tværfaglig? Hvad med afgangsprøverne efter 9. klasse? Skal man anvende enkeltfaglige kompetencesystemer til de digitale prøver og fagoverskridende kompetencesystemer til den fællesfaglige prøve? Hvad nu hvis elever i 9. klasse skriver projektopgaven med udgangspunkt i en STEM-faglig problemstilling, hvilket kompetencesystem skal de så vejledes i og vurderes med?

Vi har ikke umiddelbart svarene på disse spørgsmål. Men det vil være relevant at afklare i det danske naturfagsdidaktiske miljø hvordan vi tænker at kompetencesystemer skal sammentænkes og operationaliseres, så det bliver brugbare planlægnings- og vurderingsværktøjer for danske grundskolelærere og andre som udvikler undervisningsforløb – og for dem der forsker i naturfagsdidaktik.

Vi ser MM's bidrag som en trædesten for udviklingen af et fagoverskridende STEM-fagligt kompetencesystem. Men der forestår stadigvæk et stort arbejde med at få skabt konsensus om hvilke kompetencer der skal bruges til at beskrive STEM-faglig undervisning, og i hvilken grad de korresponderer med kompetencesystemerne i S, T, E og M og andre tilstødende fagområder.

Referencer

- Auener, S., Daugbjerg, P., Nielsen, K. & Sillasen, M.K. (red.) (2018). *Engineering i skolen. Hvad, hvordan, hvorfor*. VIA University College. Hentet fra <https://www.ucviden.dk/da/publications/engineering-i-skolen-hvad-hvordan-hvorfor>.
- Nielsen, J.A. (2015). Assessment of Innovation Competency: A Thematic Analysis of Upper Secondary School Teacher's Talk. *Journal of Educational Research*, 108(4), s. 318-330. <https://doi.org/10.1080/00220671.2014.886178>.
- Andersen, N.O., Busch, H., Horst, S. & Troelsen, R. (2003). Fremtidens naturfaglige uddannelser. *Uddannelsesstyrelsens temahæfteserie*, 7/2003.
- Bybee, R.W. (2013). *The Case for STEM Education: Challenges and Opportunities*. NSTA Press.
- Larsen, D., Kristensen, M., Hjort, M. & Seidelin, L. (2022). STEM-didaktik – et internationalt, systematisk review om STEM-undervisningens didaktik. *MONA*, 2022(1), s. 6-22.
- Niss, M. & Jensen, T.H. (2002). Kompetencer og matematiklæring. Ideer og inspiration til udvikling af matematikundervisning i Danmark. *Uddannelsesstyrelsens temahæfteserie*, 18/2002. København: Undervisningsministeriet.
- Nielsen, J. A. (2015). *Rapport fra arbejdsgruppe for prøveformer der tester innovationskompetencer i gymnasiet*. Institut for Naturfagenes Didaktik, Københavns Universitet.
- Nielsen, K. & Sillasen, M.K. (2020). Teknologisk dannelse. Hvorfor og hvad? Oplæg til diskussion. *MONA*, 2020(4), s. 18. Hentet fra <https://tidsskrift.dk/mona/article/view/122881>.
- Sillasen, M. & Linderoth, U. (2017). Tværfaglig undervisning i folkeskolens naturfag. *MONA*, 2017(3), s. 19-39.
- STUK – Styrelsen for Undervisning og Kvalitet (u.å.). *Fagmål for forsøgsfaget teknologiforståelse*. Hentet fra: <https://www.emu.dk/grundskole/teknologiforstaaelse>.

Vertikal fordybelse i undersøgelsesbaseret modellering



Dorte Moeskær Larsen,
læreruddannelsen, UCL



Morten Christensen,
læreruddannelsen, UCL

Kommentar til Claus Auning: "Undersøgelsesbaseret modellering i matematik og naturfag i skolen", MONA, 2022(4).

Claus Auning beskriver i en artikel i *MONA, 2022(4)*, et undervisningsforløb hvor elever i en 8.- og en 9.-klasse arbejder med at integrere matematik og naturfag med udgangspunkt i undersøgelsesbaseret modellering. Vi finder at artiklen har et meget vigtigt fokus, både fordi integrationen mellem naturfag og matematik ofte bliver beskrevet som meget relevant, og fordi der sjældent helt konkret gives eksempler på hvordan man kan arbejde med denne integration, og samtidig sættes der eksplicit fokus på matematiks rolle i det tværfaglige samarbejde.

Claus Auning beskriver i artiklen hvordan eleverne igennem et forløb om klimatilpasning kommer igennem de forskellige delprocesser i den matematiske modelleringscyklus, med henvisning til beskrivelsen af Niss & Jankvists (2021) model. I artiklen beskrives der ligeledes et fælles rammeværk inden for modellering, hvor eleverne skal arbejde på både et horisontalt og et vertikalt plan i både matematik og naturfag. På det horisontale plan skal eleverne arbejde med forklaringer og løsninger på det komplekse klimaproblem/-fænomen, og på det vertikale plan skal eleverne fordybe sig i de tre områder matematisk modellering, naturvidenskabelige undersøgelser og undersøgelsesorienteret modellering (Auning, 2022, s. 53).

