

# MONIA

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



Erhvervsakademi og  
Professionshøjskole

KØBENHAVNS  
PROFESSIONS  
HØJSKOLE **KP**

**DTU**



AARHUS  
UNIVERSITET

**DASG**  
Danske Science Gymnasier



SYDDANSK UNIVERSITET



DET NATUR- OG BIOVIDENSKABELIGE FAKULTET  
KØBENHAVNS UNIVERSITET

2020-2

# MONA

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

MONA udgives af Det Natur- og Biovidenskabelige Fakultet ved Københavns Universitet, i samarbejde med Danmarks Tekniske Universitet, 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 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  
Kjeld Bagger Laursen, Institut for Naturfagernes Didaktik, Københavns Universitet

### **Redaktionskomité**

Carl P. Knudsen, Danske Science Gymnasier  
Jan Sølberg, Institut for Naturfagernes Didaktik, Københavns Universitet  
Lars Brian Krogh, Læreruddannelsen i Aarhus, VIA University College  
Martin Niss, Institut for Natur, Systemer og Modeller, Roskilde Universitet  
Morten Rask Petersen, Anvendt forskning i pædagogik og samfund, UCL  
Sabine Schmidt-Johansson, Afd. for Uddannelse og Studerende, Danmarks Tekniske Universitet  
Steffen Elmose, Læreruddannelsen i Aalborg, University College Nordjylland  
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](http://www.science.ku.dk/mona).

### **Manuskripter**

Manuskripter indsendes per mail, se [www.science.ku.dk/mona](http://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](http://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](http://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](mailto:mona@portoservice.dk)

### **Produktionsplan og deadlines for indsendelse af bidrag til MONA**

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

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

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

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

ISSN: 1604-8628. © MONA 2020

Citat kun med tydelig kildeangivelse

# Indhold

- 4 Fra redaktionen
- 6 **Artikler**
- 7 To metaforer for læring og kompetenceorienteret undervisning  
*Jan Sølberg*
- 23 Blokmodellen: en overset repræsentation i dansk matematikundervisning?  
*Pernille Bødtker Sunde, Lóa Björk Jóelsdóttir og Pernille Ladegaard Pedersen*
- 47 Naturfaglig erfaringsdannelse som kontinuitetspraksis  
En undersøgelse af lærere og pædagogers vilkår for at kunne skabe  
kontinuitet i børns naturfaglige erfaring  
*Stine Mariegaard, Christina Haandbæk Schmidt og Claus Michelsen*
- 65 Udvikling af modelleringskompetence i læreruddannelsen  
*Pernille Ulla Andersen, Harald Brandt, Lars Brian Krogh, Martin Sillasen og  
Peer Daugbjerg*
- 84 **Kommentarer**
- 85 Modelleringsprocessen  
*Jørgen Løye Christiansen*
- 89 6F-modellen – en god støttestruktur for undersøgelsesbasert undervisning  
*Majken Korsager*
- 94 Erfaringer fra 10 års frontforskning med førsteårsuniversitetsstuderende  
*Thomas Just Sørensen*
- 100 **Litteratur**
- 101 “A book to end all books about mathematical modelling”  
*Kasper Bjerling Søby Jensen*

# Fra redaktionen

I en tid hvor næsten alt har været forandret i undervisningsverdenen, er noget faktisk til at regne med: MONA udkommer i juni med årets andet nummer! Vi har i redaktionen kun været let berørt af nedlukning af samfundet – nogen ville måske fristes til at sige at det siger lidt om at produktion af artikler inden for fagdidaktik godt kan foregå halvfjernt fra den virkelige verden. Vi andre vælger at se det som et tegn på veludviklet digitalisering...

Andre aktiviteter har jo været helt lukket ned pga. Corona-situationen. Big Bang-konferencen blev aflyst, og vi må nu se frem til først at mødes i den kontekst i 2021. Datoen er 24.-25. marts – følg med på [www.bigbangkonferencen.dk](http://www.bigbangkonferencen.dk). Vi har endnu ikke afklaret om MONA-sporet får helt det samme tema, men vi regner med at alle de mange gode oplæg og workshoper der var planlagt, vil kunne blive gennemført hvis man ønsker det. Og mon ikke der så også kommer en række indlæg om online undervisning inden for matematik og naturfagene.

I dette nummer bringer vi fire artikler og tre kommentarer. Den første af artiklerne er skrevet af Jan Sølberg. Den har titlen *To metaforer for læring og kompetenceorienteret undervisning*. I den diskuteres kompetenceorienteret naturfagsundervisning i relation til Anna Sfards klassiske artikel fra 1998: *On Two Metaphors for Learning and the Dangers of Choosing Just One*. Først reintroduces idéen om *tilegnelsesmetaforen* og *deltagelsesmetaforen* som to fundamentalt forskellige måder at beskrive læreprocesser på. Derefter argumenterer Sølberg for at særligt deltagelsesmetaforen kan være nyttig i diskussioner om hvad naturfaglige kompetencer er, hvordan man underviser kompetenceorienteret i naturfagene, og hvad der kræves for at kunne evaluere naturfaglige kompetencer på en meningsfuld måde. Artiklen bakker op om Sfards vigtige pointe om at begge metaforer for læring er nødvendige.

Den næste har overskriften *Blokmodellen: en overset repræsentation i dansk matematikundervisning?* Den er skrevet af Pernille Bødtker Sunde, Lóa Björk Jóelsdóttir og Pernille Ladegaard Pedersen. Blokmodellen er en visuel model der anvendes i problemløsning, bl.a. til at hjælpe eleverne med at genkende regnearter. Visualiseringer anvendes i matematikundervisning som redskab, eller repræsentationsmodel, til at understøtte udvikling af begrebsforståelse og problemløsningsprocesser. Med udgangspunkt i Bruners repræsentationsformer (konkret, visuel og abstrakt) beskriver artiklen en konceptuel model, ROP-modellen, hvor akronymet står for Repræsentationsbaserede Oversættelsesstrategier i Problemløsning. Den kan udmøntes i blokmodellen. Artiklen præsenterer de første erfaringer med at implementere blokmodellen i matematikundervisningen på mellemtrinnet, set fra et lærer- og undervisningsperspektiv.

Derefter følger *Naturfaglig erfaringsdannelse som kontinuitetspraksis En undersøgelse af lærere og pædagogers vilkår for at kunne skabe kontinuitet i børns naturfaglige erfaring* som er skrevet af Stine Mariegaard, Christina Haandbæk Schmidt og Claus Michelsen. Den undersøger de lovgivningsmæssige og praktiske/organisatoriske rammer for pædagoger, børnehaveklasseledere og lærere for at kunne skabe kontinuitet i børns naturfaglige erfaringsdannelse i overgangene mellem hhv. daginstitution, børnehaveklasse og 1. klasse. Undersøgelsen funderes her ved en indkredsning af erfaring og kontinuitet, mhp. at kunne anskue overgange som kontinuitetspraksisser. De tre faggruppers rammevilkår undersøges gennem gruppeinterview og sammenlignende analyser af daginstitutionernes fælles læringsmål og skolens Fælles mål. En kvalitativ tematisk analyse peger på tre aspekter der viser at de tre faggrupper har forskellige rammevilkår for at skabe kontinuitet, og den identificerer en potentiel risiko for at der kan opstå diskontinuitet i børns naturfaglige erfaringer.

Og endelig bringer vi artiklen *Udvikling af modelleringskompetence i læreruddannelsen* som er skrevet af Pernille Ulla Andersen, Harald Brandt, Lars Brian Krogh, Martin Sillasen og Peer Daugbjerg. Dens udgangspunkt er det store ansvar som læreruddannelsesinstitutionerne har hvad angår at uddanne nye naturfagslærere samtidig med at de bedriver kompetenceudvikling for lærerne ude i praksis. Men hvordan udvikles læreruddannelsens egne kompetencer i relation til nye, eksterne behov? Her beskrives et internt kompetenceudviklingsprojekt om modellering i naturfagsgruppen i VIA UC som har nydt godt af rammebetingelser og samspil mellem forsknings- og udviklingsarbejde og faggruppeudvikling. Artiklen bringer frem i lyset nogle indsigter, bl.a. om modeller og om lærerstuderendes forståelse af modeller så andre som ønsker lokal efteruddannelse på området, kan hente inspiration og konkrete inputs.

De tre kommentarer beskæftiger sig hver især med en af artiklerne i sidste nummer af MONA. Claus Aunings artikel *Modellering som proces i naturfagsundervisningen* bliver perspektiveret i Jørgen Løye Christiansens indlæg *Modelleringsprocessen*. Derefter bringer Majken Korsager i sit indlæg *6F-modellen – et godt stillas for undersøgelsesbaseret undervisning* en del pointer frem ud fra Lene Møller Madsen, Robert Evans og Jesper Bruuns *Undersøgelsesbaseret undervisning: 6F-modellen – dens tilblivelse og udvikling i Danmark*. Endelig kommenterer Thomas Just Sørensen i *Erfaringer fra 10 års frontforskning med førsteårsuniversitetsstuderende* resultaterne i Birgitte Lund Nielsen, Rikke Frøhlich Hougaard og Mikkel Krægpøths *Forskningslignende laboratorieaktiviteter for 1. års studerende på universitetet – muligheder og udfordringer*.

Til sidst har vi en boganmeldelse, "A book to end all books about mathematical modelling". Den er skrevet af Kasper Bjerling Søby Jensen og drejer sig om Mogens Niss & Werner Blums nyligt udkomne *The Learning and Teaching of Mathematical Modelling*.

# Artikler

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

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

# To metaforer for læring og kompetenceorienteret undervisning



Jan Sølberg, Institut for  
Naturfagernes Didaktik,  
Københavns Universitet

**Abstract:** Formålet med denne artikel er diskutere kompetenceorienteret naturfagsundervisning i relation til Anna Sfards klassiske artikel fra 1998: *On Two Metaphors for Learning and the Dangers of Choosing Just One*. Først reintroduceres idéen om tilegnelsesmetaforen og deltagelsesmetaforen som to fundamentalt forskellige måder at beskrive læreprocesser. Derefter argumenterer jeg for at særligt deltagelsesmetaforen kan være nyttig i diskussioner om hvad naturfaglige kompetencer er, hvordan man underviser kompetenceorienteret i naturfagene, og hvad der kræves for at kunne evaluere naturfaglige kompetencer på en meningsfuld måde. Artiklen repeterer Sfards vigtige pointe om at vi har brug for begge metaforer for læring hvis ikke vi vil risikere at miste vigtige aspekter af elevernes læring.

## Indledning

“Kompetencer er jo noget, man kan bygge videre på og bruge, hvor det andet bare er udenadslære”, sagde en lærer engang til mig under et interview. Han refererede til hvad han opfattede som målet med sin naturfagsundervisning efter et femårigt udviklingsprojekt. I løbet af projektet var mange af hans elever gået fra at “hænge i gardinerne” til at udvise høj grad af selvstændighed, engagement og faglighed i undervisningen. Han havde tidligere været meget optaget af om eleverne lærte centrale begreber og fænomener inden for naturfagene. Men med tiden blev han mere og mere optaget af hvordan hans elever brugte det som de lærte i naturfagene. Faktisk blev han så optaget af dette fokus at han sagde at han i store træk var ligeglad med hvad de arbejdede med i naturfagsundervisningen. Han var tilfreds så længe han kunne se at eleverne udviklede sig og blev bedre til at håndtere mere og mere komplekse udfordringer – både i skolen og i andre sammenhænge. Der gik imidlertid flere år før han blev i stand til at italesætte hvad det egentlig var som hans elever kunne med naturfagene. Denne artikel handler derfor om *hvordan man kan beskrive læreprocesserne som udvikler elevernes naturfaglige kompetencer*.

For at besvare spørgsmålet vil jeg tage afsæt i en hyppigt citeret artikel fra 1998 af Anna Sfard som hedder *On Two Metaphors for Learning and the Dangers of Choosing Just One*, og bringe artiklens pointer i spil i lyset af naturfagsundervisningen i Danmark i dag. Sfard beskriver i sin artikel to fundamentalt forskellige metaforer for læring som bunder i forskellige traditioner inden for læringsteorien, og argumenterer for at vi har brug for flere metaforer for læring for at kunne beskrive de læreprocesser som fører til at eleverne udvikler naturfaglige kompetencer. Artiklens Sfard-citater er oversat af Kjeld Bagger Laursen.

Når Sfards artikel er relevant for naturfagsundervisningen i dag, skyldes det i høj grad indførelsen af kompetencemål i Fælles Mål 2014. Jeg vil argumentere for at begge metaforer er nødvendige hvis vi skal omsætte kompetencemål til praksis, hvilket sidste del af artiklen handler om.

## To metaforer for læring

Sfards artikel beskriver forskellen mellem det hun kalder "tilegnelsesmetaforen" (TM herefter) og "deltagelsesmetaforen" (DM herefter). Kort fortalt, så tager TM udgangspunkt i kognitive læringsteorier hvor viden opfattes som noget man som individ tilegner sig og besidder på en måde som gør det muligt at anvende dem i andre sammenhænge. DM tager afsæt i situeret læringsteori hvor læring forstås som udvikling af ens evne til at deltage i forskellige kontekster. Her er viden noget der kommer til udtryk i en given situation, og som ikke kan adskilles fra den konkrete kontekst.

Sfard bruger bevidst ordet *metafor*, som hun beskriver som følger:

En metafor medbringer visse veldefinerede forventninger når den anvendes på et begreb, så valget af metafor er en beslutning med store konsekvenser. Et andet valg af metafor kan føre til andre tankebaner og til andre handlinger. Vi kan derfor sige at vi lever ud fra de metaforer vi bruger. Det er også værd at bemærke at en metafor er et tveægget sværd: På den ene side er den en grundliggende mekanisme bag enhver begrebsdannelse der muliggør vores abstrakte (og videnskabelige) tænkning; på den anden fastholder den vores forestillingsevne inden for vores tidligere erfaringers og begrebsers begrænsninger. I den metaforiske afbildningsproces er gamle grundlæggende forudsætninger og dybt rodfæstede overbevisninger særlig faste, fordi de er tavse, ikke eksplicitte. De er således tilbøjelige til at flytte fra et felt til et andet, praktisk taget ubemærkede. Sådant en ukontrolleret vandring af metaforiske konsekvenser er ikke altid til nye teories fordel. Den kan stå i vejen for frisk ny indsigt, den kan undergrave brugbarheden af det frembragte begrebssystem og frem for alt kan den fortsætte overbevisninger og værdier som aldrig har været udsat for kritisk inspektion. (Sfard, 1998, s. 5)



Metaforer er ikke det samme som teorier, og i sin artikel kommer Sfard ikke dybt ind på de forskellige nuancer i læringsteoriene bag de metaforer som hun skitserer. Det er heller ikke formålet med hendes artikel, ligesom det heller ikke er formålet med denne artikel. Pointen er at beskrive to radikalt forskelligartede måder at tænke læreprocesser på som hver især har solid teoretisk berettigelse. Ved at opstille to overordnede metaforer bliver det synligt hvordan de to måder at forstå læring på påvirker måden som vi arbejder med fx naturfaglige kompetencer. Ved at bruge to metaforer for læring opfordrede hun til flertydige forståelser af læring og undgik dermed at puste til verserende diskussioner om hvilken læringsteori der havde størst berettigelse på det tidspunkt.

Der verserede i 90'erne en ivrig diskussion mellem tilhængerne af kognitive læringsteorier og tilhængerne af situeret læringsteori. En af årsagerne til denne diskussion var fremkomsten af forskning som demonstrerede hvordan viden ikke uproblematisk kan overføres fra én kontekst til en anden (Lave & Wenger, 1991). Faktisk afviste fortalere for situeret læring at tale om viden som en permanent og objektiv størrelse, og det sparkede gang i store uddannelsesmæssige diskussioner. Omvendt insisterede fortalere for kognitive læringsteorier på at *transfer* (overførsel af viden fra en kontekst til anden) var en empirisk realitet. Men selve ordet transfer er fundamentalt et kognitivt begreb som Sfard skriver:

Læringstransfer betyder at viden føres tværs over kontekstgrænser; når man nægter at opfatte viden som en selvberende enhed og forkaster ideen om kontekst, er der derfor simpelthen ingenting at overføre, og der er ingen egentlige grænser at overskride. (Sfard, 1998, s. 9)

I tidsskriftet *Educational Researcher* fra 1997 og frem skrev to prominente repræsentanter fra de to lejre en serie artikler om den ene tilganges fortræffeligheder og den andens mangler. Serien kulminerede med en artikel som forskerne skrev sammen, og hvor de forsøgte at præcisere hvad de kunne blive enige om, og hvordan deres forskellige forståelser af læring divergerede. De kom frem til fire fælles udtalelser, som de udfoldede i en kort, men væsentlig artikel (Anderson, et al., 2000). Her erklærede de bl.a. at læring *kan* have en generel karakter (altså kan overføres til nye kontekster), men at den ikke altid har det. De to fløje forsøgte dermed at blive enige om, hvordan de kunne fortolke den divergerende evidens omkring transfer, og de blev enige om at:

Kognitive og situerede perspektiver anskuer disse processer [læreprocesser] forskelligt, hvor kognitive analyser tilskriver processen til individer, mens situerede analyser tilskriver dem til systemer, hvor individer indgår... [I] vores nuværende teoretiske forståelse har vi brug for begge perspektiver. (Anderson et al., 2000, s. 12, forfatterens oversættelse)

Hermed nåede forfatterne frem til den samme pointe som Sfard allerede havde fremført to år tidligere: Vi har brug for begge perspektiver så længe der ikke findes en bedre teori der kan forene de to perspektiver. Hun påpegede desuden:

At have flere teoretiske syn på en og samme ting er normal praksis i naturvidenskab, fx hvor kemi og fysik giver to forskellige, men ikke usammenlignelige forklaringer på stof, eller hvor fysiologi og psykologi har indbyrdes komplementære syn på menneskelige væsner. I den tilgangs ånd burde tilegnelses- og deltagelsesfolk kunne indrømme at afstanden imellem dem ikke er udtryk for afvigende meninger, men snarere for deltagelse i komplementære diskurser... Fx kan matematikere leve både med euklidisk og ikke-euklidisk geometri uden at favorisere nogen af dem, og samtidens fysikere tillader en blanding af angiveligt modstridende tilgange til subatomare fænomener. De godtager det med henvisning til Bohrs berømte komplementaritetsprincip. (Sfard, 1998, s. 11)

Det er altså ikke en begrænsning for forskningen, eller for praksis for den sags skyld, at arbejde med flere forståelser af læring på én gang så længe vi er i stand til at gøre det konsistent og bevidst. Vi kan således bruge de forskellige metaforer til at nuancere vores forståelse af elevernes læreproces.

### *Tilegnelsesmetaforen*

De fleste genkender umiddelbart TM og forstår den som nærmest naturgivet da den er dybt indlejret vores sprog og dermed den måde som vi opfatter og beskriver læring. Sfard uddyber det således:

Siden Piagets og Vygotskis tid er øget viden blevet analyseret i termer af begrebsudvikling. Begreber skal forstås som grundenheder for viden som kan samles, gradvis forfines og kombineres til at danne stedse rigere kognitive strukturer. Billedet er ikke stort anderledes når vi taler om den lærende som en person der konstruerer mening. Denne tilgang, som i dag forekommer naturlig og selvindlysende, minder os om det at indsamle materielle goder... I de seneste årtier er der blevet fremsat talrige forslag om karakteren af de mekanismer der gør matematiske begreber til den lærendes private ejendom; men trods manglende enighed om 'hvordan' så har der ikke været noget kontroversielt over essensen: Ideen om at læring drejer sig om at opnå besiddelse af en slags vare, har været tilstede i et bredt spektrum af rammesætninger, lige fra moderat til radikal konstruktivisme og videre til interaktionisme og sociokulturelle teorier. (Sfard, 1998, s. 5 & 6)

Helt central for TM er altså ideen om at viden er noget som kan isoleres til individet som besidder den. Dette gør det nemt at forholde sig til den enkeltes læreproces da man ikke behøver at forholde sig til i hvilken sammenhæng viden er blevet til, eller

hvor den skal anvendes i fremtiden. Sfard advarer imidlertid om at det stærkt individualiserende aspekt af TM kan føre til at elever kategoriseres (positivt såvel som negativt) som om graden af viden var en naturgivet egenskab:

Det er værd at bemærke at inden for tilegnelsesparadigmet tæller ikke bare viden, men også midlerne til at opnå den som en kostelig besiddelse der, i fald den er af overlegen kvalitet, kan gøre indehaverne heraf andre overlegne. Ord som 'gave' eller 'potentiale' – ofte brugt som betegnelse for en tilbøjelighed til at lære og at skabe – antyder at et sådant træk er givet, ikke erhvervet. Det er en persons 'kvalitetsmærke'. En elevs præstationer kan meget vel afhænge af omgivende faktorer, men læreren kan godt mene at kunne se elevens egentlige (permanente) potentiale ud fra vedkommendes aktuelle opførsel. På linje med andre private besiddelser opfattes disse gaver og potentialer som målelige og derfor brugbare ved sortering af folk i kategorier. I sådan et klima vil behovet for at vise sit 'potentiale' sommetider overgå ens ønske om at være til nytte... Tænk bare på den ikke ganske sjældne forekomst af en egocentreret asocial indstilling til det at vide, skabe eller lære noget. Hvis folk bliver vurderet og delt op ud fra hvad de besidder, bliver metaforen om intellektuel ejendom snarere en kilde til rivalisering end til samarbejde." (Sfard, 1998, s. 8)

Man kan argumentere for at lige så succesfuld og operationel TM er, så har den også vist sig at have betydelige slagsider. I Danmark og mange andre lande ses en evalueringskultur som er stærkt præget af et overdrevent fokus på at teste viden (Harlen et al., 2002). Herhjemme har dette utvivlsomt bidraget til den udbredte destruktive præstationsorientering som i dag stresser mange unge mennesker (Hansen, 2015). Hvis ikke af andre årsager, så er dette problem et godt argument for at finde mere konstruktive måder at beskrive, italesætte og evaluere elevernes læring.

### *Deltagelsesmetaforen*

Sfard beskriver DM således:

I stedet for at tale om tilstande er der nu kommet opmærksomhed på aktiviteter. I det billede af læring der opstår af dette sproglige skift, må det permanente i 'at have' vige for den konstante forandring i 'at gøre'. Hvor tilegnelsesbegrebet indebærer at der er et klart endepunkt for læreprocessen, levner den nye terminologi ingen plads til stop-signaler. Dertil kommer at de kørende læringsaktiviteter aldrig anskues adskilt fra den sammenhæng de finder sted i. Selve sammenhængen er rig og mangfoldig, og dens væsentlighed betones gennem udsagn om situerethed, kontekstualitet, kulturel indlejring og social mediering... Med andre ord: at lære et emne opfattes nu som en proces mod at blive medlem af et givet fællesskab. (Sfard, 1998, s. 6)

Dette er en vanskelig måde at anskue læreprocesser på da man er nødt til at forstå værdien af handlingen i den givne situation. Idéen om at viden ikke findes i hovedet, men i handlingen så at sige, er kontraintuitiv for mange og derfor vanskelig at omsætte til praksis. Sfard gør ikke skarpt rede for hvordan viden og handling hænger sammen i DM, og jeg skal heller ikke komme dybere ind på det her, andet end ved at pege på at der inden for den situerede læringsteori hersker flere fortolkninger (se fx Kvale & Nielsen, 1999). For at anskueliggøre hvordan DM *kan* forstås, og hvordan jeg vil bruge den i denne artikel, vil jeg give min fortolkning af DM med biologi som eksempel.

Ud fra DM betragtes elever som deltagere i en given fælles praksis, og det er i dette eksempel biologiundervisningen i en bestemt skoleklasse. Læreren repræsenterer så biologifaget og kan betragtes som en ekspert inden for denne praksis. Gennem sin undervisning viser læreren eleverne hvad det vil sige at mestre biologi. Dvs. hvis læreren jævnligt arbejder problemorienteret i sin undervisning, vil eleverne lære at biologi handler om at løse problemer gennem brug af biologiske begreber og metoder. Med tiden vil de også blive bedre til tage aktiv del i problemløsningen i undervisningen (forudsat at de får lov til at deltage, naturligvis). Deres aktive deltagelse indebærer også at elevernes individuelle forudsætninger kommer til at spille en rolle for hvordan biologiundervisningen udvikler sig undervejs. Hver elev i den pågældende klasse vil til enhver tid bidrage med forskellige input og deltage i forskellig grad. Hermed er eleverne gennem deres deltagelse med til at udvikle klassens fælles forståelse af hvad biologi kan og handler om. Ud fra DM kan biologiundervisningen således ikke betragtes som en konstant eller givet størrelse, men derimod som dynamisk og kontekstafhængig, hvilket nok er genkendeligt for mange.

Denne kontekstafhængighed betyder at vi kan italesætte læring som elevernes måde at deltage i den givne praksis på og dermed mere præcist beskrive den grad af kompetence som de udviser i situationen. Kontekstafhængigheden er dog også en af udfordringerne ved DM, for den gør det vanskeligt at generalisere viden om elevernes opnåede læring da vi ikke umiddelbart kan sammenligne med læring, der finder sted i andre kontekster. Med andre ord bliver det svært at beskrive hvordan det som eleverne lærer i biologiundervisningen, kan bidrage til deres videre uddannelse eller øvrige liv, for vi kender ikke disse kontekster. Sfard problematiserer dette dilemma ved DM som følger:

Vores evne til at forberede os i dag på at håndtere de nye situationer vi møder i morgen, er selve essensen af læring. Kompetence betyder at være i stand til at kunne gøre den samme ting igen og samtidigt ændre det der kræver ændring. Hvordan kan alt sådan noget forklares hvis vi ikke må tale om at tage noget med os fra en situation til en anden? (Sfard, 1998, s. 9)

Her antyder Sfard at DM ikke er direkte forenelig med kompetencetækning da kompetencetækningen implicerer en vis grad af transfer, og det tillader DM ikke umiddelbart. En måde at løse dette på kan være at tænke på læring som *udvikling af persons forudsætninger for at tage del i forskellige sociale praksisser* (Dreier, 1999). Denne definition fastholder at læring handler om at udvikle sine forudsætninger for at tage del i praksis, hvilket passer med DM. Samtidig understreges det at det som læres i én kontekst (fx skolen), kan have betydning for ens deltagelse i andre kontekster (fx hverdagslivet). Hvis ikke vi troede på dette, ville det være meningsløst at tale om kompetencer i uddannelsessammenhænge. Men hvis kompetencer skal betragtes som noget andet og mere end viden man besidder, har vi altså brug for et andet perspektiv end det TM repræsenterer. Heri ligger en sproglig udfordring, for i daglig omtale siger man at vedkommende er kompetent eller har kompetence, og det antyder en permanent tilstand på samme måde som viden beskrives i TM. Det ville være mere konsistent med DM at sige at vedkommende udviser kompetence i den pågældende situation. Så længe vi derved fastholder at tænke på kompetence som noget man har eller ikke har, risikerer vi at opfatte kompetence på samme måde, som vi forstår viden på. "*Vi lever ud fra de metaforer vi bruger*", som jeg citerede Sfard for tidligere. Dermed risikerer vi at overse hvordan eleverne bidrager til en given læringsituation hvilket er et vigtigt aspekt af elevernes læring.

### *Faren ved blot at vælge én*

Jeg har nu beskrevet de to metaforer for læring gengivet i Sfards artikel. Opsummeret kan de to metaforer stilles op mod hinanden som i figur 1.

Tilegnelsesmetaforen		Deltagelsesmetaforen
Personlig berigelse	Mål for læring	At bidrage til praksis
Tilegnelsen af noget	Læring	At ændre sine forudsætninger for at tage del i praksis
Modtager, konstruktør (forbruger, ejer)	Elev	Deltager
Sender, formidler, facilitator	Lærer	En repræsentant for/ekspert inden for praksis
Personlig ejendom, vare	Viden	Udtrykkes gennem deltagelse i praksis
At besidde, eje	Det at vide noget	At kunne deltage aktivt i praksis

**Figur 1.** Forskelle i opfattelsen af to metaforer for læring, inspireret af Sfard, 1998, forfatterens oversættelse og fortolkning.

Sfard forklarer flere gange i sin artikel hvorfor det er vigtigt og nødvendigt at fastholde brugen af begge metaforer for læring. Selv om det virker oplagt at tolke fremkomsten af DM som en umyndiggørelse af TM, så er det langt fra tilfældet. Hendes pointe er følgende:

[G]anske vist er et voksende antal tænkere indstillet på enighed om at lærings afhængighed af kontekst er alt for stor til at snakken om universelle tvær-situationelle invarianter kan overleve, men alligevel kan ingen – ikke engang de mest nidkære tilhængere af en DM-baseret tankegang – benægte at der er noget der går igen når vi rykker fra situation til situation og fra kontekst til kontekst. Vores evne til at forberede os i dag på at håndtere de nye situationer vi møder i morgen, er selve essensen af læring.

... [S]elv hvis vi kunne skabe en TM-fri diskurs, så burde vi sandsynligvis ikke gøre det. I deltagelses-rammerne ville nogle kraftfulde midler til begrebssette læring gå tabt, og nogle lovende veje henimod forståelse af dets mekanismer blive afspærret.

... [D]et ser ud til at vi hverken kan leve med eller uden dem hver for sig (Sfard, 1998, s. 9 & 10)

Spørgsmålet er hvad det betyder for naturfagsundervisningen hvis vi forsøger at forholde os til begge metaforer? Det handler resten af artiklen om.

## Konsekvenser for naturfagsundervisningen

Argumentet for at reintroducere Sfards artikel bunder i at naturfagslærere siden 2014 har skulle forholde sig til Fælles Mål hvor fire naturfaglige kompetenceområder går igen på tværs af de fire fag. Introduktionen af kompetencemål i naturfagsundervisningen åbnede for nye muligheder (se fx Sølberg et al., 2015), men det var samtidig med til at skabe nye udfordringer hvilket adskillige analyser og undersøgelser allerede har beskrevet (se fx Elmose, 2007; Elmose & Sillasen, 2013; Højgaard et al. 2010; Nielsen & Nielsen, 2019).

Blandt udfordringerne er at Fælles Mål for naturfagene kan være vanskelige at arbejde med da de er uklart beskrevet og med forskellige betydninger i lovteksten (Elmose, 2018). Det er heller ikke oplagt hvordan lærerne kan omsætte kompetencerne til konkret undervisning (Nielsen, 2015). Lærere, vejledere og læringskonsulenter har i vid udstrækning været overladt til selv at omsætte ambitionerne bag kompetencemålene. Det har betydet at mange lærere fortrinsvis har fokuseret på de mere veldefinerede, men mindre komplekse, videns- og færdighedsmål i deres undervisning. Det kan også være fristende at reducere kompetencemålene til summen af de beskrevne videns- og færdighedsmål. Dette var særlig oplagt i de første år efter indførelsen af Forenkledte Fælles Mål hvor alle videns- og færdighedsmål stadig var bindende. Men ved at gøre dette, mister man væsentlige potentialer ved at arbejde kompetenceorienteret. Heriblandt er muligheden for at fastholde fokus på de fire gennemgående kompetenceområder fra 1. til 9. klasse hvilket ellers kan være med til at skabe arbejdsro for lærerne med den rette planlægning (Sølberg et al., 2015). Fokus på de samme fire kompetencer op igennem grundskolen åbner også muligheder for konstruktiv tværfagligt samarbejde og for at lette overgange mellem mellemtrinnet og overbygningen. Men alt dette kræver en fælles forståelse af hvad der anerkendes som naturfaglig kompetence.

### *Naturfagligt indhold og kompetencer*

Traditionen har i mange år været at definere fagene ud fra deres faglige indhold. Hvis man imidlertid anlægger et deltagerperspektiv på undervisning, så er viden ikke en entydig størrelse, og det er derfor meningsløst at prøve at beskrive et fag ud fra et givent vidensmæssigt indhold. Sfard problematiserer dette således:

... så kan det der plejede at hedde "stof" blive forandret så dramatisk at nogen ville begynde at overveje om det vi så underviste, stadig kunne kaldes naturfag eller matematik [...] Hovedgrunden forekommer at være en gradvis forsvinden af et veldefineret fag-stof. Uden et veldefineret indhold kommer hele undervisnings- og læreprocessen i fare for at blive formløs og for at miste kursen." (Sfard, 1998, s. 10)

For de fleste er det også en absurd tanke at fagenes begreber og arbejdsmetoder ikke er en afgørende del af det som eleverne skal lære, men ud fra DM bliver det mere interessant at spørge hvilke fagligt relevante praksisser eleverne skal kunne deltage i. Denne tænkning ligger tæt op ad mange definitioner af kompetencer (Ropohl et. al, 2018) som typisk betoner at kompetence indebærer handling eller deltagelse i givne kontekster. Et eksempel på denne måde at definere kompetencer på er personens "indsigtsfulde parathed til at handle på en måde, der lever op til udfordringerne i en given situation" (Jensen, 2007). Det at handle på en måde som defineres af konteksten, svarer til at sige at eleverne aktivt skal kunne bidrage til en given praksis. Således er der en oplagt kobling mellem DM og kompetencetænkning.

I en rapport om naturfagslæreres behov for kompetenceudvikling fra 2019 blev et ekspertpanel spurgt om hvad de anså som de væsentligste behov, hvortil et af panelmedlemmerne sagde:

Min egen erfaring er, at det, eleverne får mest ud af, er et kendskab til og viden om, hvordan man undersøger og modellerer – langt mere end det fagfaglige indhold. Det er et paradigme, vi skal slippe – vi skal bevæge os væk fra et bestemt, konkret fagfagligt indhold, som alle skal lære – for vi vil altid være bagefter – udviklingen går hurtigt, og det ændrer sig hele tiden. Vi skal i stedet lære metoderne til at kunne sige; her har vi ny viden, en ny problemstilling – det er den, der er interessant, og hvordan man går til den. Så er det ikke vigtigt, at man kan Ohms lov i sig selv – men at man ved, hvordan man inddrager den og bruger den i arbejdet med en problemstilling. Eleverne skal lære en måde at tilgå verden og forstå verden på fremfor at blive små specialister, der ved rigtig meget om elektriske kredsløb. (Rambøll og Københavns Professionshøjskole, 2019, s. 75)

Her er et ekko af den lærer jeg citerede i starten af artiklen. Efterhånden som han underviste mere kompetenceorienteret, blev det mindre væsentligt for ham hvilket fagligt indhold eleverne arbejdede med. For ham var det væsentligste hvordan eleverne blev bedre til at tage aktiv del i løsningen af komplekse problemstillinger.

Uden at gå nærmere ind i diskussionen af hvad der udgør naturfagenes faglighed, er det værd at bemærke at der synes at være brug for begge metaforer for læring hvis ikke man skal miste værdifulde aspekter af elevernes læring. På den ene side kan vi ikke længere definere fagene alene ved det indhold som eleverne skal tilegne sig. På den anden side kan vi heller ikke beskrive alle de tænkelige praksisser som kan være relevante for eleverne at deltage i. Vi kan dog forsøge at indkredse hvilke situationer der er særlig velegnede til at udvikle elevernes naturfaglige kompetencer. Et væsentligt aspekt i den sammenhæng er at læringssituationen forekommer *autentisk* for eleverne.



## Autenticitet i naturfagsundervisningen

DM bygger som sagt på at viden ikke er uafhængig af den kontekst den udfoldes i. Det betyder at rammesætningen af læringskonteksten skal muliggøre at eleverne kan komme til at deltage på fagligt relevante måder. En udbredt måde at beskrive dette på er ved at sige at naturfagsundervisningen skal finde sted i “autentiske situationer”. Sfard udfordrer dog denne opfattelse:

I de fleste tilfælde er det ikke særlig klart hvordan behovet for at disobjektificere viden og “sætte den ind i en sammenhæng” skal opfattes. I science- og matematikdidaktiske kredse bliver udsagn om videns iboende kontekstualitet ofte opfattet som påstande om at naturvidenskabelige og matematiske begreber kun kan læres meningsfuldt i “autentiske” sammenhænge (se fx Heckman & Weissglass, 1994). Men som det nu er ved at blive klart, så er autentiske situationer for matematik- og science-elever, svarende til håndværkeres værksteder, ekstremt vanskelige at finde. (Sfard, 1998, s. 10)

Sfard siger her at det er vanskeligt at opnå autenticitet i undervisningen selv om det ville være meningsfuldt ud fra et deltagelsesperspektiv, og da Sfard skrev sin artikel, var der muligvis kun få gode eksempler på hvordan man kunne bringe fagligheden i spil i forhold til verdenen udenfor.

Her har verden ændret sig betydeligt siden 1998 idet uddannelsesstrategiske målsætninger som Åben Skole sammen med et hav af udviklingsprojekter i årevis har forsøgt at bygge bro mellem skoler og det omgivende samfund (Sølberg, 2016). Det skorter derfor ikke på muligheder for at skabe en eller anden grad af *samfundsmæssig autenticitet*, som Dolin (2002) beskriver det. Dolin forklarer at autenticitet (set fra elevernes perspektiv) også kan findes som *personlig autenticitet*, hvis eleverne oplever at undervisningen er meningsfuld i forhold til deres hverdag, eller hvis de opnår ejerskab af udfordringerne i undervisningen (Dolin, 2002, s. 225). En variant af autenticitet er *faglig autenticitet*, hvor eleverne får mulighed for at opleve og arbejde med naturfagene på måder som afspejler reel naturvidenskabelig praksis. Dolin argumenterer for at man næppe kan finde alle tre former for autenticitet i samme undervisningsforløb, men at alle tre rummer den nødvendige kobling til noget oprindeligt eller meningsfuldt til at kunne udgøre grundlaget for en “autentisk læreproces”. Dette er ikke kun motiverende for eleverne, men også med til at gøre eleverne i stand til at indgå produktivt i lignende situationer i fremtiden.

En nyere og sammenlignelig tilgang er den såkaldte scenariedidaktik hvor elever sættes i situationer hvor de *i fællesskab simulerer eller udfolder en meningsfuld praksis* (Bundsgaard, Misfeldt & Hetmar, 2012, s. 30). Scenariedidaktikken er ikke særlig udbredt inden for naturfagene, men den indeholder mange af de samme ambitioner som kompetencemålene inden for naturfagene lægger op til. I praksis handler det om

at iscenesætte situationer som forekommer meningsfulde for eleverne at beskæftige sig. Gennem deres håndtering af situationerne anvender eleverne deres faglige kompetencer til at frembringe relevante produkter. Der arbejdes gerne med simuleringer af situationer som eleverne kan tænkes at møde i deres liv, og på den måde lægges der op til at eleverne øver sig på lignende fremtidige situationer.

Det er således langt fra umuligt at gøre undervisningen autentisk i den ene eller anden forstand i dag. Udfordringen ligger dog stadig i hvad dette gør for forståelsen af fagligheden, og hvordan vi evaluerer at eleverne opnår kompetencer som muligvis først kommer til udtryk i en ukendt fremtid.

### *Evaluering af naturfaglige kompetencer*

Det har længe været veletableret at måden vi evaluerer på, har stor betydning for elevernes læring (se fx Black & Wiliam, 1998; Prodrömuou, 1995). Det er således vigtigt hvilket perspektiv man anskuer læreprocessen med, da det har konsekvenser for elevernes læring såvel som lærernes undervisning. Med andre ord er det ikke ligegyldigt hvorvidt vi bruger TM eller DM når elevernes naturfaglige kompetencer evalueres.

Hvis man udelukkende anskuer læring ud fra TM, hvor viden opfattes som en iboende egenskab hos den enkelte elev, kan kvaliteten af denne viden i princippet evalueres når som helst og hvor som helst. Dette er praktisk da man antager at konteksten for evalueringen ikke betyder noget for resultatet. Det har imidlertid vist sig ikke at være tilfældet da evaluering, læringsmål og pædagogik hænger intimt sammen (Dolin et al., 2017). Man kan muligvis godt slippe afsted med at evaluere elevernes faktuelle viden ud fra TM, men der er en stigende opmærksomhed på at kompetencer hverken meningsfyldt kan eller bør evalueres uafhængigt af konteksten (Tougaard et al, 2019).

Sfard skriver i sin artikel:

På DM-sproget kan man ikke tale om noget permanent i hverken menneskelige besiddelser eller menneskelige træk. Den nye metafor betoner interessen for mennesker "i gang" snarere end for mennesker "som sådan". At være i gang betyder at befinde sig i en stadig strøm. En opmærksomhed rettet mod forandring der aldrig holder op, indebærer at man må afstå fra permanente etiketter. En handling kan være smart, eller den kan være forgæves, men disse tillægsord siger intet om den agerende. For den lærende står alle muligheder altid åbne selv hvis vedkommende bærer på en historie fyldt med nederlag. Det ser altså ud som om DM i modsætning til TM bringer et budskab om evigtvarende håb: i dag handler du på én måde, i morgen kan du sagtens handle anderledes. (Sfard, 1998, s. 9)

Sfard taler her meget positivt om DM som en frisættende måde at anskue læring på. Ud fra hendes udlægning bliver det dog vanskeligt at evaluere en elev på en meningsfuld måde. I DM forstås læreprocessen som at eleverne bliver bedre og bedre

til at deltage i en given kontekst. Dermed er der ikke umiddelbart noget endemål at holde eleverne op imod da man kan deltage på mange forskellige måder som hver især kan være lige gode. Kompetencemål kan ses som en måde at forsøge at beskrive hvordan eleverne forventes at kunne deltage i en given praksis på et givet tidspunkt i deres uddannelse. Således kan man sige at indførelsen af kompetencemål var en måde at gøre DM mere operationel på, selv om det fortsat er en udfordring at evaluere de naturfaglige kompetencer i praksis.

En anden pointe med ovenstående citat om DM er at fejl og nederlag ikke nødvendigvis anses for at være udtryk for en dårlig præstation, da disse afspejler at eleverne faktisk deltager aktivt. Desuden antages det at eleverne lærer gennem deres fejl hvordan de skal håndtere lignende situationer en anden gang. Hermed tilbyder DM muligvis en kur mod den meget omtalte "nulfejlskultur", idet fejl anerkendes som læring og ikke som mangler så længe de er med til at ændre elevernes forudsætninger for at tage del i andre sammenhænge.

Ved at benytte DM bliver kvaliteter såsom originalitet, engagement, initiativ, kreativitet eller selvstændighed mere synlige og kan dermed gøres til genstand for evaluering. Sådanne kvaliteter ender ofte som *skjult læring* (Sølberg et al., 2015, s. 205-213) forstået som et læringsudbytte der ikke anerkendes eksplicit af lærerne, men som ikke desto mindre påvirker lærernes vurdering af elevernes faglige præstation i positiv retning. Det er ikke almindeligt at tænke på disse kvaliteter som relevante aspekter af naturfaglig kompetence da den slags anses for at være mere generelle end naturfaglige. Men det er oplagt for de fleste lærere at en elev som fx udviser særlig originalitet i sit naturfaglige arbejde, bør honoreres for det. Hvis ikke lærerne er i stand til at anerkende den slag kvaliteter i deres naturfagsundervisning, bliver eleverne aldrig fuldt ud opmærksomme på hvad de er i stand til at udrette inden for naturfagene (ibid.).

Vi har endnu ikke set mange konkrete eksempler på hvordan man kan evaluere elevernes naturfaglige kompetencer i den daglige undervisning, og det er en af de største udfordringer for udbredelsen af kompetenceorienteret undervisning. Men ud fra DM bliver det klar at man ikke kan forvente at kunne evaluere eleverne ud fra et enkelt nedslag som en test. Udgangspunktet for en troværdig evaluering af elevernes naturfaglige kompetencer må bygge på multiple og alsidige undersøgelser af deres evne til at deltage i forskellige faglige kontekster. Det er den eneste måde vi kan vide at deres præstation ikke bare er et udtryk for heldige omstændigheder, men reelt udgør et beredskab til at handle som står mål med de udfordringer vi stiller dem overfor.