Det beskrives således hvordan eleverne arbejder på det horisontale plan når de arbejder med ved hjælp af matematisk modellering at finde løsninger og forklaringer på det komplekse klimaproblem ved at de igennem de enkelte delprocesser – præ-matematisering, matematisering, problemløsning, afmatematisering og validering – beregner hvor mange liter vand der vil falde ved 36 mm nedbør, og senere arbejder med vandbalanceligningen i samme proces. Eleverne bevæger sig dermed mellem det matematiske domæne og det ekstra-matematiske domæne/virkelighedsdomæne, og eleverne giver tydeligt udtryk for hvor vigtig de synes matematikken er til at løse denne type naturvidenskabelige problemstillinger. Men hvordan er det at eleverne

arbejder på det vertikale plan med matematisk modellering? Eller naturvidenskabelige undersøgelser?

Vi finder selv både de faglige forståelser og sammenhængen mellem modellering i naturfag og modellering i matematik interessant. På læreruddannelsen i Odense har vi i et internt tværfagligt samarbejde mellem naturfagsundervisere og matematikundervisere netop drøftet og arbejdet med hvordan studerende kan tilrettelægge tværfaglig undervisning i disse fag med modellering som udgangspunkt, og har fundet drøftelser af de forskellige anvendte begrebsdefinitioner inden for de forskellige fag interessant. Hvordan defineres og anvendes en model i naturfag og i matematik, eller hvad vil det sige at modellere i naturfag, og hvad vil det sige i matematik?

For at et tværfagligt perspektiv er muligt, kræver det således også at der er en fælles forståelse for hvad ordet modellering dækker over i de enkelte fag. I denne forbindelse har vi fundet Aunings rammeværk for modellering meget inspirerende, men er samtidig også nysgerrige på en yderligere uddybelse af rammeværkets akser i de to forskellige fag. Herunder i særdeleshed betydningen af den vertikale fordybelse i de forskellige områder – henholdsvis matematisk modellering, naturvidenskabelig undersøgelse og sluttelig undersøgelsesbaseret modellering.

Der har tidligere været beskrevet både en horisontal og en vertikal akse for matematisk modellering i den hollandske tilgang til matematikdidaktik i Realistic Mathematics Education (Treffers, 1987). I den horisontale matematisering refereres der til at modellere og matematisere en konkret virkelighedsproblemstilling. Dette er efter vores opfattelse også det eleverne i artiklen arbejder med i Aunings forløbsbeskrivelser, men i den vertikale matematisering handler det om matematisering inden for matematikkens egne konceptuelle systemer, og således skal eleverne arbejde med at opnå et højere niveau af matematisk forståelse for de involverede matematiske begreber (Treffers, 1987; Gravemeijer, 1997). Treffers (1987) beskriver således hvordan vertikal og horisontal matematisering bør indgå med lige stor vægt i matematikundervisningen, for det er netop i samspillet mellem de horisontale og vertikale komponenter at eleverne konstruerer (ny) matematisk viden. Her skal eleverne således både arbejde med matematiske “modeller for” den konkrete problemstilling og arbejde med at udvikle matematiske “modeller af” situationer der afspejler samme matematiske forhold. Som et eksempel på dette beskriver Treffers (1987) modelleringen af et kontekstproblem om at dele pizzaer, hvor eleverne tegner opdelinger af cirkler der betegner pizzaer, som en “model af” situationen. Senere bruger eleverne lignende tegninger til at understøtte deres ræsonnement om forholdet mellem brøker som en “model for” division med brøker.

Hvis det er Treffers (1987) og Realistic Mathematics Education-tilgangen der henvises til når der står vertikal fordybelse i rammeværket, så ville det i Aunings (2022) forløbsbeskrivelse betyde at eleverne skulle anvende de frembragte matematiske

modeller i andre typer af situationer, der afspejler de generelle modeller (modeller af) anvendelighed. Det kunne fx være vandbalanceligningen som et eksempel på en lineær funktion, og eleverne ville her måske kunne arbejde med fordybelse og udvikle en større forståelse for linearitetsbegrebet. Men hvordan ser vertikal fordybelse så ud i naturvidenskabelige undersøgelser?

I forhold til Treffers' (1987) beskrivelse af "model for" og "model af" har Auning selv en reference til Gouvea & Passmores (2017) artikel, som også skelner mellem "model af" og "model for". Disse dimensioner beskrives meget tydeligt anderledes end Treffers' (1987) beskrivelser. Her vedrører den første dimension forholdet mellem model og fænomen (modellen af), herunder i hvilke henseender og grader modellen repræsenterer træk ved nogle fænomener. Den andet dimension vedrører et mere epistemisk fokus på repræsentationens tilsigtede brug, nemlig hvilken viden modellen er beregnet til at generere (hvad modellen er til for) for eleven. Disse to dimensioner er flettet sammen, så det er umuligt at forstå hvad en model af er, uden at forstå hvad den er til for.