Mange af de formelle prøver er kun i ringe grad gearet til at evaluere elevernes kompetence (se fx Bundsgaard og Kreiner, 2018). Den fællesfaglige prøve i naturfagene har imidlertid nogle egenskaber som, ud fra et deltagelsesperspektiv, gør den ganske egnet til evaluering af de naturfaglige kompetencer. Her evalueres eleverne på baggrund af deres forudgående projektarbejde i fællesfaglige forløb og indkredsning af en

selvvalgt problemstilling, hvilket betyder at eleverne i princippet har gode muligheder for at udvise kompetence i løbet af eksamen. Men en undersøgelse af det første år med den fælles naturfagsprøve foretaget af VIA, UCC og Rambøll viste at lærerne i udpræget grad ikke var klædt på til at undervise kompetenceorienteret:

I det omfang der arbejdes med naturfaglige kompetencer i undervisningen, så sker det typisk implicit, dvs. det bedrives ud fra en forestilling om at elever automatisk tilegner sig undersøgelseskompetence ved at lave undersøgelser af en vilkårlig art. Der er behov for at både lærere og elever får et begreb og et sprog om de centrale kompetencer og deres forskellige fremtrædelsesformer/delaspekter så der kan arbejdes eksplicit og reflekteret med dem. (Krogh & Daubjerg, 2018)

Dermed har eleverne ikke haft mange muligheder for at lære hvad det vil sige at udvise naturfaglig kompetence. Lærerne har heller ikke særlig gode forudsætninger for at evaluere elevernes kompetencer – hverken i undervisningen eller til eksamen. Lærerne har brug for DM for at forstå at undersøgelseskompetence ikke tilegnes af eleverne automatisk når de undersøger noget. Den opstår kun ved at eleverne systematisk får mulighed for at beskæftige sig med autentiske faglige udfordringer hvor undersøgelser indgår som et centralt element. Det kræver med andre ord bevidst planlægning og italesættelse.

Jeg argumenterer således for at en væsentlig udfordring for implementeringen af konstruktiv brug af kompetenceorienteret naturfagsundervisning handler om, at vi ikke er vant til at tænke ud fra DM. Her tyve år efter Sfards artikel dominerer TM fortsat tænkningen i grundskolen. Hvis ikke vi opnår en mere udbredt og systematisk brug af DM, overser vi væsentlige aspekter af elevernes læreproces. Mange lærere har allerede et meget nuanceret syn på elevernes læring, og mange kan sikkert genkende essensen af DM. Men vi har brug for at anvende DM mere bevidst og eksplicit når vi taler om kompetenceorienteret naturfagsundervisning. Det er mit håb at Sfards beskrivelse af de to metaforer kan blive et konstruktivt bidrag til dette.

## Litteraturliste

- Anderson, J. R., Greeno, J. G., Reder, L. M., & Simon, H. A. (2000). Perspectives on Learning, Thinking, and Activity. *Educational Researcher*, 29(4), 11-13.
- Black, P., & Wiliam, D. (1998). Assessment and classroom learning. *Assessment in Education: principles, policy & practice*, 5(1), 7-74.
- Bundsgaard, J. & Kreiner, S. (2019). *Undersøgelse af De Nationale Tests måleegenskaber*. Aarhus Universitet, Danmark.

- Bundsgaard, J., Misfeldt, M., & Hetmar, V. (2012). Udvikling af literacy i scenariebaserede undervisningsforløb. *Viden om læsning*, 2012(12), 29-36.
- Dolin, J. (2002). Fysikfaget i forandring. Ph.d.-afhandling. Roskilde University, Danmark.
- Dolin, J., Nielsen, J. A., & Tidemand, S. (2017). Evaluering af naturfaglige kompetencer. *Acta Didactica Norge – nasjonalt tidsskrift for fagdidaktisk forsknings- og utviklingsarbeid*, 11(3), 1-28.
- Dreier, O. (1999). Uddannelse og læring i praksis På sporet af praksis (Vol. 7): Undervisningsministeriet, Uddannelsesstyrelsen.
- Elmose, S. (2007). *Handlekompetence og pædagogisk kompetence i en reflektiv modernitet*. Aalborg Universitet, Danmark.
- Elmose, S. (2018). Naturfaglig kompetence i ministeriets udlægning: kan læreren bruge begrebet som målkategori? *MONA* (2), 38-56.
- Elmose, S., & Sillasen, M. K. (2013). Naturfaglig kompetence og IBSE-Model for evaluering af elevers kompetenceudvikling i undersøgelsesbaseret naturfagsundervisning Science competence and IBSE. *Nordic Studies in Science Education*, 9(2), 99-112.
- Jensen, T. H. (2007). Udvikling af matematisk modelleringskompetence som matematikundervisningens omdrejningspunkt – hvorfor ikke. *Tekster fra IMFUFA*, 458. Roskilde Universitet, Danmark.
- Hansen, R. (2015). At styre efter målet i matematik – hvad ved vi egentlig om elevers og læreres målorientering? *MONA* (1), 7-23.
- Harlen, W., Crick, R. D., Broadfoot, P., Daugherty, R., Gardner, J., James, M., & Stobart, G. (2002). A systematic review of the impact of summative assessment and tests on students' motivation for learning. EPPI-Centre, University of London, UK.
- Højgaard, T., Sølberg, J., Bundsgaard, J., & Elmose, S. (2010). Kompetencemål i praksis – foranalysen bag projektet KOMPIS. *MONA* (3), 7-29.
- Krogh, L. B., & Daugbjerg, P. (2018). Fællesfagligheden til prøve: udfordringer i første års implementering af den fælles prøve i naturfagene i folkeskolen. *MONA* (4), 28-54.
- Nielsen, K., & Kvale, S. (1999). *Mesterlære: Læring som social praksis*. København: Hans Reitzels Forlag.
- Lave, J., & Wenger, E. (1991). *Situated Learning – Legitimate Peripheral Participation*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Nielsen, S. S. (2015). Fælles Mål og modelleringskompetence i biologiundervisningen-forenkling nødvendig for fortolkning. *MONA* (4), 2-43.
- Nielsen, S. S., & Nielsen, J. A. (2019). A Competence-Oriented Approach to Models and Modelling in Lower Secondary Science Education: Practices and Rationales Among Danish Teachers. *Research in Science Education*, 1-29.
- Rambøll og Københavns Professionshøjskole. (2019). Undersøgelse af kompetencebehov blandt naturfaglærere i grundskolen: Styrelsen for Undervisning og Kvalitet, Børne- og Undervisningsministeriet.

- Ropohl, M., Nielsen, J. A., Olley, C., Rönnebeck, S., & Stables, K. (2018). The concept of competence and its relevance for science, technology and mathematics education *Transforming assessment* (3-25): Springer.
- Prodromou, L. (1995). The backwash effect: From testing to teaching. *ELT Journal*, 49(1), 13-25.
- Sfard, A. (1998). On Two Metaphors for Learning and the Dangers of Choosing Just One. *Educational Researcher*, 27(2), 4-13.
- Sølberg, J. (red.) (2016). Praksiskortlægning til arbejdet med en national naturvidenskabsstrategi. Københavns Universitet, Danmark.
- Sølberg, J., Bundsgaard, J., & Højgaard, T. (2015). Kompetencemål i praksis – hvad har vi lært af KOMPIS? *MONA* (2), 46-59.
- Tougaard, S., Sølberg, J., & Markmann, B. (2019). Evalueringstilgange i naturfag i grundskolen. Naturfagenes Evaluerings- og Udviklingscenter (NEUC).

## English abstract

*The purpose of this article is to discuss competency-oriented science teaching in Denmark in relation to Anna Sfard's 1998 article: On two Metaphors for Learning and the Dangers of Choosing Just One. I reintroduce the idea of the acquisition metaphor and the participation metaphor as two fundamentally different ways of describing learning processes. Next, I argue that the participation metaphor can be particularly useful in discussions regarding conceptualisation of science competencies, of teaching for science competencies, and of what assessment of science competencies entails. The article reiterates Sfard's important message that both metaphors are necessary to avoid losing important information about student learning.*

# Blokmodellen: en oversat repræsentation i dansk matematikundervisning?



Pernille  
Bødtker Sunde,  
VIA University  
College



Lóa Björk  
Jóelsdóttir,  
VIA University  
College



Pernille  
Ladegaard  
Pedersen,  
VIA  
University  
College

**Abstract:** Blokmodellen er en visuel model, der anvendes i problemløsning, bl.a. til at hjælpe eleverne med at genkende regnearter. Visualiseringer anvendes i matematikundervisning som redskab, eller repræsentationsmodel, til at understøtte udvikling af begrebsforståelse og problemløsningsprocesser. Med udgangspunkt i Bruners repræsentationsformer (konkret, visuel og abstrakt), foreslår vi en konceptuel model for Repræsentationsbaserede Oversættelsesstrategier i Problemløsning (ROP-modellen). I denne artikel introducerer vi blokmodellen og giver et kort rids af de internationale erfaringer. Vi præsenterer her de første erfaringer med at implementere blokmodellen i matematikundervisningen på mellemtrinnet, set fra et lærer- og undervisningsperspektiv, i forbindelse med projektet TRACK (Teaching Routines and Content Knowledge).

## Introduktion

I forbindelse med forskningsprojektet TRACK (Teaching Routines and Content Knowledge) har vi arbejdet med introduktionen af blokmodellen som redskab til visualisering i problemløsning.

TRACK er et forsknings- og udviklingsprojekt målrettet matematikundervisningen i 4. til 6. klasse. Projektet er støttet af Trygfonden og er blevet til i et samarbejde mellem VIA University College og Trygfondens Børneforskningscenter. Målet med projektet er at undersøge effekten på elevernes faglige udvikling og lærernes praksis af en intervention som bygger på udvalgte elementer fra det Singaporeanske curriculum (Ministry of Education, 2012). Et af disse elementer er blokmodellen.

Blokmodellen er en skematisk model hvor et matematisk problem repræsenteres ved blokke som viser problemets forskellige elementer og deres indbyrdes relationer (figur 1). Denne visuelle repræsentationsform er vidt udbredt, især i asiatiske lande. Det er en

model til visualisering med det formål at hjælpe eleverne til at genkende regnearter og dermed støtte løsningsprocessen særligt i arbejdet med problemløsning inden for de fire regnearter. I denne artikel præsenterer og diskuterer vi vores første erfaringer med introduktion og implementering af blokmodellen som repræsentationsform i matematikundervisningen i forbindelse med forskningsprojektet TRACK. Vi giver først en generel introduktion til blokmodellen og præsenterer nogle af de internationale erfaringer med brug af blokmodellen som repræsentationsform i forhold til at styrke elevers forståelse og kompetence i problemløsning. Herefter giver vi eksempler på foreløbige erfaringer fra TRACK-projektets pilotfase såvel som et bud på de udfordringer og potentialer vi ser i brugen af blokmodellen i matematikundervisning i en dansk kontekst.

### *TRACK Teaching Routines and Content Knowledge*

Den overordnede målsætning i TRACK er at undersøge hvordan matematikundervisning kan udvikles i et praksisfællesskab blandt matematiklærere med udgangspunkt i nye undervisningsmaterialer udviklet med inspiration fra Singapore. Denne praksisudvikling understøttes ved en intervention. Målet med interventionen i TRACK er:

- at understøtte matematiklærernes udvikling af kompetencer og viden om de specifikke elementer hentet fra Singapores curriculum samt at støtte lærernes udvikling af egen praksis
- at udvikle elevernes viden og færdigheder i problemløsning og brug af forskellige repræsentationer
- at udvikle de lokale professionelle læringsfællesskaber på skolerne vha. kollegial sparring og samarbejde.

Selve interventionen består af en række lærerkurser samt specielt udarbejdet undervisningsmateriale til eleverne. I løbet af 4. til 6. klasse deltager lærerne i 5-7 årlige kursusdage, og til hvert klassetrin er udarbejdet elevbøger der dækker ca. et halvt skoleårs undervisning. I TRACK har vi valgt at fokusere på mellemtrinnet da projektet beskæftiger sig med mange forskellige aspekter af matematik, bl.a. brøker og ligningsløsning. Blokmodellen som præsenteres i denne artikel, er kun en del af projektets fokus.

Vi har valgt at tage udgangspunkt i Singapore da internationale undersøgelser af skolelevernes faglige viden har vist at der generelt er et højt fagligt niveau i flere asiatiske lande (fx TIMSS 2015: Mullis et al., 2016), og særligt Singapore har siden starten af 80'erne opnået en unik fremgang. Det Singaporeanske curriculum og matematikundervisning bygger på didaktiske teorier af bl.a. Bruner (1964), Vygotsky (1978), Dienes (1971), Skemp (1976) og Polya (1956). Problemløsning samt en tydelig og fagligt begrundet progression står således centralt i matematikundervisningen.



I TRACK har vi valgt at fokusere på 1) problemløsning som en integreret del af undervisning med et bevidst arbejde med de fem elementer metakognition, processer, begreber, færdigheder og indstillinger og 2) en konsekvent brug af Bruners (1964) tre repræsentationsformer konkret, ikonisk og abstrakt, som forkortes CPA (Concrete-Pictorial-Abstract). Tankerne er ikke ukendte for danske lærere, og de anvendes i forskellig form i danske lærebøger. Det nye hvad angår TRACK, er den konsekvente brug af CPA og den strukturerede og velafprøvede progression der støtter elevernes læringsproces. Som en særlig ikonisk repræsentation eller visualisering i forbindelse med problemløsning arbejdes med blokmodellen som er det element i TRACK som denne artikel beskæftiger sig med.

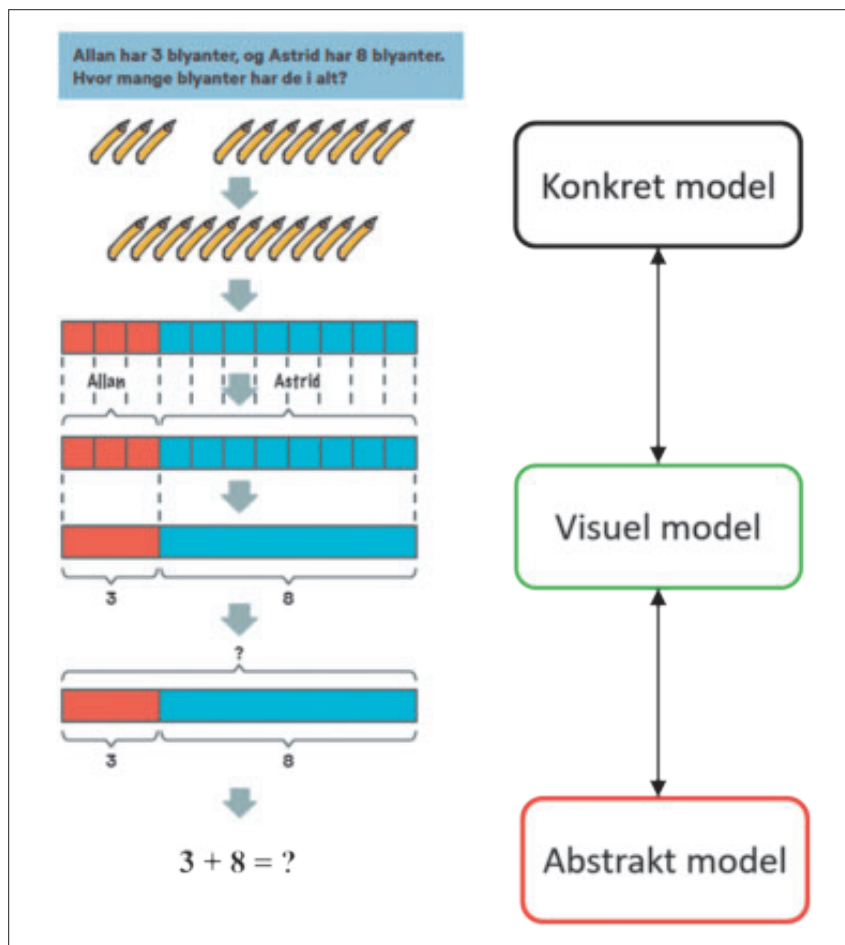
## Blokmodellen som visuel model i problemløsning

Blokmodellen, kaldet “model method” eller “bar model” på engelsk, blev udviklet og introduceret i 80'erne og 90'erne i Singapore som en skematisk model til problemløsning (Kho et al., 2014). Denne form for visualisering kendes også under begrebet “tape diagram” eller “strip diagram” (se et eksempel fra USA i Beckmann, 2017). I singaporeansk matematikundervisning anvendes blokmodellen konsekvent. Der undervises således systematisk i metoden fra 1. klasse (Novotná et al., 2018), og den anvendes som redskab i hele uddannelsessystemet til fx avancerede problemløsnings-situationer og ligningsløsning.

Blokmodellens teoretiske fundament bygger bl.a. på Bruners (1964) CPA udviklingsfaser eller repræsentationer: den konkrete, ikoniske og abstrakte. Blokmodellen er udviklet som et særligt redskab til at aktivere den ikoniske fase, altså skabe en oversættelse fra den konkrete til den ikoniske repræsentation. Modellen bygger endvidere på Greenos (1983) “part-part-whole” (del-del-helhed) og skemabaserede tilgang til problemløsning.

Overordnet er blokmodellen en skematisk fremstilling af et problems forskellige elementer og relationerne imellem dem. Rektangler, eller blokke, repræsenterer de enkelte *dele*, og blokkenes relative størrelse og placering repræsenterer elementernes indbyrdes relationer (figur 1). Med andre ord: Differentiering af blokkenes længder bliver brugt til at repræsentere talstørrelse, og jo længere blokken er, jo større er tallet den repræsenterer. Desuden kan et tal blive repræsenteret som en sum af dele.

I modellen arbejdes endvidere med *kendte* og *ukendte dele*, og det er i samspillet mellem visualiseringen af problemets *dele*, deres indbyrdes relationer og hvilke *dele* der er kendte og ukendte, at nøglen til at genkende regnearter eller oversættelsen til den abstrakte, algebraiske løsning ligger. Denne form for visualisering kan dermed støtte elevernes udvikling af konceptuel forståelse af de fire regnearter, brøker, forhold (ratio) og procent samt løsning af tekststopgaver (Kho et al., 2014).



**Figur 1.** Et eksempel på hvordan blokmodellen er en oversættelse fra de sproglige elementer til en ikonisk visuel repræsentation. De enkelte blokke repræsenterer de kvantitative elementer i problemet. Her er endvidere vist oversættelsen fra den konkrete repræsentation via den ikoniske (visuelle) og til den endelige abstrakte repræsentation, dvs. selve regnestykket. Eksemplet er fra elevmaterialet til TRACK-projektet.

Før vi går i detaljer med forskellige typer af blokmodeller og modellens anvendelighed, forholder vi blokmodellen og dens egenskaber til forskellige aspekter af problemløsning.

### Problemløsning og didaktisk brug af modeller

Problemløsningskompetencen består i at kunne opstille og løse matematiske problemer (Niss & Højgaard Jensen, 2002). Problemer adskiller sig fra opgaver ved at den der skal løse problemet, ikke umiddelbart har eller kender til en løsningsmetode. Problemløsning er den proces som gennemføres for at løse et problem (Højgaard Jen-

sen, 2009). Her beskæftiger vi os primært med problemer i form af tekstopgaver hvis løsning involverer de fire regnearter. For at kunne løse et sådant problem kræves mere end gode regnefærdigheder. Problemløsning handler ofte om at finde værdien af “den ukendte”. Man skal altså kunne oversætte sproglige konstruktioner til de forskellige elementer i problemet og forstå deres indbyrdes relationer. Problemløsning er således en kompleks proces som kræver viden, heuristiske metoder, metakognitive processer samt læsekompetence (Verschaffel et al., 2000).

Bruner (1964) beskriver at for at forstå og løse et problem skal man enten 1) kunne forholde sig til det konkret eller udføre det i praksis, 2) kunne visualisere det eller 3) kunne symbolisere det (abstrakt) ved hjælp af sprog eller ved at opstille et algebraisk udtryk eller et regneudtryk. Disse tre repræsentationer kan altså ses som forskellige løsningsstrategier eller modeller til problemløsning. Uanset hvilken løsningsstrategi man vælger, er det centralt at man kan skabe en model for relationerne imellem problemets forskellige elementer. Det gælder uanset om problemet i sin oprindelige form optræder i tekstform eller i grafisk form (grafer, diagrammer osv.).

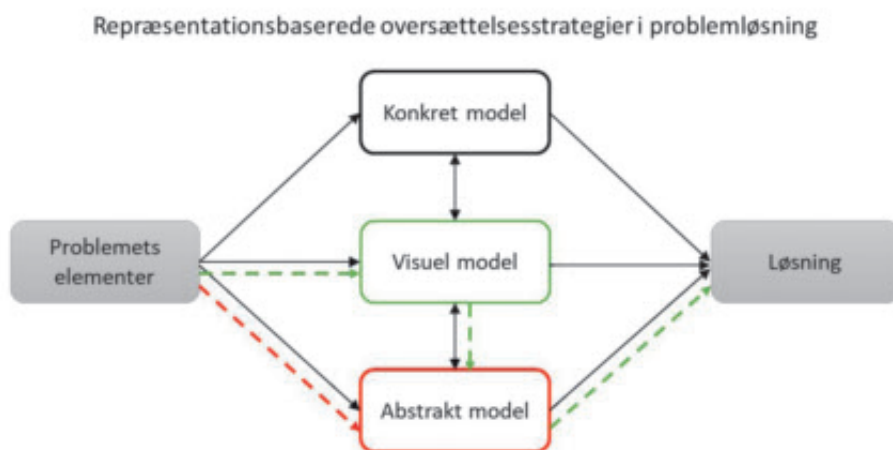
I en konstruktivistisk og realistisk tilgang til undervisning og læring, som fx den hollandske “Realistic Mathematics Education” (RME), er didaktisk brug af modeller i elevernes læreproces en central del (Van Den Heuvel-Panhuizen, 2003). Her ses modeller som en repræsentation af selve problemet eller situationen. Kravene til en model i RME er at den dels skal indeholde elementer der fungerer som realistiske repræsentationer af kontekst eller “virkelighed”, og dels skal være tilstrækkelig fleksibel til at kunne anvendes på et mere avanceret eller generelt niveau. Blokkmodellen indeholder alle disse elementer og kan dermed støtte elevernes begrebsudvikling da eleverne udvikler modellen og ændrer brugen af den i takt med deres egen læring og begrebsforståelse (Van den Heuvel-Panhuizen, 2003).

### *Model for repræsentationsbaserede oversættelsesstrategier i problemløsning (ROP)*

Med udgangspunkt i ovenstående og med inspiration fra Kho et al. (2014) har vi udarbejdet en konceptuel model, ROP-modellen (figur 2). Modellen beskriver de mulige strategier til løsning af problemet via Bruners (1964) tre repræsentationsmodeller samt samspillet imellem de tre. Der er således forskellige veje fra oversættelsen af problemets sproglige elementer til den endelige løsning. Modellen beskriver hvordan man kan vælge repræsentation fleksibelt efter det aktuelle problems egenskaber og egne færdigheder og kompetencer.

Figur 2 viser hvordan forskellige typer modeller kan indgå i løsningen af et problem. Problemets forskellige elementer repræsenteres i enten konkret, visuel/ikonisk eller abstrakt form i de tre modeller. Fra den enkelte model kan man enten oversætte til en af de andre modeller eller finde en løsning. En vigtig pointe er således at man

kan bevæge sig imellem de forskellige modeller og evt. også direkte fra en konkret til en abstrakt model (se figur 4 for et eksempel på hvordan der arbejdes med alle tre repræsentationsmodeller i TRACK-materialet). Mange elever oplever vanskeligheder ved at oversætte elementerne i et problem og deres indbyrdes relationer direkte til en abstrakt repræsentation, som fx et aritmetisk regneudtryk eller en algebraisk model (Kieran, 2006; Verschaffel, Schukajlow, Star & Van Dooren, 2020). Her kan den visuelle model være en støtte i den proces og et vigtigt led i arbejdet med konceptuel forståelse i algebra og tidlig algebra (Chu et al., 2017; Kho et al., 2014).



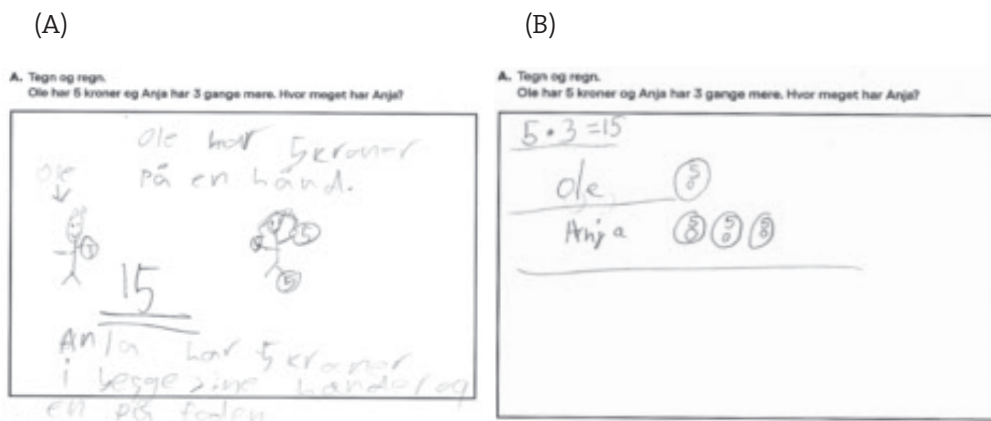
**Figur 2.** Model for repræsentationsbaserede oversættelsesstrategier i problemløsning. Modellen illustrerer oversættelsen af problemets elementer via forskellige repræsentationsmodeller. Man kan gå flere veje og oversætte fra en model til en anden i løbet af processen, også direkte fra den konkrete til den abstrakte model. Den direkte vej fra problem til løsning gennem den abstrakte model, fx algebraisk, er ofte vanskelig for eleverne. Her kan en visualiseringsmodel fungere som oversættelsesled til fx det algebraiske udtryk.

Brugen af modeller og visualisering i problemløsning er således en adaptiv fleksibel strategi idet man kan vælge (eller fravælge) den model og visualisering der passer til det pågældende problem og ens egne behov og evner (Verschaffel et al., 2009).

### Visuelle modeller og algebraisk løsning

Visualisering er et vigtigt aspekt i matematikundervisning og læring (Arcavi, 2003). Visualisering i tekstopgaver handler om at oversætte sproglige elementer til visuelle repræsentationer, som kan være i billedform eller skematisk. Visualiseringer i form af billeder der kun viser de objekter (mennesker, dyr, ting osv.) som indgår i problemet, men ikke deres indbyrdes relationer og størrelsesforhold, vil sandsynligvis ikke under-

støtte elevernes udvikling af strategier til problemløsning (fx figur 3, A). Skematiske diagrammer eller modeller som netop tydeliggør de indbyrdes relationer og forhold mellem problemets elementer (fx figur 3, B), er langt mere succesrige som visuelle modeller i forhold til at støtte eleverne i problemløsningen (Kribbs & Rogowsky, 2015).



**Figur 3.** Eleveksempler på visualisering hvor problemets elementer er gengivet som billeder af de objekter der indgår i problemet (A), og en mere ikonisk model hvor relationerne imellem elementerne er tydelige (B).

For at skematiske modeller kan fungere som en visuel støtte i problemløsning, kræver det ifølge Ho & Lowrie (2014) at eleven kan 1) oversætte problemets elementer til en visualisering som kan bruges til løsningen, 2) kan tegne en korrekt model og 3) kan oversætte modellen til en korrekt matematisk symbolsk løsning. Det kan dog volde vanskeligheder for eleverne at konstruere matematisk korrekte tegninger som effektivt kan støtte i løsningsprocessen. Men undervisning der understøtter udvikling af strategier til visualisering, kan støtte eleverne i selv at konstruere sådanne tegninger (Rellensmann, Schukajlow & Leopold, 2017). Verschaffel et al. (2020) fremhæver netop i deres review af forskning i tekstopgaver at effekten af brug af visualiseringsmodeller er størst når eleverne selv konstruerer modellerne som et led i problemløsningsprocessen og ikke bare får dem præsenteret som en del af en opgave.

Den algebraiske repræsentation eller en ikkevisuel analytisk løsningsstrategi (den abstrakte model i ROP, figur 2) er det der traditionelt arbejdes hen imod at eleverne tilegner sig i grundskolens matematikundervisning. I læseplanen til faget hedder det fx for fagområdet tal og algebra 4.-6. klassetrin om ligninger:

“Begreberne og udviklingen af metoder kan (...) løsrives fra støttende repræsentationer, fx sådan, at eleverne arbejder med ligninger, der er repræsenteret i symbolsprog” (Undervisningsministeriet, 2019, s. 45)

Et eksempel på hvordan vi arbejder med dette i TRACK, kan ses i figur 4.

Det at oversætte direkte fra fx sproglige elementer i et problem til et algebraisk udtryk volder vanskeligheder for mange elever. Netop den visuelle tilgang kan fungere som støtte i denne oversættelse (Kho et al., 2014; Lowrie & Kay, 2001; Verschaffel et al., 2020), og her er især blokmodellen effektiv, men det kræves at der arbejdes bevidst med denne oversættelse, hvis ønsket er at eleverne skal slippe den visuelle repræsentation (Kho et al., 2014). Det er vigtigt at understrege at blokmodellen ikke skal betragtes som en algoritme, men som en fleksibel repræsentationsform (Ng & Lee, 2009).

## Tre hovedtyper af blokmodeller

Der er overordnet tre forskellige typer af blokmodeller som repræsenterer forskellige typer af problemer: 1) del-helhed, 2) sammenligning og 3) ændring eller vækst.


### *Del-helhed*

I denne model er der en relation mellem *det hele* og *delene*, fx (tabel 1, A): Søren køber en T-shirt for 180 kr. og sokker for 40 kr. Hvor meget har han købt for i alt? Her er to kendte *dele*, nemlig "180" og "40", samt en ukendt størrelse, nemlig "i alt" eller *det hele*. Regneudtrykket vil være af formen  $del + del = helhed$ . Det kan visualiseres med blokmodellen, som det kan ses i tabel 1. Tabel 1 giver eksempler på blokmodeller der visualiserer *del-helhed* i forskellige tekstopgaver inden for de fire regnearter. Når *delene* er af forskellig størrelse, er der tale om addition og subtraktion: addition når *det hele* er ukendt, og subtraktion når en *del* er ukendt. Når *delene* er af samme størrelse, er der tale om multiplikation og division. Det er multiplikation når *det hele* er ukendt, mens det er division når enten antallet i hver *del* eller antallet af *dele* er ukendt.

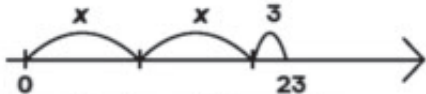
### *Sammenligning*

Ved sammenligning sammenlignes to elementer. I eksempel A i tabel 2 sammenlignes fx fars og Mads' alder: Far er 3 gange så gammel som Mads. Faren er 36 år gammel. Hvor gammel er Mads? Der indgår altså to *dele* (fars og Mads' alder) og et *forhold* (far er 3 gange så gammel) i modellen. Som ved *del-helhed*-modellen kan de enkelte elementer i modellen alle være ukendte. Det afhænger selvsagt af selve problemet eller situationen som modellen visualiserer. I tabel 2 kan ses eksempler på forskellige tekstopgaver med tilhørende blokmodel. Ved en sammenligning tegnes altid en blok for hvert af de elementer der sammenlignes.


Farfar John har 23 tændstikker i alt. 3 ligger på bordet, og resten er delt lige mellem de to æsker. Hvor mange tændstikker er der i hver æske?  
Kan du finde det hemmelige tal?



Vi kan tegne på tallinjen:



Eller vi kan tegne blokmødel:




Vi kan også skrive en ligning:

$$x + x + 3 = 23$$

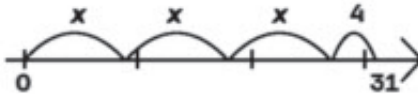
$$2 \cdot x + 3 = 23$$

$$x = \underline{\quad}$$

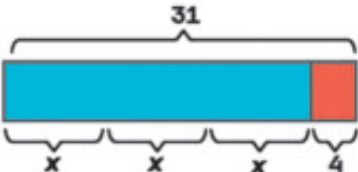
Jonas er skolelærer i 4. klasse. Han har taget i alt 31 centicubes. 4 ligger på bordet, og resten er delt lige mellem 3 poser. Hvor mange centicubes er der i hver pose?  
Kan du finde det hemmelige tal?



Vi kan tegne på tallinjen:



Eller vi kan tegne blokmødel:




Vi kan også skrive en ligning:


$$x + x + x + 4 = 31$$

$$3 \cdot x + 4 = 31$$

$$x = \underline{\quad}$$



Løs ved at dele tændstikker og centicubes i bunker.



Figur 4. Eksempel på oversættelse af de sproglige elementer i et problem til det algebraiske udtryk via konkrete og visuelle repræsentationer. Eksemplet er fra elevmaterialet til TRACK-projektet.

Tekstopgave	Blokmodel	Regneudtryk
A: Søren køber en T-shirt for 180 kr. og sokker for 40 kr. Hvor meget har han købt for i alt?		$180 + 40 = ?$
B: Der går 424 børn på Byskolen. 219 er drenge. Hvor mange er piger?		$424 - 219 = ?$
C: Sidste år fik Amalie 200 kroner i fødselsgave. I år fik hun 3 gange mere. Hvor mange kroner fik hun i år?		$3 \cdot 200 = ?$
D: Der er 21 elever i 4.A. Klassen skal deles i 7 lige store grupper. Hvor mange elever kommer i hver gruppe?		$21 : 7 = ?$
E: Der er 21 elever i 4.A. Hvor mange grupper kan der laves i 4.A, hvis der skal være 3 elever i hver gruppe?		$21 : 3 = ?$

Tabel 1. Eksempler på blokmodeller af typen del-helhed. Bemærk at der for division er to modeller afhængigt af om det er "antal i hver del" eller "antallet af dele" som er kendt.

### Ændring eller vækst

Her viser modellen relationen mellem en ny værdi af en mængde eller et antal og den oprindelige værdi efter en øgning/stigning eller en reduktion/fald. Ser vi på eksempel A i tabel 3, er den nye værdi 90 efter en reduktion på 9: En T-shirt koster 99 kr. Prisen sættes nu ned med 9 kr. Hvad er den nye pris? Kender vi stigningen eller reduktionen, kan vi finde den nye værdi ud fra den oprindelige værdi og omvendt (tabel 3).

I arbejdet med brøker og procent har blokmodellen den styrke at en blok kan repræsentere en hel eller 100%. Denne blok kan så igen deles op i det relevante antal brøkdele eller i 100 eller 10, hvis der arbejdes med procent. Elever som har arbejdet



med blokmодellen i forbindelse med brøker (fx ved brug af konkrete materialer i form af blokbrikker eller brøkstænger) og decimaltal, kan via blokmодellen skabe sammenhængen mellem brøk, decimaltal og procent. Blokmодellen fungerer som et fleksibelt redskab, og er brøken større end en hel, fx  $4/3$ , så er det nemt at illustrere i blokmодellen. I tabel 3 kan ses to eksempler (B og C) på hvordan brøk- og procentopgaver, som mange grundskoleelever nok vil finde udfordrende, kan visualiseres ved hjælp af blokmодellen. Det korrekte regneudtryk er herefter, for mange, nemmere at finde.

Tekstopgave	Blokmодell	Regneudtryk
<p>A: Far er 3 gange så gammel som Mads. Faren er 36 år gammel. Hvor gammel er Mads?</p>		$36 : 3 = ?$
<p>B: Lone har tjent 120 kr., og Sara har tjent 30 kr. Hvor mange gange større er Lones beløb end Saras?</p>		$120 : 30 = ?$
<p>C: Ibo har 5 muffins og Mia har 2 færre end Ibo. Hvor mange har Mia?</p>		$5 - 2 = ?$

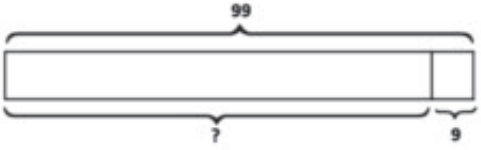
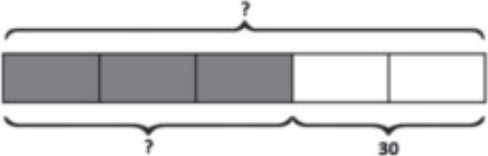
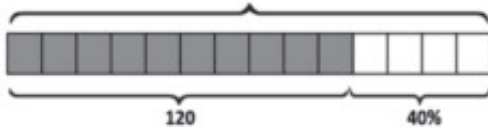
Tabel 2. Eksempler på blokmодeller af typen sammenligning. I A og B er der tale om forholds-situationer, og i C en forskelssituation.

### Blokmодellens mulighed for progression

Centralt for brug af blokmодellen i Singapores curriculum er den progression som er indarbejdet i modellen. Det vil sige at eleverne kan anvende repræsentationen på alle klasstrin til løsning af problemer af meget forskellig sværhedsgrad og kompleksitet.

Et eksempel på en opgavetype som kan findes i Singapores curriculum for 4. klasse, er følgende: Berit har 4 gange så mange appelsiner som Arne. I alt har de 95 appelsiner. Hvor mange appelsiner har Berit flere end Arne? I tabel 4 er vist en række forskellige

opgaver konstrueret ud fra samme kontekst, men med stor variation i kompleksitet. Progressionen kan ses som en proces gående fra løsning af simple aritmetiske problemer til mere komplekse problemer inden for tidlig algebra. Det særlige er at der løbende arbejdes med hvor den "ukendte" findes i modellen, og hvordan den står i forhold til de "kendte" elementer.

Tekstopgave	Blokmodel	Regneudtryk
<p>A:</p> <p>En T-shirt koster 99 kr. Prisen sættes nu ned med 9 kr. Hvad er den nye pris?</p> <p>Eller</p> <p>En T-shirt koster nu 99 kr. Prisen er lige blevet sat op med 9 kr. Hvad kostede den før?</p>		$99 - 9 = ?$ eller $? + 9 = 99$
<p>B:</p> <p>En T-shirt er blevet 30 kr. dyrere. Prisen er vokset med <math>\frac{2}{3}</math> af den oprindelige pris.</p> <p>(i) Hvad kostede T-shirten før?</p> <p>(ii) Hvad koster den nu?</p>		<p>(i)</p> $2 \text{ dele} = 30$ $1 \text{ del} =$ $30 : 2 = 15$ $3 \text{ dele} =$ $3 \cdot 15 = ?$ <p>(ii)</p> $5 \text{ dele} =$ $5 \cdot 15 = ?$
<p>C:</p> <p>En T-shirts indkøbspris er 120 kr. Butikken sælger den 40% over indkøbsprisen.</p> <p>(ii) Hvor meget er lagt til indkøbsprisen?</p> <p>(i) Hvad koster T-shirten i butikken?</p>		<p>(i)</p> $10 \text{ dele} = 120$ $1 \text{ del} = 12$ $4 \text{ dele} =$ $4 \cdot 12 = ?$ <p>(ii)</p> $14 \text{ dele} =$ $14 \cdot 12 = ?$

Tabel 3. Eksempler på blokmodeller ved en ændring. B og C er eksempler på brøk og procent i blokmodellen.

Historie	Blokmødel	Regneudtryk
<p>A: Arne har 20 appelsiner. Berit har 4 gange så mange. (i) Hvor mange appelsiner har Berit? (ii) Hvor mange appelsiner er der i alt?</p>		<p>(i) 1 del = 20 4 dele = <math>4 \cdot 20 = ?</math> (ii) 1 del = 20 5 dele = <math>5 \cdot 20 = ?</math></p>
<p>B: Berit har fire gange så mange appelsiner som Arne. Berit har 48 appelsiner. (i) Hvor mange appelsiner har Arne? (ii) Hvor mange appelsiner er der i alt?</p>		<p>(i) 4 dele = 48 1 del = <math>48 : 4 = ?</math> (ii) 5 dele = <math>5 \cdot 12 = ?</math> Eller <math>48 + 12 = ?</math></p>
<p>C: Berit har fire gange så mange appelsiner som Arne. Berit har 42 appelsiner flere end Arne. (i) Hvor mange appelsiner har Arne? (ii) Hvor mange appelsiner har Berit? (iii) Hvor mange appelsiner er der i alt?</p>		<p>(i) 3 dele = 42 1 del = <math>42 : 3 = ?</math> (ii) <math>14 \cdot 4 = ?</math> (iii) <math>14 \cdot 5 = ?</math> eller <math>56 + 14 = ?</math></p>
<p>D: Berit har 4 gange så mange appelsiner som Arne. I alt har de 95 appelsiner. (i) Hvor mange appelsiner har Arne? (ii) Hvor mange appelsiner har Berit? (iii) Hvor mange appelsiner har Berit flere end Arne?</p>		<p>(i) 5 dele = 95 1 del = <math>95 : 5 = ?</math> (ii) <math>19 \cdot 4 = ?</math> (iii) <math>19 \cdot 3 = ?</math> eller <math>76 - 19 = ?</math></p>

Tabel 4. Eksempler på blokmødel ved komplekse sammenligningssituationer og med progression i kompleksitet og sværhedsgrad.

## Internationale erfaringer med blokmodellen

Studier af effekten af visualiseringer viser at især elevernes egne visualiseringer har en effekt på elevernes succes i problemløsning (Verschaffel et al., 2020), og at matematisk korrekte tegninger, modsat de mere naturalistiske illustrationer (som fx i figur 3), har størst effekt. Her er især skemabaserede visualiseringer tilsyneladende mest succesfulde (Verschaffel et al., 2020). Undersøgelser specifikt af blokmodellens effekt på elevers kompetencer i problemløsning i Singapore såvel som i resten af verden finder således overvejende positive effekter (Kaur, 2019). Enkelte større studier viser at blokmodellen har en effekt på elevernes forståelse af et tekstbaseret problem samt deres løsnings succes (Ho & Lowrie, 2014). Dette overordnede mønster bekræftes af en række studier med mindre robust design (Koleza, 2015; Morin et al., 2017; Osman et al., 2018).

Der er modstridende resultater på hvorvidt blokmodellen er lige givtig for alle alders- og elevgrupper. Nogle studier peger på at blokmodellen er særlig udbytterig for fagligt udfordrede elever (fx Morin et al., 2017). Fx fandt Morin et al. (2017) at elever i 3. klasse i matematikvanskeligheder oplevede effekt af en intervention rettet mod problemløsning i tekstopgaver med blokmodellen som redskab. Resultaterne viste at brugen af blokmodellen som strategi i løsningen af problemopgaver forbedrede elevernes evne til at løse opgaverne korrekt. Derudover øgedes elevernes brug af kognitive strategier, såsom at omformulere problemet, tegne en model og tjekke resultatet. Et andet studie tyder på at lavt præsterende 6.-klasselever præsterer lavere når de præsenteres for blokmodeller i forbindelse med tekstopgaver, og at 7.- og 8.-klasselever har større udbytte end 6.-klasselever af blokmodellen (Booth & Koeninger, 2012). Det er dog vigtigt at pointere at i dette studie var blokmodellen en del af opgaven; eleverne skulle ikke selv fremstille en model, men kunne anvende en på forhånd givet model som led i løsningsprocessen.

I et større studie af 607 singaporeanske 6.-klasselevers brug af blokmodellen i problemløsning fandt Ho & Lowrie (2014) at hovedparten af de elever som valgte at bruge blokmodellen, løste opgaverne korrekt. De elever som ikke løste opgaven korrekt, tegnede for hovedpartens vedkommende en korrekt model som repræsenterede problemets elementer, men de var ikke i stand til at oversætte modellen til den abstrakte matematik og altså lave den korrekte udregning. Ho & Lowrie (2014) fandt endvidere at hvis relationerne mellem problemets elementer er nemme at overskue, vælger mange elever ikke at bruge blokmodellen eller en anden visuel repræsentation.