Det er netop disse forskellige faglige anvendelser af modelleringsbegrebet og definitioner inden for naturfag og matematik vi mener det er vigtigt at drøfte og få afklaret når der arbejdes tværfagligt. På læreruddannelsen kan vi ikke bare forvente at de studerende der skal være både matematik- og naturfagslærere, selv udvikler forståelser for disse overlap og forskelligheder, men vi bliver nødt til at give plads og tid til denne slags tværfaglige drøftelser og refleksioner. Vi er selv nået til et punkt hvor dette er centralt for vores tværfaglige samarbejde, og er derfor meget interesseret i hvordan den vertikale fordybelse forstås i Aunings rammeværk.

Referencer

- Auning, C. (2022). Undersøgelser baseret modellering i matematik og naturfag i skolen, *MONA*, 2022(4), s. 48-70
- Gouvea, J. & Passmore, C. (2017). 'Models of' versus 'Models for'. *Science & Education*, 26(1), s. 49-63. doi:10.1007/s11191-017-9884-4.
- Gravemeijer, K. (1997). Mediating between Concrete and Abstract. I: P. Bryant & T. Nunez (red.), *Learning and Teaching Mathematics. An International Perspective* (s. 315-345). Hove: Psychology Press.
- Niss, M. & Jankvist, U.T. (2021) *Matematisk modellering*. Lokaliseret januar 2023 på: <https://matematikdidaktik.dk/temaer/matematisk-modellering/>.
- Treffers, A. (1987). *Three Dimensions. A Model of Goal and Theory Description in Mathematics Instruction — The Wiskobas Project*. Dordrecht: Springer.



Ansøg om optag til
september 2023 i
perioden:
1. maj
- 15. maj

Byg videre på din læreruddannelse

BLIV KANDIDAT I STEM-UNDERVISNING

Kandidatuddannelsen i STEM-undervisning (Science, Technology, Engineering & Mathematics) gør dig i stand til at bringe den nyeste naturvidenskabelige forskning i øjenhøjde med børn og unge.

Du lærer at udvikle tværfaglig og problembaseret STEM-undervisning og at ruste børn og unge til komplekse samfundsproblemstillinger indenfor fx klima og genteknologi.

Du kan tage uddannelsen uanset hvor i landet du bor. Undervisningen foregår både online, i regionen hvor du bor, samt i Odense på planlagte dage.

Uddannelsen er fuldt statsfinansieret og SU-berettiget og kan læses som både kandidat og erhvervs kandidat.

Er du uddannet lærer?

Tag uddannelsen som en erhvervs kandidat og få fornyet din faglighed og din undervisning fra dag et. Som erhvervs kandidat kan du undervise ved siden af uddannelsen og afprøve dine nye værktøjer med det samme. Du har et kursus per semester i fire år.

Er du lærerstuderende?

Byg videre på din professionsbachelor og giv dig selv flere karrieremuligheder. Hvis du læser kandidaten på fuld tid over to år, har du to kurser per semester.

Find mere information på studier.ku.dk/stem eller skriv til kastem@ind.ku.dk



BLIV MASTER I SCIENCEUNDERVISNING



Nyt hold starter
august 2023

Masteruddannelsen i scienceundervisning er designet til at gøre erfarne undervisere endnu bedre.

Uddannelsen er målrettet undervisere i naturvidenskabelige fag på gymnasialt niveau eller tilsvarende. Den giver dig nye vinkler på din undervisning og gør dig samtidig til en del af et inspirerende netværk af engagerede medstuderende og undervisere.

Der udbydes 1 eller 2 kurser hvert semester, og der er undervisning ca. hver anden mandag.

Prisen er 20.000 kr. for efterårets kursus eller 110.000 kr. for hele uddannelsen.

Kurserne kan læses som selvstændige efteruddannelseskurser, eller de kan indgå i et samlet masterforløb.

Læs mere på www.ind.ku.dk/misu

Kursus efteråret 2023: Naturfagsdidaktik og undersøgelsesbaseret undervisning

Kurset afholdes i efteråret 2023 og omfatter 10 ECTS point. Det er det første kursus for det nye hold.

Undervisningssted: Institut for Naturfagernes Didaktik, Niels Bohr Bygningen, Rådmandsgade 64, 2200 København N.

Omfang: 8 kursusgange + eksamen, ca. hver anden mandag i efteråret. Hver kursusgang er 9:45-16:30 (med mindre andet aftales).

Tilmeldingsfrist for start til efteråret er

1.maj 2023

Har du spørgsmål om uddannelsen? Kontakt Christine Holm på cholm@ind.ku.dk eller på tlf. 35320537

KØBENHAVNS
UNIVERSITET