Blokmodellen er dog ikke altid det mest hensigtsmæssige redskab til visualisering i problemløsning, især ikke hvis der indgår flere forskellige typer af relationer mellem elementerne i problemet. Det er derfor vigtigt at elever lærer at bruge metoden fleksibelt så der ikke opstår "prototypiske" forståelser eller billeder som begrænser brugen af metoden. Det kan resultere i ufleksibel tænkning (Ho & Lowrie, 2014). Hvis

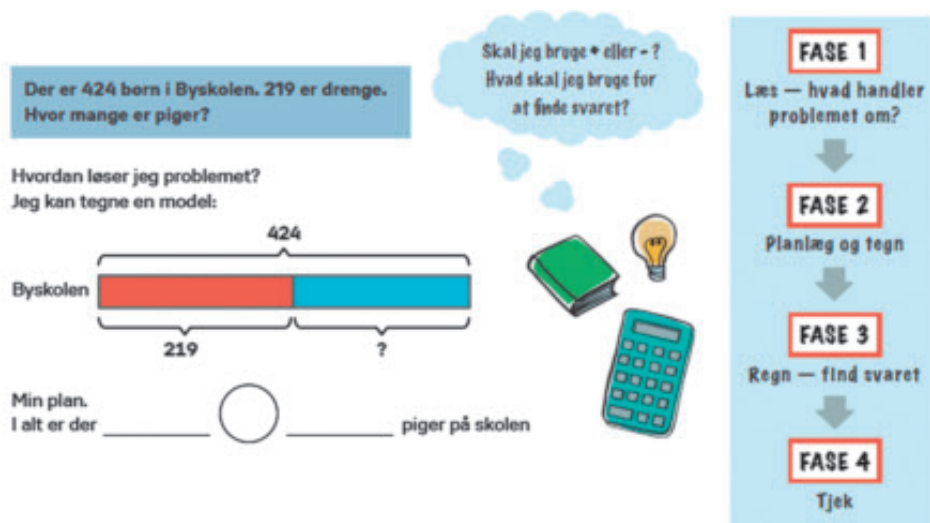
modeller, som blokmодellen, skal støtte læreprocessen, skal modellerne fungere som et led i forståelsesprocessen og ikke blot introduceres som en "ny" metode.

"it is not the models in themselves that make the growth in mathematical understanding possible, but the students' modeling activities" (Van Den Heuvel-Panhuizen, 2003, s. 29)

Ovenstående studier tyder på at anvendelse af blokmодellen i matematikundervisningen kan støtte elevernes udvikling af konceptuel forståelse og give dem et redskab til visualisering i problemløsning. Det kræver dog at eleverne er fortrolige med denne form for model, har ejerskab for modellen og selv oversætter elementerne i problemet til modellen, dvs. at de bruger modeller og visualiseringer adaptivt fleksibelt.

## De første erfaringer: blokmодellen i dansk praksis

I TRACK introduceres blokmодellen i 4. klasse som en del af arbejdet med problemløsning inden for de fire regnearter. Der arbejdes systematisk med de tre repræsentationer konkret-ikonisk-abstrakt (CPA) baseret på Bruners (1964) repræsentationsmodeller samt at oversætte imellem repræsentationer så eleverne arbejder med alle dele af ROP-modellen. Eleverne arbejder med metakognitive problemløsningsstrategier baseret på (Polya, 1956 – se højre side af figur 5), og blokmодellen introduceres som en del af Polyas fase 2 med visualisering af problemet. Et eksempel fra materialet T-MAT i 4. klasse kan ses i figur 5.



Figur 5. Et eksempel på hvordan brugen af blokmодeller i problemløsning introduceres for eleverne i 4. klasse. Til højre ses hvordan Polyas firefasemodel fungerer som støtte i problemløsningsprocessen. Fra elevmaterialet i TRACK.

TRACK startede i skoleåret 2018/19 og er fortsat i skoleåret 2019/20. Her deltog 11 skoler med 22 klasser og 24 matematiklærere og -vejledere. Nedenfor beskrives de første erfaringer med introduktionen af blokmodellen set fra lærernes perspektiv. For at følge lærernes udvikling og oplevelse af de forskellige elementer og tiltag i projektet indsamlede vi noter og evalueringer fra kursusdagene, data via spørgeskemaer samt fokusgruppeinterviews. Det er lærernes udtalelser fra disse datakilder som danner grundlaget for det følgende.

Introduktionen af blokmodellen har ikke været problemfri, og både lærere og elever har oplevet frustrationer. I starten af 4. klasse, hvor lærere og elever møder blokmodellen første gang, siger lærerne fx: "Eleverne har svært ved at skelne mellem de forskellige modeller. De er ikke vokset op med det. Men det er nok ikke kun det. Det er svært for eleverne at finde ud af hvilken regneart de skal bruge." At eleverne har svært ved at skelne modellerne fra hinanden, kan være et udtryk for at grundmodellen er den samme, men det er placeringen af "den ukendte" i modellen og *delenes* relative størrelse der adskiller regnearterne. Derfor er en logisk negativ konsekvens at det kan være svært at skelne mellem om det er *delene* eller *helheden* der fokuseres på. Hvis den ukendte er *helheden*, er det addition og multiplikation, og er den ukendte en af *delene* eller antallet af dele, er det subtraktion eller division. Det skal sammenholdes med om delene er lige store, så det er multiplikation eller division, eller om delene er af forskellig størrelse, så det er subtraktion eller addition (se fx tabel 1). Modsat er tanken bag blokmodellen at skabe denne sammenhæng for eleven så fx sammenhængen mellem addition og subtraktion skabes. Figur 6 viser et eksempel på hvordan der arbejdes med dette i TRACK.

Hvilke regnearter tænker jeg på?  
+, -, • eller :

Sammenlign blokmodellerne.  
Hvad er ens, og hvad er forskelligt?

- I C og D
- I A og C
- I B og D
- I A og B

Hvilke regnearter tænker jeg på?


Figur 6. Et eksempel fra TRACK-materialet der viser hvordan der arbejdes med at se forskelle og ligheder i blokmodeller for de forskellige regnearter.

Det er dog interessant at efterhånden som TRACK-projektet skred frem, og eleverne havde arbejdet med blokmodellen i 4. klasse, fik vi flere positive tilbagemeldinger fra lærerne. De oplevede at den støtter elevernes udvikling af strategier til problemløsning og tekstopgaver, samt at den støtter elevernes konceptuelle forståelse af de fire regnearter. Omkring midten af 4. klasse, hvor lærere og elever var lidt mere fortrolige med blokmodellen, mødte vi således udsagn som: "For mine elever er blokmodellen en fin hjælp i problemløsning til at finde ud af regnearter" og "blokmodellen er nu blevet et værktøj eleverne støtter sig til". Men nogle lærere oplevede også udfordringer: "Jeg er stadig i tvivl om mine elever er helt sikre på hvad de skal gøre hvis jeg siger blokmodel". At eleverne ifølge lærerne begyndte at opleve at blokmodellen er en måde at visualisere og finde regnearter på, kan ses som en positiv udvikling i bru-

gen af modellen, men samtidig tyder det på at nogle elever ikke har fået “ejerskab” til modellen – eller er bevidste om hvordan blokmodellen kan bruges som redskab.


Vi har endnu ikke systematisk undersøgt elevernes brug af visualiseringer i problemløsning, men i figur 7 kan ses et par eksempler fra midten af 4. klasse. Her ses at nogle elever tydeligt demonstrerer at de kan oversætte elementerne i problemet til en blokmodel. Elev A og B viser således en begyndende stilisering af tegningen, hvor elev C tegner en egentlig blokmodel.


**Opgavetekst:**

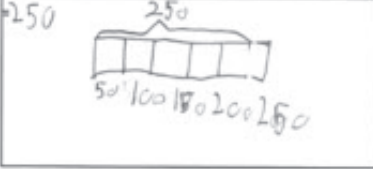


**Tegn og regn.**  
4.D har 250 kr. tilbage i klassekassen, som de skal bruge til at købe pizzaer til en klassefest. Hvor mange pizzaer kan de købe?

**Elevsvar:**

(A) 

(B) 

(C) 

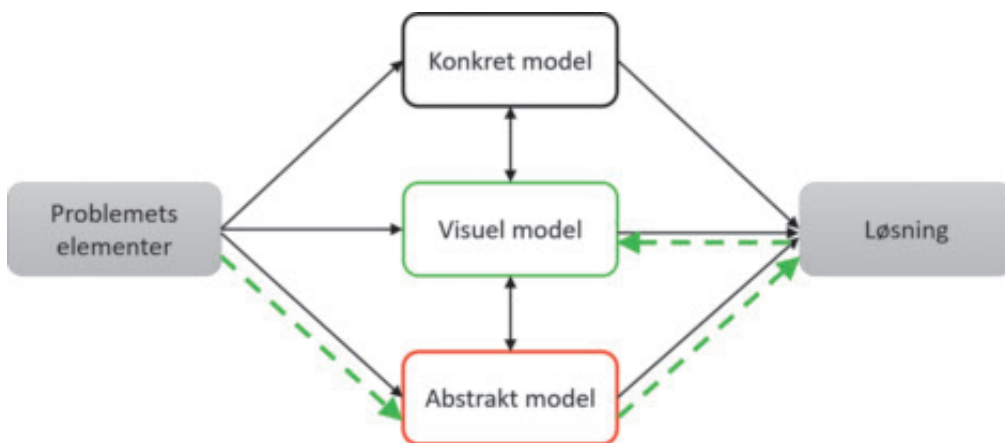
Figur 7. Eleveksempler fra evalueringsopgaver i TRACK fra midten af 4. klasse, hvor man tydeligt ser tre forskellige stadier i visualiseringen hen imod en egentlig blokmodel (C).

I 5. klasse er lærernes oplevelser med blokmodellen langt overvejende positive, og vi mødte udsagn som: “Svage elever har godt af at blive støttet af konkrete materialer, blokmodeller og tegninger”. At blokmodellen bliver en støtte til elever som har vanskeligheder i faget, er positivt, særligt hvis det giver dem mulighed for også at følge og løse mere komplekse problemer. Med andre ord er det interessant at følge om brugen af blokmodellen skaber nye muligheder for undervisningsdifferentiering.

Som det fremgår af eksemplerne, er det ikke uproblematisk at introducere nye elementer i matematikundervisningen, og et udsagn som “nogle elever gør det omvendt: starter med at lave regnestykket og tegner blokmodellen bagefter” viser at der er en risiko for at visualiseringen bliver et mål i sig selv og ikke det tiltænkte redskab. I ROP-modellen kan man sige at disse elever løser problemet ved at gå via den abstrakte model, men at de derefter bevæger sig baglæns fra selve løsningen,



evt. via den abstrakte model, til den visuelle model (figur 8) – altså at de opfatter den visuelle model som den endelige løsning. I den indledende fase med at introducere eleverne til selve blokmодellen er det nok ikke uundgåeligt, men det er vigtigt at være bevidst om det så eleverne kan støttes i at bruge modellen som en løsningsstrategi når det er relevant.

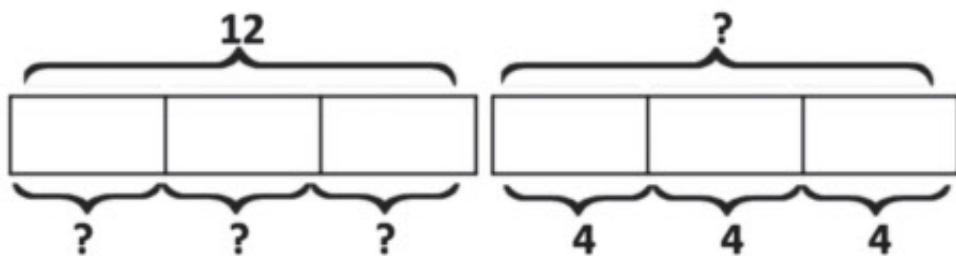


**Figur 8.** Et eksempel på hvordan elever der opfatter blokmодellen som et mål i sig selv, og som ikke oplever problemet tilstrækkelig vanskeligt, finder løsning via den abstrakte model og derefter konstruerer blokmодellen.

Ovenstående eksempel hænger formodentlig sammen med at nogle elever finder det uforståeligt at skulle tegne blokmодellen når de sagtens kan gennemskue hvad de skal gøre uden. De kan med andre ord håndtere problemstillingen direkte via den abstrakte model: “blokmодellen giver ikke mening for alle elever. Dem der kan regne i hovedet, synes det er irriterende at tegne”, “opgaverne er for simple til at de kan se meningen med modellen”. I Singapore introduceres blokmодellen parallelt med at regnearterne introduceres, så eleverne er fortrolige med denne repræsentationsform allerede fra 1. klasse. Det er en model som kræver tilvænning, og den må nødvendigvis introduceres vha. simple problemer. Det er derfor forbundet med udfordringer at introducere den i 4. klasse hvor mange elever er så fortrolige med fx additions- og subtraktionssituationer at de sagtens kan gennemskue hvordan problemet skal løses, uden brug af en visuel repræsentation. For eleven er “problemet” altså ikke et egentligt problem der skal løses, men har snarere karakter af en opgave (jf. Højgaard Jensen, 2009). Det kan derfor være vanskeligt for eleverne at se meningen med at anvende en sådan model (Ho & Lowrie, 2014). Hvis vi tager afsæt i ROP-modellen, så er nogle elever i stand til at arbejde i den abstrakte fase uden brug af den visuelle repræsentation som blokmодellen giver. De risikerer at opleve blokmодellen som en rigid form

for algoritme som de skal lave for at “gøre læreren glad”. Her foreslår lærerne selv at der arbejdes med problemer som “er sværere for eleverne, så de bliver ‘tvunget’ til at bruge blokmodellen”.

Det tager tid at tilegne sig nye arbejdsmetoder, og en lærer oplever da også at “eleverne har svært ved at huske hvordan de bruger blokmodellerne”, i starten af 5. klasse. At læreren her bruger “huske”, er interessant. Blokmodellen skal jo netop ikke anvendes som en fastlåst metode der skal huskes, men som et fleksibelt værktøj eller strategi. Vi kan også se at lærernes indstilling og engagement i forhold til introduktionen af blokmodellen har indflydelse på hvordan lærerne oplever at eleverne tager modellen til sig, og deres opfattelse af om det er en hjælp for eleverne. En lærer fortæller fx at hun til 5. klasse selv har lavet blokmodeller til en opgave som eleverne fandt særlig svær, og delt ark ud til elever hvor disse er på: “Det fik gang i en snak om gangefamilien. Når man laver division, er der fire forskellige blokmodeller – hvilke skal man bruge? Eleverne havde deres egen huskeregel om at når der var to forskellige objekter, skulle man bruge to blokke.” Hun har tydeligvis taget blokmodellen til sig, og hun arbejder målrettet mod at støtte eleverne i at anvende den som redskab. I den pågældende situation viser hun at hun selv bringer blokmodellen ind som et redskab til at støtte elevernes forståelse af gangefamilierne, altså sammenhænge mellem  $3 \cdot 4 = 12$  og  $12 : 3 = 4$  osv. (figur 9). Dette er et godt eksempel på hvordan blokmodellen støtter elevernes konceptuelle forståelse af regnearterne.



Figur 9. Et eksempel på hvordan blokmodeller kan anvendes i arbejdet med gangefamilier.

## Perspektiver

Der er ingen tvivl om at visualisering generelt støtter læreprocessen. I forbindelse med problemløsning inden for de fire regnearter kan især skematiske modeller være et vigtigt redskab til at støtte oversættelsen fra de sproglige elementer til et algebraisk eller aritmetisk udtryk.

Mange lærere kender og underviser i metakognitive strategier til problemløsning, som fx Polyas (1956) fire faser (jf. figur 5), men visualiseringen af problemet kan opleves

udfordrende for eleverne (Rellensmann et al., 2017). Her giver blokkmodellen lærerne en strategi eller et redskab til at stilladsere hvordan man kan visualisere et problem på en måde så sammenhænge bliver tydelige. Undervisning i strategier til visualisering, såsom blokkmodellen, har vist sig at styrke elevernes egne konstruktioner af matematisk korrekte modeller (Rellensmann et al., 2017). Blokkmodellens skematiske form gør det også muligt at sammenligne forskellige situationer, herunder regnearterne, så ligheder og forskelle træder tydeligt frem.

I dette projekt er det tydeligt at både elever og lærere kan opleve frustrationer og udfordringer, hvilket kun er forventeligt. Blokkmodellen bliver kun et relevant værktøj hvis både elever og lærere forstår modellen og ikke mindst dens begrænsninger. Nogle af de undervisningsmæssige udfordringer vi oplever, er at blokkmodellen er unødvendig for nogle af eleverne på mellemtrinnet fordi problemstillingerne er for lette. Eleverne oplever altså at der ikke er tale om "rigtige" problemer (se fx Højgaard Jensen, 2009). Da eleverne ikke har arbejdet med blokkmodellen tidligere, har det været nødvendigt at introducere den ved meget simple tekstopgaver så eleverne (og lærerne) har kunnet blive fortrolige med den. Det har medført at nogle elever har haft svært ved at tage modellen til sig. Morin et al. (2017) påpeger da også at modellen bør indføres tidligt i skoleforløbet for at støtte forståelsen af de mere fundamentale tekstopgaver. Derefter kan lærerne bygge på denne konceptuelle forståelse af blokkmodellen når mere komplekse problemer introduceres på ældre klassetrin. Erfaringerne fra dette udviklingsprojekt fra mellemtrinnet viser da også at blokkmodellen med fordel kan indføres i de yngste klasser. På enkelte af skolerne gik lærerne selv i gang med denne proces.

Ud fra de første erfaringer med at introducere blokkmodellen i forbindelse med et pilotprojekt i 4.-5. klasse mener vi at modellen har et potentiale som redskab for elevernes udvikling af konceptuel forståelse og som støtte i oversættelsen fra tekstopgave og til regnestykke i arbejdet med problemløsning.

I denne artikel har vi præsenteret erfaringer med introduktionen af blokkmodellen baseret på lærernes oplevelser. Vi har endnu ingen data på elevernes udbytte af modellen. I forbindelse med TRACK-projektet vil det være relevant at undersøge i hvilken udstrækning elever anvender modeller baseret på visualiseringer i problemløsning, og i hvilken grad det bidrager til deres succes.

## Referencer

- Arcavi, A. (2003). The role of visual representations in the learning of mathematics. *Educational Studies in Mathematics*, 52(3), (s. 215-241). <https://doi.org/10.1023/A:1024312321077>.
- Beckmann, S. (2017). *Mathematics for elementary teachers with activities* (5. udgave). Boston: Pearson.

- Booth, J.L. & Koedinger, K.R. (2012). Are diagrams always helpful tools? Developmental and individual differences in the effect of presentation format on student problem solving. *British Journal of Educational Psychology*, 82(3), (s. 492-511). Set 20.03. 2020 på <https://doi.org/10.1111/j.2044-8279.2011.02041.x>.
- Bruner, J.S. (1964). The course of cognitive growth. *American Psychologist*, 19(1), (s. 1-15). Set 20.03. 2020 på <https://doi.org/10.1037/h0044160>.
- Chu, J., Rittle-Johnson, B. & Fyfe, E.R. (2017). Diagrams benefit symbolic problem-solving. *British Journal of Educational Psychology*, 87(2), (s. 273-287). Set 20.03. 2020 på <https://doi.org/10.1111/bjep.12149>.
- Dienes, Z.P. (1971). *The elements of Mathematics*. New York: Herder and Herder.
- Greeno, J.G. (1983). Conceptual Entities. I: D. Stevens (red.), *Mental models* (s. 227-252). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Ho, S.Y. & Lowrie, T. (2014). The model method: Students' performance and its effectiveness. *The Journal of Mathematical Behavior*, 35, (s. 87-100). Set 20.03. 2020 på <https://research-profiles.canberra.edu.au/en/publications/the-model-method-students-performance-and-its-effectiveness>.
- Højgaard Jensen, T. (2009). Modelling versus problemløsning – om kompetencebeskrivelser som kommunikationsværktøj. *MONA: Matematik- og Naturfagsdidaktik*, (2), (s. 37-54). Set 20.03. 2020 på <https://tidsskrift.dk/mona/article/view/36216>.
- Kaur, B. (2019). The why, what and how of the 'Model' method: a tool for representing and visualising relationships when solving whole number arithmetic word problems. *ZDM*, 51(1), (s. 151-168). Set 20.03. 2020 på <https://doi.org/10.1007/s11858-018-1000-y>.
- Kho, T.H., Yeo, S.M. & Fan, L. (2014). Model method in Singapore primary mathematics textbooks. I: K. Jones, C. Bokhove, G. Howson & L. Fan (red.), *International Conference on Mathematics Textbook Research and Development 2014 (ICMT-2014), 29-31 July 2014* (s. 275-282). University of Southampton.
- Kieran, C. (2006). Learning and teaching algebra at the middle school through college levels. I: F.K. Lester (red.), *Second Handbook of Research on Mathematics Teaching and Learning* (s. 707-762). Information Age Publishing.
- Koleza, E. (2015). The bar model as a visual aid for developing complementary/variation problems. I: K. Krainer & N. Vondrová (red.), *CERME 9 – Ninth Congress of the European Society for Research in Mathematics Education* (s. 1940-1946). Set 20.03. 2020 på <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01288480>.
- Kribbs, E., & Rogowsky, B. A. (2015). A Review of the Effects of Visual-Spatial Representations and Heuristics on Word Problem Solving in Middle School Mathematics. *International Journal of Research in Education and Science*, 2(1), 65. Hentet via Googlesøgning 20.03. 2020 på doi:10.21890/ijres.59172.

- Lowrie, T. & Kay, R. (2001). Relationship Between Visual and Nonvisual Solution Methods and Difficulty in Elementary Mathematics. *The Journal of Educational Research*, 94(4), (s. 248-255). <https://doi.org/10.1080/00220670109598758>.
- Ministry of Education (2012). *Mathematics syllabus: Primary one to five*. Singapore: Ministry of Education, Curriculum Planning and Development Division.
- Morin, L.L., Watson, S.M.R., Hester, P. & Raver, S. (2017). The Use of a Bar Model Drawing to Teach Word Problem Solving to Students With Mathematics Difficulties. *Learning Disability Quarterly*, 40(2), (s. 91-104). Set 20.03. 2020 på <https://doi.org/10.1177/0731948717690116>.
- Mullis, I.V.S., Martin, M.O., Foy, P. & Hooper, M. (2016). *TIMSS 2015 International Results in Mathematics*. Set 20.03 2020 på <http://timssandpirls.bc.edu/timss2015/international-results/>.
- Ng, S.F. & Lee, K. (2009). Model Method: A Visual Tool to Support Algebra Word Problem Solving at the Primary Level. I: K.Y. Wong, P.Y. Lee, B. Kaur & S.F. Ng (red.), *Mathematics Education. The Singapore Journey* (2, s. 169-203). [https://doi.org/doi:10.1142/9789812833761\\_0008](https://doi.org/doi:10.1142/9789812833761_0008).
- Niss, M. & Højgaard Jensen, T. (2002). *Kompetencer og matematiklæring – ideer og inspiration til udvikling af matematikundervisning i Danmark*. København: Undervisningsministeriet.
- Novotná, J., Bartolini Bussi, M.G., Beckmann, S., Inprasitha, M., Kaur, B., Sun, X.H.,... Askew, M. (2018). Professional Development Models for Whole Number Arithmetic in Primary Mathematics Teacher Education: A Cross-Cultural Overview. I: M.G. Bartolini Bussi & X.H. Sun (red.), *Building the Foundation: Whole Numbers in the Primary Grades. The 23rd ICMI Study* (s. 399-435). Set 20.03. 2020 på [https://doi.org/10.1007/978-3-319-63555-2\\_17](https://doi.org/10.1007/978-3-319-63555-2_17).
- Osman, S., Che Yang, C.N.A., Abu, M.S., Ismail, N., Jambari, H. & Kumar, J.A. (2018). Enhancing Students' Mathematical Problem-Solving Skills through Bar Model Visualisation Technique. *International Electronic Journal of Mathematics Education*, 13(3), (s. 273-279). Set 20.03. 2020 på <https://doi.org/10.12973/iejme/3919>.
- Polya, G. (1956). *How to solve it; a new aspect of mathematical method*. (2. udgave). Princeton, NJ, US: Princeton University Press.
- Rellensmann, J., Schukajlow, S. & Leopold, C. (2017). Make a drawing. Effects of strategic knowledge, drawing accuracy, and type of drawing on students' mathematical modelling performance. *Educational Studies in Mathematics*, 95(1), (s. 53-78). Set 20.03. 2020 på <https://doi.org/10.1007/s10649-016-9736-1>.
- Skemp, R.R. (1976). Relational Understanding and Instrumental Understanding. *Mathematics Teaching*, 77, (s. 20-26).
- Undervisningsministeriet, 2019. *Matematik Faghæfte*. Lokaliseret den 13. 03. 2020 på <https://emu.dk/sites/default/files/2020-02/GSK.%20Mat.%20Fagh%C3%A6fte.%20Februar%202020.pdf>.
- Van Den Heuvel-Panhuizen, M. (2003). The didactical use of models in realistic mathematics education: An example from a longitudinal trajectory on percentage. *Educational Studies in Mathematics*, 54(1), (s. 9-35). Set 20.03. 2020 på <https://doi.org/10.1023/B:EDUC.0000005212.03219.dc>.

- Verschaffel, L., Greer, B. & Corte, E. de. (2000). *Making sense of word problems*. Lisse: Swets & Zeitlinger.
- Verschaffel, L., Luwel, K., Torbeyns, J. & Van Dooren, W. (2009). Conceptualizing, investigating, and enhancing adaptive expertise in elementary mathematics education. *European Journal of Psychology of Education*, 24(3), (s. 335-359). Set 20.03. 2020 på <https://doi.org/10.1007/BF03174765>.
- Verschaffel, L., Schukajlow, S., Star, J. & Van Dooren, W. (2020). Word problems in mathematics education: a survey. *ZDM*, 52(1), (s. 1-16). Set 20.03. 2020 på <https://doi.org/10.1007/s11858-020-01130-4>.
- Vygotsky, L.S. (1978). *Mind and Society: The Development of Higher Psychological Processes*. Harvard University Press.

## English abstract

*In mathematics education, visualizations are used as representations to support the development of conceptual understanding and problem solving. One such model is the bar model. Based on Bruner's representations (concrete, visual and abstract), we propose a conceptual model for Representation-based Strategies in Problem Solving. We introduce the bar model, a schema based visual model, and give a brief outline of the international experience with this model. We present here the first experiences from a teacher's and teaching perspective with implementing the bar model in 4<sup>th</sup>-6<sup>th</sup> grade in the research project TRACK (Teaching Routines and Content Knowledge).*

# Naturfaglig erfaringsdannelse som kontinuitetspraksis

En undersøgelse af lærere og pædagogers vilkår for at kunne skabe kontinuitet i børns naturfaglige erfaring



Stine  
Mariegaard,  
Syddansk  
Universitet, LSUL



Christina  
Haandbæk  
Schmidt, UCL



Claus  
Michelsen,  
LSUL

**Abstract:** *Artiklen undersøger pædagoger, børnehaveklasseledere og læreres lovgivningsmæssige og praktiske organisatoriske rammevilkår for at kunne skabe kontinuitet i børns naturfaglige erfaringsdannelse i overgangene mellem hhv. daginstitution, børnehaveklasse og 1. klasse. Undersøgelsen funderes teoretisk ved en indkredsning af erfaring og kontinuitet, m.h.p. at kunne begribe overgange som kontinuitetspraksisser. De tre faggruppers rammevilkår undersøges empirisk gennem gruppeinterview og sammenlignende analyser af daginstitutionernes fælles læringsmål og skolens Fælles mål. En kvalitativ tematisk analyse peger på tre tematikker, der viser, at de tre faggrupper har forskellige rammevilkår for at skabe kontinuitet, hvilket efterlader en potentiel risiko for, at der kan opstå diskontinuitet i børns naturfaglige erfaringer.*

## Introduktion

Forskning viser at overgangen fra børnehave til skole kan være en sårbar periode for barnet da overgange er præget af forandringer. Forandringer vedrører ændring af fysiske omgivelser og relationer, skift fra en legebaseret hverdag til formel skolegang, ændrede adfærdsmæssige forventninger til barnet og skift i policy (Ackesjö, 2014; Broström, 2019; Dockett & Einarsdóttir, 2017; Little, Cohen-Vogel, & Curran, 2016). Tidligere undersøgelser har primært fokuseret på overgangsproblematikker i et ikkefagspecifikt perspektiv (Ackesjö, 2014; Boyle, Petriwskyj, & Grieshaber, 2018; Perry, Dockett, & Petriwskyj, 2013). Forskning der beskæftiger sig specifikt med STEM-fag, altså naturfag, science, matematik og samtidig forholder sig til overgange, er begrænset. Studier der kobler naturfag og børns læring, har ofte et monofagligt fokus på pædagoger i dagtilbud (Broström, 2019; Broström & Frøkjær, 2016; Ejbye-Ernst, 2013;

Thulin, 2006) eller på lærere i skolen (Ellebæk & Nielsen, 2016; Guldager, Auning, & Steiner, 2019; Nielsen, Pontoppidan, Sillasen, Morgensen, & Nielsen, 2013). Denne artikel er et bidrag til den begyndende interesse i tværprofessionelt samarbejde om overgange der bl.a. ses i (Michelsen, Petersen, & Ahrenkiel, 2017). Det er artiklens mål at skabe et kvalitativt blik på de forskellige strukturer der skaber rammevilkår for lærere og pædagogers samarbejde om kontinuitet i børns naturfaglige erfaringsdannelse i overgange mellem henholdsvis daginstitution, børnehaveklasse og 1. klasse.

Artiklens forskningsspørgsmål lyder:

*Hvilke lovgivningsmæssige og praktiske organisatoriske rammevilkår har daginstitutionspædagoger, børnehaveklasseledere og lærere for at skabe kontinuitet i barnets naturfaglige erfaringsdannelse?*

Artiklen baserer sig på en teoretisk indkredsning af erfaring, kontinuitet og naturfaglige grænseobjekter med henblik på at kunne begribe overgange som kontinuitetspraksisser mellem forskellige kontekster.

Analyserne omfatter empiriske data fra gruppeinterview med daginstitutionspædagoger, børnehaveklasseledere og lærere fra et forskningsprojekt, "Science i børnehøjde". Projektet har en interdisciplinær tilgang og er forankret og finansieret af LSUL<sup>1</sup>. Projektet er desuden støttet af en bevilling fra Lundbeckfonden. Formålet med "Science i børnehøjde" var at afprøve naturfagernes potentiale til at skabe sammenhæng i overgange mellem daginstitution, børnehaveklasse og 1. klasse med afsæt i Laboratoriemodellen (Michelsen et al., 2017). Projektet forløb over 8 måneder i 2017 og involverede børn og pædagoger/lærere fra tre daginstitutioner, tre børnehaveklasser og tre 1.-klasser. Projektet inkluderer børns eksperimenter med kuglebaner, magneter og frø og spiring. I forbindelse med projektet deltog daginstitutionspædagoger, børnehaveklasseledere og lærere i professionstværfaglige workshops med henblik på at udvikle en fælles didaktik.

Gruppeinterviewene med de involverede lærere og pædagoger er foretaget i forbindelse med opstarten af projektet, netop for at kunne undersøge deres rammevilkår forud for det initierede tværprofessionelle samarbejde. Analysen af de empiriske data suppleres med en komparativ analyse af fælles læringsmål og Fælles Mål for at kortlægge de lovgivningsmæssige rammevilkår som pædagoger, børnehaveklasseledere og lærere bærer med ind i det tværprofessionelle samarbejde. Dette er første artikel i en ph.d.-afhandling.

1 Laboratorium for Sammenhængende Uddannelse og Læring (LSUL) er et strategisk forsknings-, udviklings- og uddannelsessamarbejde mellem Det Naturvidenskabelige Fakultet ved Syddansk Universitet og professionshøjskolerne UCL og UC Syd.



## Teoretisk ramme

Erfaring er et af de mest udbredte og anerkendte begreber i (naturfags)undervisning og er anerkendt som relateret til læring (Roth & Jornet, 2014). På linje med en stor del af den naturfaglige forskning på daginstitutions- og skoleområdet (Howes, 2008; Jakobson & Wickman, 2008; Rudolph, 2005) baserer vi det teoretiske afsæt i John Deweys teori om erfaring. Ifølge Dewey bygger al læring på erfaring, men ikke alle erfaringer anses som lige lærerige – Dewey skelner mellem de erfaringer der bidrager til positiv udvikling, og dem, der ikke gør (Dewey, 1938/2015, p. 25). Vi kan ikke umiddelbart skelne mellem lærerige og ikkelærerige erfaringer – det er først når der lægges mærke til formen, herunder sammenhæng i erfaringerne, at vi har grundlag for at skelne (Dewey, 1938/2015).

Dewey (1938/2015) inddeler erfaringsbegrebet i tre principper: samspil, situation og kontinuitet. Disse tre principper indgår i en afhængig vekselvirkning hvor den ene reelt ikke kan adskilles fra den anden. Ifølge Dewey (1938/2015) er friheden til at tænke og handle central for at de naturfaglige erfaringer får en varig betydning. Dewey beskriver det fast indrettede klasseværelse med meget faste regler som indskrænkende for den intellektuelle frihed.

Dewey skelner mellem to typer af erfaringer: de forbigående og *en* erfaring. De forbigående erfaringer er kendetegnet ved at vi starter og stopper hvad vi er optaget af mentalt eller fysisk, fordi der kommer en intern eller ekstern forstyrrelse der betyder at erfaringen ikke bliver fuldendt. I kontrast til disse forbigående erfaringer defineres *en* erfaring som er den erfaring der fuldendes og materialiserer sig – den bærer sin egen kvalitet. Det kan fx være når et stykke arbejde er tilfredsstillende afsluttet, når et problem møder sin løsning, eller et måltid er slut. Kun der er der tale om *en* erfaring (Dewey (1934/2005, p. 35).

### *Kontinuitet i erfaringen*

Erfaringens kontinuitet beskriver Dewey som: "Enhver erfaring er en bevægende kraft, der lever videre i mennesket og får betydning for fremtidige erfaringsmuligheder" (Dewey, 1934/2005, p. 49). Enhver ny erfaring er forbundet til fortiden og påvirker samtidig de fremtidige erfaringer. Nye udfordringer skal have relation til de tidligere erfaringer for at bidrage til kontinuitet i erfaringsdannelsen. Hvis der er sammenhæng mellem erfaringerne, og de forstyrrer i passende grad, bidrager de til lærerige erfaringer (Biesta & Burbules, 2003). Ifølge Dewey (1934/2005) må kontinuiteten i erfaringen ses og fortolkes med afsæt i tre faktorer: fysisk/praktiske, intellektuelle og affektive. De tre faktorer må ikke løsrives fra hinanden, men må ses i en tæt relation. Det bliver dermed lærere og pædagogers ansvar at skabe kvalitet og sammenhæng i børns erfaringsdannelser ved at angive en retning (Dewey, 1938/2015). I et læringsperspektiv er det vigtigt at den professionelle opnår viden om børnenes tidlige erfaringer for at

kunne iværksætte indsatser der bidrager til kontinuitet. Med afsæt i kontinuitetens tre faktorer, fysisk/praktiske, intellektuelle og affektive, vil det ifølge Dewey ikke være nok kun at kigge på kontinuitet i faglige læringsmål.

### *Kontinuitetspraksis*

I litteraturen i disse år er der et stigende fokus på sammenhæng og kontinuitet i overgange (Ballam, Perry, & Garpelin, 2017b; Lillejord, Børte, Halvorsrud, Ruud, & Freyr, 2015). Det er dog uklart hvordan kontinuitet skal forstås teoretisk såvel som i praksis (Boyle et al., 2018). Overgangen til skole forstås på varierende måder (Ballam, Perry, & Garpelin, 2017a), fx som skoleparathed (Dockett & Perry, 2007) eller som en event (Vogler, Crivello, & Woodhead, 2008) eller som en proces (Ackesjö, 2013). Boyle et al. (2018) påpeger at risikoen ved at fokusere på overgange er at der fokuseres på den bro der ligger mellem konteksterne eller at fx børnehaveklasselæreren gøres selvstændig ansvarlig for brobygningen. Dockett and Perry (2014) fremhæver den komplekse og multifacetterede proces som er knyttet til overgange, og foreslår et skifte i tænkningen om overgange ved at forstå overgange som dynamiske processer af kontinuitet og forandring.

Når vi i denne artikel trækker på Deweys forståelse af kontinuitet, kan vi forstå børns naturfaglige erfaringer som en kontinuerlig proces gennem forskellige kontekster som forbinder tidligere erfaringer med nutidige og fremtidige. Derved forpligtes alle professionelle i processen.

En reformulering af overgange til kontinuitet må selvfølgelig adressere hvordan forandringer som følge af skift til nye kontekster kan understøttes. At skabe kontinuitet betyder ikke at børnehaven skal spejle skolen eller omvendt, men kontinuitet drejer sig om bestemte stabile og genkendelige aspekter som objekter, problemet, der undersøges, eller timens opbygning (Boyle et al., 2018; Lillejord et al., 2015), og at forandringerne bliver understøttet gennem samarbejde (Dockett & Perry, 2014).

Den daglige praksis med at skabe kontinuitet for børnene foretages af de professionelle omkring børnene. *Praksis* refererer til teorien om praksisarkitekter (Kemmis et al., 2013). Praksisarkitekterne refererer til de professionelle som former den måde praksis kan udfolde sig på i den specifikke situation. Boyle et al. (2018) fremhæver at en kontinuitetspraksis må bygge på et fælles sprog og fælles forståelser på tværs af uddannelsesniveauer mellem praksisarkitekterne. I modsat fald opstår der en stor risiko for diskontinuitet (Ballam et al., 2017a; Dewey, 1938/2015; Wilder & Lillvist, 2018).

### *Naturfagenes bidrag til kontinuitet gennem grænseobjekter*

Naturfag handler om den verden der omgiver os, og har derved et naturligt og genkendeligt genstandsfelt indlejret. Dette genstandsfelt har et særligt potentiale i skabelsen af kontinuerlige erfaringsdannelser. Kontinuitet understøttes af stabile og

genkendelige aspekter som er til stede både i ny og gammel kontekst (Boyle et al., 2018; Lillejord et al., 2015).

Børns møder med (naturfaglige) objekter på tværs af kontekster kan have betydning for kontinuiteten i erfaringsdannelsen da genkendelige og fleksible objekter kan fungere som grænseobjekter (Fabian, 2013; Hognes, 2015). Grænseobjekter inviterer til dialog og aktiv deltagelse i konstruktionen af kontinuitet (Star, 1989). Både fysiske objekter, processer og metodiske tilgange kan defineres som grænseobjekter (Hognes, 2015). En afstemt didaktisk tilgang til naturfaglige aktiviteter på tværs af kontekster kan således også defineres som grænseobjekt (Broström & Frøkjær, 2016; Hognes, 2015). I forlængelse deraf vil en undersøgelsesbaseret tilgang, baseret på en fælles naturfaglig forståelse på tværs af kontekster, kunne fungere som grænseobjekt og derved bidrage til kontinuitet.

Den undersøgelsesbaserede tilgang, tillige med erfaring og kontinuitet, har sin oprindelse i pragmatismen, med Dewey som ophavsmand (Biesta & Burbules, 2003), og dermed et fælles filosofisk og teoretisk afsæt (Biesta & Burbules, 2003). Den undersøgelsesbaserede tilgang refererer til et undervisnings- og læringsmiljø som tillader børn at konstruere viden gennem aktivt at deltage i naturfaglige undersøgelser (Decristan et al., 2015). Der er løbende debat om hvordan og hvor meget der skal guides (Christidou, Hatzinikita, & Samaras, 2012; Fridberg, Thulin, & Redfors, 2018; García-Carmona, Criado, & Cruz-Guzmán, 2017; Hollingsworth & Vandermaas-Peeler, 2017). Kirschner, Sweller, and Clark (2006) argumenterer for at et minimum af guidning er mindre effektivt end traditionel undervisning. Modsat kan en undervisning der instruerer slavisk, som når vi følger en kagebog, forhindre børnenes aktive tankeprocesser og aktive deltagelse (MariEGAard, in prep).

En undersøgelsesbaseret tilgang anses for at være særlig anvendelig og meningsfuld i børnehave- og indskolingskontekst (Senocak, Samarapungavan, Aksoy, & Tosun, 2013; Wastin & Han, 2014) da børnenes medfødte nysgerrighed kan imødekommes gennem naturfaglige aktiviteter (Engel, 2011; Osborne & Dillon, 2008). Samtidig rummer den undersøgelsesbaserede tilgang mulighed for at inkludere børnenes frie og eksperimenterende leg (Desouza, 2017).

## Metode

De empiriske data som er anvendt i denne artikel, er, som nævnt, indsamlet i forbindelse med projektet "Science i børnehøjde" og består af kvalitative gruppeinterview og interview med pædagoger, børnehaveklasseledere og lærere. Interviewene er gennemført i starten af projektet med henblik på at undersøge de professionelles tilgange og rammevilkår forud for deres opstart på egne naturfaglige praksisser. Det er således de interviewedes perspektiver på og erfaringer med deres nutidige naturfaglige aktivi-

teter inden interventionen der rapporteres. Derimod undersøger vi ikke i denne artikel hvordan deres praksisser foregår, eller hvordan disse praksisser opleves af børnene.

### *Interview*

Der er foretaget fire interview, hhv. to tværprofessionelle gruppeinterview og to monofaglige interview. Ved det ene interview bestod gruppen af en daginstitutionspædagog, en børnehaveklasseleder, en støttepædagog i børnehaveklassen og en lærer. Ved det andet interview bestod gruppen af en daginstitutionspædagog, en børnehaveklasseleder og en lærer. I det tredje interview deltog en børnehaveklasseleder, og i det fjerde interview deltog to lærere. Kendetegnet ved de to første interview er at kommunikationen foregår på tværs af professioner, hvor deltagerne har fået mulighed for sammen at udforske hvordan det at samarbejde kan bidrage til kontinuitet. Derimod er tredje og fjerde interview monofaglige; det har skabt mulighed for faglig udforskning af det tværprofessionelle samarbejde. Der er i alt ti interviewdeltagere: to daginstitutionspædagoger, fire børnehaveklasseledere og fem lærere fra 1. klasse.

Der er anvendt en semistruktureret interviewguide (Johnson & Christensen, 2014). I interviewene er der spurgt ind til tre overordnede kategorier: 1) deltagernes uddannelsesmæssige baggrunde, 2) erfaringer med naturfaglige praksisser og 3) oplevelse af sammenhæng i naturfaglige praksisser på tværs af overgange både i forhold til regulativer og de organisatoriske rammer. Alle fire interview er videofilmet for at undgå at komme til at forveksle deltagernes stemmer i transskriptionerne af interviewene.

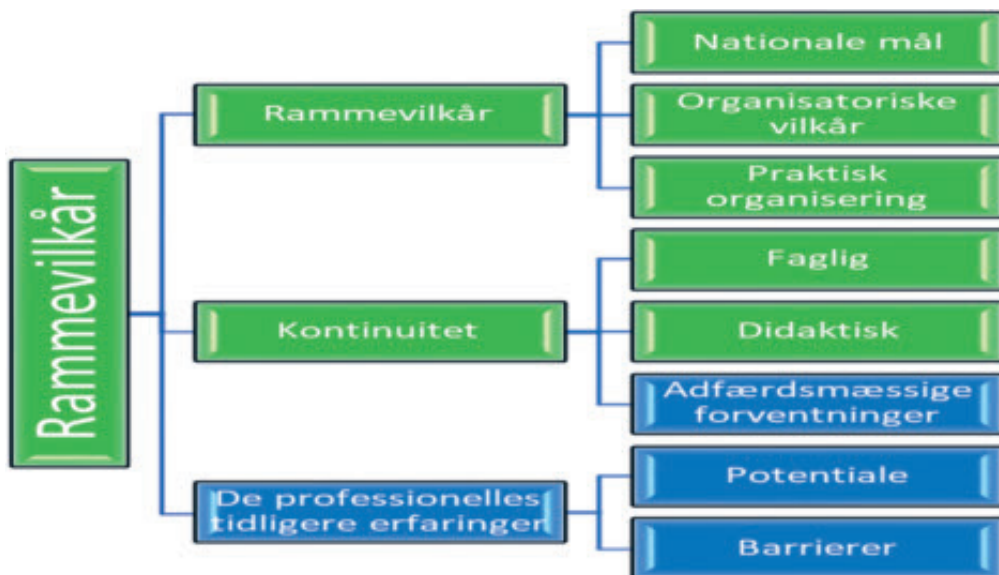
### *Kodestrategier baseret på tematisk analyse*

Det empiriske materiale er transskriberet, hvorigennem et grundigt kendskab til materialet er opnået. Dernæst er datamaterialet kodet som daginstitution, børnehaveklasse og 1. klasse for at kunne analysere hver faggruppe for sig.

Kodningen af materialet er baseret på en tematisk analyse (Braun & Clarke, 2006). Den tematiske analyse indeholder en fleksibel og klar trinvis guide bestående af 6 faser, som vi har fulgt: 1) Lær dit datasæt godt at kende, 2) skab foreløbige koder, 3) søg efter temaer, 4) gennemse temaer, 5) definér og navngiv temaerne, 6) producér rapporten. Denne trinvis guide er med til at opretholde den videnskabelige kvalitet, hvor hvert trin i processen er en bevidst overvejelse og beslutning som er baseret på teori. Formålet med en tematisk analyse er at identificere mønstre og temaer i datasættet i en detaljeret form. De tematiske koder har desuden fungeret som udvælgelseskategorier til den komparative dokumentanalyse. De identificerede temaer og koder fremgår af figur 1 i det følgende afsnit.

## Tematisk analyse

I dette afsnit vil vi udfolde to ud af de tre identificerede temaer, rammevilkår, kontinuitet og de professionelle tidligere erfaringer, og fem af de otte koder (se fig. 1). Vi har fravalgt at analysere temaet om de professionelle tidligere erfaringer og selvtilid i forhold til naturfag samt forventninger til børnenes adfærd for at holde fokus på artiklens ærinde. Vi fokuserer på faglig og didaktisk kontinuitet samt rammevilkår med henblik på at kunne undersøge de professionelle rammevilkår. Med afsæt i den tematiske analyse af empiriske eksempler omfatter undersøgelsen desuden komparative analyser af hhv. dagtilbudsloven og bekendtgørelse om pædagogiske mål og indhold i seks læreplanstemaer, folkeskoleloven og bekendtgørelserne om Fælles Mål for børnehaveklassen og for 1. klasse med henblik på at undersøge de strukturelle vilkår for det tværprofessionelle samarbejde.



Figur 1. Tre temaer og otte koder omhandlende rammevilkår for kontinuitet.

## Rammevilkår

Det første tema som vi har identificeret, er de rammevilkår som de tre faggrupper arbejder under. Som ovenstående figur illustrerer, dækker dette tema over tre koder, hhv. nationale mål, organisatoriske vilkår og praktisk organisering. Af hensyn til læsbarheden anvendes nationale mål som en fælles betegnelse for folkeskolens Fælles Mål og daginstitutionens fælles læringsmål.

## Nationale mål

Fælles Mål er nationale bindende mål samt vejledende færdigheds- og vidensmål for de enkelte fag og fagområder i folkeskolen, herunder også børnehaveklassen. I den reviderede læreplan for dagtilbud (2018) er der indført fælles læringsmål inddelt efter seks læreplanstemaer. På det tidspunkt hvor interviewene er gennemført, var det de oprindelige pædagogiske læreplaner med læreplanstemaet "Natur og naturfænomener" der var gældende for den naturfaglige praksis. Når vi senere analyserer læringsmål for daginstitutionen, så anvender vi de to læringsmål fra det nye tema "Natur, udeliv og science" for at undersøge hvordan de i sammenhæng til Fælles Mål kan understøtte kontinuitet i en fremtidig tværprofessionel praksis.

Med afsæt i Deweys teori om kontinuitet i erfaringen undersøger vi i det følgende med udgangspunkt i de gennemførte interview hvordan de daværende nationale mål påvirker de tre faggruppers praksis. Analyserne af empirien viser at alle tre faggrupper arbejder med afsæt i de nationale mål, men at målene påvirker de tre faggruppers naturfaglige praksis forskelligt.

Pædagogerne fortæller i interviewene om deres praksis på en måde der vidner om at daginstitutionernes læreplaner tilbyder en varieret måde at tilgå det naturfaglige område på – både med mulighed for spontant at gribe børnenes idéer og med mulighed for at igangsætte pædagogitierede aktiviteter. En pædagog udtaler: "Ja, ja, jeg har jo de pædagogiske læreplaner... man kan sige inden for vores felt, inde i børnehaven, er der jo rigtig mange gange hvor episoderne opstår spontant, hvor vi så også skal fange... altså, hvor vores rolle er at fange episoderne og bygge videre på dem, så børnene faktisk selv starter det lidt" (pædagog 2). En anden fortæller: "Vi har haft et forløb her i det tidlige forår om havens fugle. Vi snakker om hvilke fugle det er der kommer på foderbrættet, vi laver mad til dem, og vi kigger på udstoppede fugle ovre på skolen" (pædagog 1).

En kritik som tidligere er fremsat af Østergaard (2008), lyder at pædagogernes didaktik kan ses som diffus og uden retning. Det ligger ud over denne artikels ærinde at af- eller bekræfte kritikken, men det er værd at bemærke at vores empiriske data peger i samme retning ved at vise at de daginstitutioner som har deltaget i projektet, ser ud til at have praktiseret en meget åben og undersøgende tilgang til det naturfaglige, potentielt som resultat af projektet. Det som er interessant for denne undersøgelse, er hvordan pædagogernes naturfaglige praksis bidrager til kontinuitet. Her ser det ud til at der er forskel.

Det ser ud til at børnehaveklasselederne og lærernes syn på mål ligger tæt på hinanden, og at de i højere grad lader deres praksisser styre af målene. Børnehaveklasseleder 2 siger: "Jeg har en årsplan, der er ligesom nogle ting som man skal igennem." Børnehaveklasseleder 3 underbygger: "Men det er også svært at nå det hele, synes jeg... fordi at man bliver også meget målt på det faglige i dag."

På samme måde taler lærerne om deres praksis: "Jeg har en årsplan som jeg laver i starten af skoleåret, som jeg sådan, med nogle overemner i" (lærer 2). Mens en anden beretter: "Jeg har været meget målstyret... nu prøver jeg at give mere slip" (lærer 1).

Både børnehaveklasselederne og lærerne giver udtryk for en målstyret praksis med vokseninitierede aktiviteter. De empiriske data giver ikke belæg for at udtale os generelt om de tre faggrupperes naturfaglige praksisser, men de giver os anledning til at studere hvordan de nationale mål skaber forskellige rammevilkår for de tre faggrupperes praksis.

Fælles Mål for børnehaveklassen og 1. klasse er opbygget med vejledende videns- og færdighedsmål som retter sig mod barnets individuelle kompetenceudvikling inden for hhv. kompetenceområderne "Matematisk opmærksomhed" og "Naturfaglige fænomener" og for fagene matematik og natur/teknologi. Derved adskiller de sig fra læreplanens fælles tema "Natur, udeliv og science" (tidligere "Natur og naturfænomener") hvor læringsmålene retter sig mod det daginstitutionelle læringsmiljø: "skal understøtte, at alle børn får konkrete erfaringer med naturen" (læringsmål 1, læreplanstematet "Natur, udeliv og science"). Omend Fælles Mål nu er gjort vejledende, retter de hhv. børnehaveklasselederens og lærernes didaktiske opmærksomhed mod udvikling af det enkelte barns naturfaglige og matematiske viden og færdigheder inden for et taksonomisk trin, hvorimod læringsmålene for daginstitutionen retter pædagogens didaktiske blik mod udvikling af læringsmiljøer der skal understøtte den naturfaglige erfaringsdannelse hos kollektivet af børn gennem formuleringen "*alle børn*".

Med Fælles Mål for børnehaveklassen skabes en progression til skolen hvor børnehaveklassen bliver første trin i barnets naturfaglige erfaringsdannelse der kommer til at handle om at gøre barnet klar til 1. klasse, skolens første akademiske år. Selvom daginstitutionen har sit særskilte lovgrundlag og læringsmål der retter sig mod udvikling af læringsmiljøet, er pædagogerne via loven forpligtet til at skabe sammenhæng og forberede børnene til skole (dagtilbudslov § 7, stk. 5).

Analysen af empirien og styredokumenterne peger begge på at de nationale mål som de professionelle arbejder med, skaber forskellige rammevilkår for den daglige naturfaglige praksis. For pædagogerne giver målene anledning til variationer i praksis hvor de både kan følge børnene spontant og kan tilrettelægge pædagoginitierede naturfaglige læringsmiljøer. For børnehaveklasselederne og lærerne ser det ud til at målene initierer en praksis styret af årsplaner og faglige mål. Med de to differentierede praksisser er der risiko for diskontinuitet mellem daginstitution og børnehaveklasse, mens målene umiddelbart giver anledning til kontinuitet og progression mellem børnehaveklasse og 1. klasse.

## Organisatoriske vilkår

Anden kode under temaet rammevilkår er "Organisatoriske vilkår" som omfatter de samarbejdsvilkår de tre faggrupper har for at mødes og skabe en kontinuitetspraksis. Tidligere studier har påvist betydningen af de organisatoriske rammer for det tværprofessionelle samarbejde. Et dansk projekt, "Naturfag for de yngste" (Østergaard, 2008), viste at det var muligt at skabe kontinuitet ved hjælp af et naturfagligt læseplansbånd, men at kontinuiteten var afhængig af de organisatoriske rammers mulighed for tværprofessionelt samarbejde. Ligeledes understøtter international litteratur at det tværprofessionelle samarbejde er afgørende for at skabe kontinuitet i børns læring (Ballam et al., 2017b; Peters, 2009).

Empiriske data fra vores interviewundersøgelse viser at de involverede skoler ikke har organisatoriske vilkår der understøtter det samarbejde, hvorimod samarbejdet mellem daginstitution og børnehaveklasse understøttes af fælles overleveringsmøder forud for børnenes børnehaveklassestart. Fælles for de interviewede pædagoger, børnehaveklasseledere og lærere er at de har lysten til at samarbejde.

Lærer 4 udtaler: "Jeg ved godt at det kan være svært, vi kan jo møde os ihjel, men det er bare det der er med til at gøre at man kan lave noget fælles, fordi det er svært når man ikke har lavet nogen aftaler... så passer man jo lidt sit eget."

Lærer 1 siger: "Jeg tænker da i hvert fald på at vi måske skal være gode til at få snakket sammen om forløbet – vi vil gerne mødes inden og snakke nogle rammer igennem for at få et fælles sprog og at vise at vi godt tør."

Børnehaveklasseleder 3 siger om samarbejdet med lærerne: "Vi har jo ikke mødetider, vi mødes jo ikke så man kan planlægge noget."

Børnehaveklasseleder 1 siger derimod om samarbejdet med daginstitutionen: "Altså vi har jo samarbejdet med børnehaven med overleveringsmødet hvor vi er sammen om nogle ting, hvor vi har været dernede og lave bål og pandekager på bål."

Folkeskoleloven og dagtilbudsloven danner rammer for det tværprofessionelle samarbejde. Vores analyser af folkeskoleloven viser at lærerne er forpligtet til at samarbejde med forældrene om at "give eleverne kundskaber og færdigheder, der: forbereder dem til videre uddannelse og giver dem lyst til at lære mere (...) bidrager til deres forståelse for menneskets samspil med naturen (...)" (folkeskoleloven § 1). Der er ingen bestemmelser om at lærerne skal samarbejde med dagtilbud og børnehaveklasse, men "Børnehaveklassens pædagogiske profil skal skabe sammenhæng både mellem elevernes overgang fra hjem og dagtilbud til skolen og mellem børnehaveklassen og de



efterfølgende klassetrin og skolefritidsordning/fritidshjem” (Børnehaveklassens Fælles Mål, Formål, stk. 2). Og ligeledes er pædagogerne jf. dagtilbudsloven forpligtet til at skabe sammenhæng til børnehaveklassen (dagtilbudsloven § 7). Lovgivningsmæssigt er det kun børnehaveklasselederne og daginstitutionspædagogerne der er forpligtet til samarbejdet. Dermed bliver det op til den lokale ledelse at skabe organisatoriske rammer der kan understøtte et samarbejde med lærerne.

### *Praktisk organisering*

Tredje kode omhandler de tre faggruppers oplevelser af hvordan den praktiske organisering påvirker muligheden for at skabe kontinuitet i børns naturfaglige erfaringsdannelse. Her er det især tidsrammen/skoleskemaet der påpeges som betydningsfuld, og deraf følger at muligheder for at facilitere naturfaglige aktiviteter i de tre kontekster har vidt forskellige vilkår i dagligdagen. Med belæg i Deweys teori er kriteriet for at barnet kan opnå en erfaring, at de naturfaglige aktiviteter skal fuldendes, og at de skal bygge videre på tidligere erfaringer.

I interviewene giver de professionelle udtryk for hvordan den praktiske organisering med skoleskema (eller ej) påvirker deres praksis.

Lærer 1 udtrykker det således: “Øv – altså jeg er jo meget styret af at jeg i 1. klasse kun har én time.”

Børnehaveklasseleder 1 påpeger til gengæld hvordan den løsere struktur i børnehaveklassen giver mulighed for at fordybe sig: “Og så kørte det frem til jul, men så strakte vi det jo så videre, og der kom mere og flere ideer... der opstod nogle situationer som vi valgte at tage med, så lige pludselig strækker det sig jo nærmest over et helt år.”

Det ser ud til at daginstitutionens struktur giver mulighed for spontant at skabe aktiviteter foranlediget af et barns naturfaglige nysgerrighed. Pædagog 2 siger: “Hvis der kommer et barn og spørger, hvad er det her for et dyr eller et eller andet, og så fanger man den, og så arbejder man videre på det – så der er mange gange hvor det er spontant.”

For at børnene skal have mulighed for erfaringsdannelse der kan bidrage til kontinuitet, skal de være i en kontekst hvor det er muligt at opnå en erfaring. I interviewene med børnehaveklasselederne og pædagogerne fortæller de om hvordan deres praksis tager afsæt i børnenes nysgerrigheder, og at den praktiske organisering giver dem mulighed for at skabe længerevarende forløb. Vores analyser af den styrkede pædagogiske læreplan (2018) viser at læreplanen foranlediger muligheder for at pædagogerne kan organisere “Natur, udeliv og science” i forskellige typer af læringsmiljøer, fx spontane aktiviteter, rutinesituationer og planlagte aktiviteter, og

samtidig opfordrer ministeriet til at integrere de seks læreplanstemaer med hinanden (Børne- og Socialministeriet, 2018, s. 32). Således øges pædagogernes muligheder for at skabe en naturfaglig erfaring hos børnene. For børnehaveklasselederne eksisterer samme muligheder for at skabe en erfaring, omend det naturfaglige er adskilt i to selvstændige kompetenceområder, hhv. "Matematisk opmærksomhed" og "Naturfaglige fænomener". Derimod ser det ud til at skemaet og det begrænsede timeantal til natur/teknologi i 1. klasse som skolen er underlagt, indebærer en risiko for at børnene ikke kan opnå en fuldendt "en erfaring" i skolen da deres aktiviteter risikerer at blive afbrudt af natur/teknologi-lektionens ophør. Her er det dog væsentligt at bemærke at ovenstående citat vedrørende lærerne kommer fra en lærer (lærer 1) som både underviser i matematik og natur/teknologi i samme 1. klasse, og som derfor potentielt har mulighed for at kombinere de to typer af naturfag. Det er dog ikke en kombination som den hierarkiske vægtning af matematikfaget over natur/teknologi-faget med fem gange så mange lektioner på 1. klassetrin, fagenes selvstændige trinmål, elevplaner og nationale test lægger op til.

### *Kontinuitet*

Det andet tema som vi har identificeret, jf. figur 1, er kontinuitet med tre koder, hhv. faglig kontinuitet, didaktisk kontinuitet og adfærdsmæssige forventninger. Af hensyn til artiklens længde vil vi i det følgende behandle faglig og didaktisk kontinuitet sammen.

### *Faglig og didaktisk (dis)kontinuitet*

Vi har allerede påvist at rammevilkårene ikke nødvendigvis understøtter kontinuiteten og det tværprofessionelle samarbejde, hvorfor det bliver op til de individuelle pædagoger og lærere at skabe faglig og didaktisk kontinuitet. Især bliver børnehaveklasselederen afgørende for at skabe kontinuitet mellem dagtilbud og børnehaveklasse og mellem børnehaveklasse og 1. klasse.

I interviewene fortæller de professionelle om hvordan de typisk planlægger og gennemfører den daglige naturfaglige praksis. Den didaktiske tilgang i faggrupperne er forskellig når det omhandler hvem der initierer projekterne. Ligeledes er der variation i hvor meget eller lidt processen er styret – en pointe som synes at gå op for respondenterne selv i det ene gruppeinterview:

Pædagog 2: "Altså fx med mariehøns – det er hvis der kommer et barn og spørger, hvad er det her for et dyr eller et eller andet, og så fanger man den, og så arbejder man videre på det – så der er mange gange hvor det er spontant også."

Børnehaveklasseleder 2: "Når jeg sidder og hører det, så tænker jeg – det ryger jo mere og mere ud når de kommer over i skolen, ikk'? Fordi det er meget voksenstyret. Vi skal igennem det her. Vi skal lære dem det her. Tænker jeg."

Lærer 2: "Nårh ja, jeg har også nogle ting jeg **skal** fortælle dem om."

Børnehaveklasseleder 2: "Så det er måske meget os der tager over, og at det ikke er dem der er... En forudsætning for at børnene kan opnå en erfaring, er at de udfolder sig under en passende reflekterende..."

grad af frihed hvor der af de professionelle er angivet en retning (Dewey, 1938/2015). I erfaringens princip om kontinuitet er det ikke variationen i sig selv der giver anledning til diskontinuitet. Pointen ligger snarere i at *en* erfaring ikke kan opstå hvis barnet møder for stor grad af frihed og dermed ikke rykker sig ud over sin egen formåen (Kirschner et al., 2006). De professionelle må angive en retning, men samtidig understreges det hos Dewey (1938/2015) at frihed er vigtig for at erfaringen giver mening og skaber værdi for barnet. Faste regler indskrænker den intellektuelle frihed, hvorfor barnet vil miste meningen og dermed interessen (Dewey, 1934/2005). Når pædagoger og lærere arbejder didaktisk med naturfaglige aktiviteter, bør de derfor balancere mellem at skabe retning og frihed.

Et samarbejde om en fælles forståelse af og tilgang til naturfag kunne potentielt bidrage til at der kan skabes en kontinuitetspraksis hvor ikke alt forandres, men at enkelte elementer bliver stabile og genkendelige (Star, 1989). Her kan en genkendelig didaktik såvel som naturfaglige materialer fungere som grænseobjekt og understøtte kontinuiteten (Broström, 2019; Hognes, 2015).

## Konklusion

Artiklens sigte er dobbelt: dels at tilbyde et andet begreb til at begribe overgangsproblematikker med, dels at vise de professionelles aktuelle lovgivningsmæssige og praktiske organisatoriske rammevilkår for at skabe kontinuitet for børnene.

Artiklens teoretiske afsnit argumenterer for hvordan naturfaglige kontinuitetspraksisser kan bidrage til børns sammenhængende naturfaglige erfaringsdannelse ved hjælp af grænseobjekter. Forståelse af overgange som kontinuitetspraksis vil åbne op for en gensidig forpligtelse hos både pædagoger og lærere på at skabe kontinuitet for børnene. Et fokus på overgange risikerer derimod kun at forpligte den enkelte pædagog eller lærer på det pågældende og fremtidige alderstrin/klassetrin og kan dermed blive en hindring for kontinuitet.

Som beskrevet i teorien er det ikke pointen med en kontinuitetspraksis at daginstitution og skole skal være et spejl af hinanden, men derimod at fælles naturfaglige forståelser, didaktiske overvejelser og genkendelige naturfaglige genstande kan virke som grænseobjekter. De genkendelige og kontinuerlige grænseobjekter kan være fysiske objekter, men kan lige såvel være fælles projekter på tværs af alder/klassestrin, en fælles struktur på aktiviteterne eller et fælles spørgsmål der undersøges. Det er dermed ikke variationen i den daglige praksis i sig selv som er en barriere for kontinuitet. Artiklens andet bidrag handler om de professionelle muligheder og barrierer for samarbejde i de nuværende rammevilkår. Den komparative dokumentanalyse viser at Fælles Mål for børnehaveklassen og 1. klasse understøtter en faglig kontinuitet og progression rettet mod det enkelte barns naturfaglige læring, mens læreplanen og læringsmålene på dagtilbudsområdet er rettet mod læringsmiljøet og alle børns muligheder for at erfare natur, udeliv og science. Derved rettes de professionelle didaktiske opmærksomhed forskellige steder hen, hvorved der potentielt opstår risiko for diskontinuitet. Desuden viser analyserne at det kun er pædagoger og børnehaveklasselederne der er forpligtet lovgivningsmæssigt på samarbejde, hvorved det bliver op til de enkelte ledere lokalt at facilitere tværprofessionelle samarbejder. I tråd med dette viser vores empiriske undersøgelser at faggrupperne forud for projektet ikke samarbejder eller overleverer viden til hinanden om det naturfaglige. Med denne artikel har vi ønsket at bidrage til debatten om børns overgange ved at tilbyde en forståelse af overgange som kontinuitetspraksisser og ved teoretisk at henvise til hvordan naturfaglige materialer og en undersøgelsesbaseret didaktisk tilgang kan fungere som grænseobjekter. Hvis man vil skabe kontinuitet i børnenes erfaringsrejse, så skal rammevilkårene understøtte det. Der er behov for flere studier der kan belyse hvilke naturfaglige materialer og aktiviteter der har potentiale som grænseobjekter. Ligeledes er der behov for viden om hvordan den undersøgelsesbaserede tilgang kan differentieres i forhold til forskellige aldersgrupper for didaktisk at kunne udvikles til at skabe kontinuitet for børns erfaringsdannelse gennem forskellige institutionelle kontekster og alderstrin.

## Referencer

- Ackesjö, H. (2013). Children crossing borders: School visits as initial incorporation rites in transition to preschool class. *International Journal of Early Childhood*, 45(3), 387-410. Retrieved from <https://doi.org/10.1007/s13158-013-0080-7>.
- Ackesjö, H. (2014). Children's transitions to school in a changing educational landscape: Borders, identities and (dis-) continuities. *International journal of transitions in childhood*, 7, 3-15.
- Ballam, N., Perry, B., & Garpelin, A. (2017a). International perspectives on the pedagogies of educational transitions. In N. Ballam, B. Perry, & A. Garpelin (Eds.), *International Perspectives*

- tives on Early Childhood Education and Development. *Pedagogies of Educational Transitions: European and Antipodean Research* (Vol. 16, pp. 1-12). doi:10.1007/978-3-319-43118-5\_1.
- Ballam, N., Perry, B., & Garpelin, A. (2017b). *Pedagogies of Educational Transitions: European and Antipodean Research*. doi:10.1007/978-3-319-43118-5.
- Biesta, G. J. J., & Burbules, N. C. (2003). *Pragmatism and Educational Research*. Lanham, MD: Rowman & Littlefield.
- Boyle, T., Petriwskyj, A., & Grieshaber, S. (2018). Reframing transitions to school as continuity practices: the role of practice architectures. *The Australian Educational Researcher*, 45, 419-434. doi:10.1007/s13384-018-0272-0.
- Braun, V., & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative research in psychology*, 3(2), 77-101. doi:10.1191/1478088706qp063oa.
- Broström, S. (2019). *Overgange og sammenhænge i børns liv*. København: Akademisk Forlag.
- Broström, S., & Frøkjær, T. (2016). Science i vuggestue og børnehave. *MONA – Matematik- og Naturfagsdidaktik*(1), 21-34. Retrieved from <https://tidsskrift.dk/mona/article/view/36367/37709>.
- Christidou, V., Hatzinikita, V., & Samaras, G. (2012). The image of scientific researchers and their activity in Greek adolescents' drawings. *Public Understanding of Science*, 21(5), 626-647. doi:10.1177/0963662510383101.
- Decristan, J., Hondrich, A. L., Büttner, G., Hertel, S., Klieme, E., Kunter, M.,... Hardy, I. (2015). Impact of additional guidance in science education on primary students' conceptual understanding. *The Journal of Educational Research*, 108(5), 358-370. doi:10.1080/00220671.2014.899957.
- Desouza, J. M. S. (2017). Conceptual Play and Science Inquiry: Using the 5E Instructional Model. *Pedagogies: An International Journal*, 12(4), 340-353.
- Dewey, J. (1934/2005). *Art as experience*. New York: Penguin Putnam Inc.
- Dewey, J. (1938/2015). *Experience and education*. New York: Simon & Schuster.
- Dockett, S., & Einarsdóttir, J. (2017). Continuity and change as children start school. In N. Ballam, B. Perry, & A. Garpelin (Eds.), *International Perspectives on Early Childhood Education and Development. Pedagogies of Educational Transitions: European and Antipodean Research* (Vol. 16, pp. 133-150). doi:10.1007/978-3-319-43118-5\_9.
- Dockett, S., & Perry, B. (2007, 2017). The role of schools and communities in children's school transition. *Encyclopedia on Early Childhood Development*. Rev. ed. Retrieved from <http://www.child-encyclopedia.com/school-readiness/according-experts/role-schools-and-communities-childrens-school-transition>.
- Dockett, S., & Perry, B. (2014). Research to policy: Transition to school position statement. In *International perspectives on early childhood education and development. Transitions to school: International research, policy and practice* (Vol. 16, pp. 277-294). doi:10.1007/978-94-007-7350-9\_20.
- Ejbye-Ernst, N. (2013). Pædagogers formidling af naturen til børnehavebørn. *MONA – Matematik- og Naturfagsdidaktik*(3), 7-22. Retrieved from <https://tidsskrift.dk/mona/article/view/36047>.

- Ellebæk, J. J., & Nielsen, B. L. (2016). Pedagogical Content Knowledge (PCK) – et tiltrængt naturfagsdidaktisk forskningsfelt i Danmark? *MONA – Matematik- og Naturfagsdidaktik*(4), 37-53. Retrieved from <https://tidsskrift.dk/mona/article/view/36420>.
- Engel, S. (2011). Children's need to know: Curiosity in schools. *Harvard Educational Review*, 81(4), 625-645.
- Fabian, H. (2013). Towards successful transitions. In K. Margetts & A. Kienig (Eds.), *International perspectives on transition to school* (pp. 45-55). Retrieved from <https://ebookcentral.proquest.com/lib/sdub/detail.action?docID=1211695>.
- Fridberg, M., Thulin, S., & Redfors, A. (2018). Preschool Children's Collaborative Science Learning Scaffolded by Tablets. *Research in science education*, 48, 1007-1026. doi:10.1007/s11165-016-9596-9.
- García-Carmona, A., Criado, A. M., & Cruz-Guzmán, M. (2017). Primary Pre-Service Teachers' Skills in Planning a Guided Scientific Inquiry. *Research in Science Education*, 47(5), 989-1010.
- Guldager, I., Auning, C., & Steiner, M. (2019). Hvordan påvirker naturfagslæreres undervisningstilgang elever udvikling af undersøgelseskompetencer frem mod den fælles naturfagsprøve? *MONA – Matematik- og Naturfagsdidaktik*(1), 44-58. Retrieved from <https://tidsskrift.dk/mona/article/view/112815>.
- Hognes, H. D. (2015). Children's experiences of continuity in the transition from kindergarten to school: The potential of reliance on picture books as boundary objects. *International journal of transitions in childhood*, 8, 3-13. Retrieved from [https://extranet.education.unimelb.edu.au/LED/tec/pdf/journal8\\_2016/international%20journal%20of%20transitions%20in%20childhood%20\(8\)%202015\\_Hogsnes.pdf](https://extranet.education.unimelb.edu.au/LED/tec/pdf/journal8_2016/international%20journal%20of%20transitions%20in%20childhood%20(8)%202015_Hogsnes.pdf).
- Hollingsworth, H. L., & Vandermaas-Peeler, M. (2017). 'Almost everything we do includes inquiry': Fostering inquiry-based teaching and learning with preschool teachers. *Early Child Development and Care*, 187(1), 152-167. doi:10.1080/03004430.2016.1154049.
- Howes, E. V. (2008). Educative experiences and early childhood science education: A Deweyan perspective on learning to observe. *Teaching and teacher education*, 24(3), 536-549.
- Jakobson, B., & Wickman, P.-O. (2008). The roles of aesthetic experience in elementary school science. *Research in Science Education*, 38(1), 45-65.
- Johnson, B., & Christensen, L. (2014). *Educational research: Quantitative, qualitative, and mixed approaches* (5 ed.). Thousand Oaks, CA: SAGE.
- Kemmis, S., Wilkinson, J., Edwards-Groves, C., Hardy, I., Grootenboer, P., & Bristol, L. (2013). *Changing practices, changing education*. doi:10.1007/978-981-4560-47-4.
- Kirschner, P. A., Sweller, J., & Clark, R. E. (2006). Why minimal guidance during instruction does not work: An analysis of the failure of constructivist, discovery, problem-based, experiential, and inquiry-based teaching. *Educational psychologist*, 41(2), 75-86. doi:10.1207/s15326985ep4102\_1.
- Lillejord, S., Børte, K., Halvorsrud, K., Ruud, E., & Freyr, T. (2015). *Tiltak med positiv innvirkning på barns overgang fra barnehage til skole. En systematisk kunnskapsoversikt* (KSU 2/2015).

- Retrieved from Kunnskapscenter for utdanning, Oslo: <https://utdanningsforskning.no/contentassets/d66fcf1950f34b46a79a5fc647e40774/kunnskapscenter-overgangbarnehage-web.pdf>.
- Little, M. H., Cohen-Vogel, L., & Curran, F. C. (2016). Facilitating the transition to kindergarten: What ECLS-K data tell us about school practices then and now. *AERA Open*, 2(3), 1-18. doi:10.1177/2332858416655766.
- Mariegaard, S. (in prep). *Cookbok inquirybased science education*.
- Michelsen, C., Petersen, M. R., & Ahrenkiel, L. (2017). Laboratoriemodellen – kompetenceudvikling med fokus på forandring af praksis. *MONA – Matematik- og Naturfagsdidaktik*(4), 39-55. Retrieved from <https://tidsskrift.dk/mona/article/view/100716>.
- Nielsen, B. L., Pontoppidan, B., Sillasen, M., Morgensen, A., & Nielsen, K. (2013). QUEST – et stor-skalaprojekt til udvikling af naturfagsundervisning. *MONA – Matematik- og Naturfagsdidaktik*(2), 49-66. Retrieved from <https://tidsskrift.dk/mona/article/view/36034>.
- Osborne, J., & Dillon, J. (2008). *Science education in Europe: Critical reflections. A Report to the Nuffield Foundation. King's College London*. Retrieved from Nuffield Foundation: [https://www.nuffieldfoundation.org/wp-content/uploads/2019/12/Sci\\_Ed\\_in\\_Europe\\_Report\\_Final1.pdf](https://www.nuffieldfoundation.org/wp-content/uploads/2019/12/Sci_Ed_in_Europe_Report_Final1.pdf).
- Perry, B., Dockett, S., & Petriwskyj, A. (2013). *Transitions to school – International research, policy and practice*. In B. Perry, S. Dockett, & A. Petriwskyj (Eds.). doi:10.1007/978-94-007-7350-9.
- Peters, S. (2009). Shifting the lens: Re-framing the view of learners and learning during the transition from early childhood education to school in New Zealand. In D. Jindal-Snape (Ed.), *Educational Transitions: Moving stories from around the world* (pp. 82-98). doi:10.4324/9780203859124.
- Roth, W.-M., & Jornet, A. (2014). Toward a theory of experience. *Science Education*, 98(1), 106-126. doi:10.1002/scs.21085.
- Rudolph, J. L. (2005). Inquiry, instrumentalism, and the public understanding of science. *Science Education*, 89(5), 803-821.
- Senocak, E., Samarapungavan, A., Aksoy, P., & Tosun, C. (2013). A Study on Development of an Instrument to Determine Turkish Kindergarten Students' Understandings of Scientific Concepts and Scientific Inquiry Processes. *Educational Sciences: Theory and Practice*, 13(4), 2217-2228.
- Star, S. L. (1989). The structure of ill-structured solutions: Boundary objects and heterogeneous distributed problem solving. In L. Gasser & M. N. Huhns (Eds.), *Distributed artificial intelligence* (Vol. II, pp. 37-54). San Mateo, CA: Morgan Kaufmann.
- Thulin, S. (2006). Vad händer med lärandets objekt?: en studie av hur lärare och barn i förskolan kommunicerar naturvetenskapliga fenomen. *Acta Wexionensia*, 102 (Pedagogik). Retrieved from <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:296675/FULLTEXT01.pdf>.
- Vogler, P., Crivello, G., & Woodhead, M. (2008). Early childhood transitions research: A review of concepts, theory, and practice [Working paper 48]. Retrieved from [http://oro.open.ac.uk/16989/1/Vogler\\_et\\_al\\_Transitions\\_PDF.DAT.pdf](http://oro.open.ac.uk/16989/1/Vogler_et_al_Transitions_PDF.DAT.pdf).

- Wastin, E., & Han, H. S. (2014). Action Research and Project Approach: Journey of an Early Childhood Pre-Service Teacher and a Teacher Educator. *Networks: An Online Journal for Teacher Research*, 16(2), 1-12. doi:10.4148/2470-6353.1044.
- Wilder, J., & Lillvist, A. (2018). Learning journey: a conceptual framework for analyzing children's learning in educational transitions. *European Early Childhood Education Research Journal*, 26(5), 688-700.
- Østergaard, L. D. (2008). Naturfag for de yngste – et aktionsforskningsprojekt i Nordjylland. *MONA – Matematik- og Naturfagsdidaktik*(2), 7-27. Retrieved from <https://tidsskrift.dk/mona/article/view/36593>.

### English abstract

*This article examines the prerequisites of preschool and early year educators, class leaders, and teachers for creating continuity in children's experience of science during transitions between early years childcare, preschool class and first grade. The study is based on theory which identifies experience and continuity as ways of comprehending transitions as continuity practices. The different assumptions of the three professional groups involved are examined empirically through group interviews and comparative analysis of national curricula.*

*A qualitative thematic analysis points to three themes which indicate that the three professional groups have different terms and pedagogical preconditions for creating continuity. This uncovers a potential risk of discontinuity in children's science experiences.*



# Udvikling af modelleringskompetence i læreruddannelsen



Pernille Ulla Andersen VIA University College



Harald Brandt, VIA University College



Lars Brian Krogh, VIA University College



Martin Sillasen, VIA University College



Peer Daugbjerg, VIA University College

**Abstract:** *Læreruddannelserne har et stort ansvar i forhold til at uddanne nye naturfagslærere samtidig med at de bedriver kompetenceudvikling for lærerne ude i praksis. Men hvordan udvikles læreruddannelsens egne kompetencer i relation til nye, eksterne behov? I denne artikel beskrives et internt kompetenceudviklingsprojekt om modellering i naturfagsgruppen i VIA UC som er fremmet af rammebetingelser og samspil mellem forsknings- og udviklingsarbejde og faggruppeudvikling. Artiklen ekspliciterer centrale indsigter, bl.a. om modeller, om lærerstuderendes forståelse af modeller, om tilgange til arbejde med modeller og modellering, på en måde så andre som ønsker lokal efteruddannelse på området, kan hente inspiration og konkrete inputs.*

## Baggrund

Fra 2014 har alle naturfaglige læseplaner i grundskolen været bygget op omkring et fundament af fire grundlæggende naturfaglige kompetencer som fagene er fælles om, og som gør det muligt både at samtænke og sikre progression i fagene. Modelleringskompetence er en af disse naturfaglige kompetencer. Fra 2017 indførtes en ny mundtlig, fælles afsluttende prøve for naturfagene i udskolingen hvor de naturfaglige kompetencer og fællesfaglig problemløsningsevne er de centrale bedømmelseskriterier. Følgeforskning i forbindelse med prøver afholdt i sommeren 2017 pegede

på at både elever og undervisere manglede et egentligt sprog og et udfoldet begreb om modeller, samt at eleverne ikke forholdt sig kritisk til styrker og svagheder ved modeller og ej heller byggede eller reviderede modeller i forbindelse med prøveafviklingen (Krogh & Daugbjerg, 2018). Alt sammen indikationer på uforløste aspekter af modelleringskompetence og tilsammen en indikation af at der var behov for at kvalificere arbejdet med modeller også på læreruddannelsen. På læreruddannelsen er dette dobbelte didaktiske problemfelt centralt da læreruddannere skal udvikle kommende naturfagslæreres modelleringskompetence og deres didaktiske refleksioner over denne med henblik på at lærerstuderende i kommende praksis kan udvikle skoleelevers modelleringskompetence.

I denne artikel forstår vi modelleringskompetence som bestående både af *meta-modelviden* (dvs. viden om modeller, på engelsk “meta-modelling knowledge”) og *modelleringssevne* (engelsk “modelling practices”). Vi bruger herefter fællesbetegnelsen M&M. I forskningslitteraturen betoner man at også elever skal have *metamodelviden*. Eleverne skal ligeledes kunne bruge, evaluere og konstruere modeller.

I forlængelse af det særlige fokus på modelleringskompetence i grundskolen besluttede naturfagsunderviserne på læreruddannelsen i VIA i studieåret 2018 at sætte fokus på netop denne kompetence, og det medførte i starten af 2018 at der med afsæt i forsknings- og udviklingsmidler blev igangsat tre koblede indsatser på tværs af grunduddannelserne i VIA:

- a. *Kompetenceudvikling* – alle undervisere i den naturfaglige faggruppe i VIA var enige om at tildelte kompetenceudviklingsmidler i 2018 skulle fokusere på modelleringskompetence. Der blev læst forskningsartikler om emnet, og alle undervisere optog video af deres egen undervisning hvor denne fokuserede på udvikling af M&M blandt lærerstuderende. Videoerne blev delt og diskuteret som afsæt for at etablere fælles forståelser og et fælles repertoire for arbejdet med M&M i læreruddannelsesregi.
- b. *Udvikling af et undervisningsformat om modeller og modellering* – i forlængelse af kompetenceudviklingen blev der udviklet et fleksibelt format om modellering i naturfag. Formatet samler tråde fra såvel kompetenceudviklingsforløbet som den forskningsrettede indsats der pågik parallelt hermed i FoU-regi. Formatet er et forskningsbaseret inspirationskatalog lavet af kolleger til kolleger indeholdende ressourcer og valgmuligheder med hensyn til litteratur, rammesætning, praktiske aktiviteter samt bud på evaluering af lærerstuderendes M&M. Interesserede kan tilgå dokumenterne på denne googlemappe: [https://drive.google.com/drive/folders/1IhUVX\\_vVLTocF7mXF9zeaa7RYGDWcn7x](https://drive.google.com/drive/folders/1IhUVX_vVLTocF7mXF9zeaa7RYGDWcn7x). Formatet er afprøvet, som en del af FoU-projektet, på flere naturfagshold ved

læreruddannelsen i Aarhus. I første omgang er formatet delt med alle naturfagsundervisere i VIA.

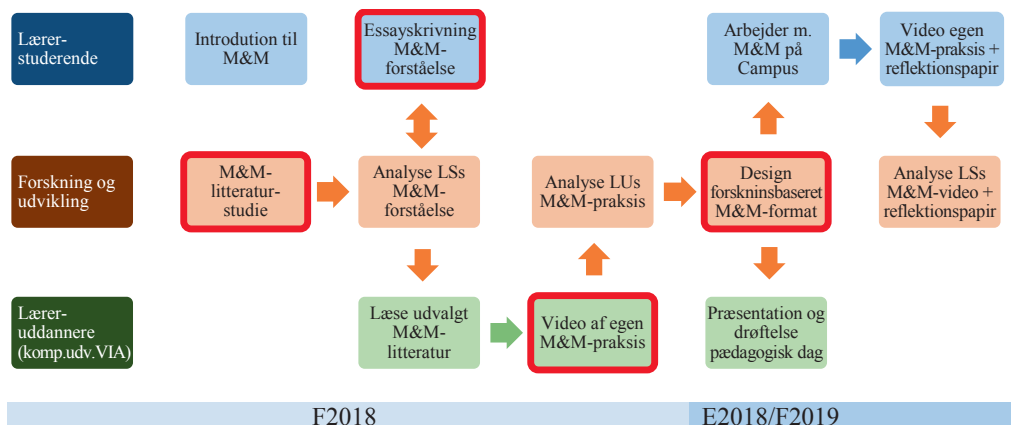
c. *Forsknings- og udviklingstiltag* med fokus på lærerstuderendes implementering af M&M-undervisningen i grundskolen, specifikt en undersøgelse af lærerstuderendes undervisningsfaglighed i forhold til modeller og modellering, eller i internationale termer deres Pedagogical Content Knowledge about modelling (M&M-PCK, se fx Gilbert & Justi, 2016, s. 232 ff). Følgende forskningsspørgsmål blev undersøgt i forskningsprojektet:

1. Hvad er de lærerstuderendes forståelse af modeller og deres formål/funktion m.m.?
2. Hvordan implementerer lærerstuderende arbejdet med modellering i deres praktik? Hvad er udfordringerne og de kritiske aspekter?
3. Hvilke elementer af M&M-PCK kommer til udtryk i videoer og de relaterede planer/refleksioner?
4. Hvilken betydning har den videodokumenterede modelleringsopgave i praktikken – efter de lærerstuderendes opfattelse – haft for udviklingen af deres M&M-PCK?

I artiklen her fokuserer vi på udviklingsdelen og beskriver centrale dele af dette tredimensionale udviklingsprojekt med blik for hvad der kan være af størst nytte for andre der måtte ønske kompetenceudvikling inden for M&M. Forskningsmæssige indsigter og resultater vil her kun blive omtalt i det omfang de har influeret på udviklingsdelen. Resultaterne om M&M-undervisningsfaglighed og hvorledes lærerstuderende implementerer M&M-undervisning, vil blive rapporteret i en opfølgende artikel.

## Oversigt: det samlede udviklingsprojekt og de centrale nedslag

I figur 1 afspejles hvordan de tre udviklingsspor fletter sig ind og ud af hinanden gennem projektperioden. Pilene indikerer at der er et samspil og en påvirkning mellem elementerne, og de røde kasser markerer de elementer som vil blive særlig udfoldet i det følgende.



**Figur 1.** Figuren viser hvordan projektet blev implementeret på tre forskellige niveauer i læreruddannelsen: I den daglige undervisning af lærerstuderende (LS), i forsknings- og udviklingsprogrammet og i kompetenceudvikling af læreruddannere (LU). De røde kasser angiver aspekter af udviklingsarbejdet som uddybes i denne artikel. M&M står for metamodelviden og modelleringsevne.

Artiklen her udfolder indholdet af de fire røde kasser i figur 1 som vi mener er interessante og potentielt brugbare for andre undervisere i feltet, både i forhold til udvikling af M&M- kompetencer og hvordan et kompetenceudviklingsforløb kunne tilrettelægges:

- Litteraturstudiet – som et forskningsbaseret grundlag for det videre arbejde
- Den første kortlægning af studerendes M&M-forståelse
- Indsamlingen af M&M-praksiseksempler fra læreruddannere i naturfagsgruppen
- Indhold i og refleksioner over det forskningsbaserede M&M-format

I den efterfølgende diskussion reflekterer vi over hele udviklingsprocessen som et langt hen ad vejen eksemplarisk bud på hvorledes man bedriver meningsfuld professionel udvikling for læreruddannere – et område som litteratursøgningen i forbindelse med udviklingsarbejdet har vist, både er forsømt og underbelyst.

### *Litteraturstudiet – et forskningsbaseret grundlag for at arbejde med M&M*

Det grundlæggende litteraturstudium blev foretaget af FoU-gruppen som er denne artikels forfattere. Forfattergruppen har således en dobbeltrolle idet de både er forskere og undervisere på forskellige naturfagshold ved læreruddannelserne i VIA. Da flere i gruppen allerede havde et vist kendskab til forskningslitteraturen på området, forekom det relativt simpelt at identificere centrale tekster hvorfra øvrige relevant

litteratur kunne oprulles. Vi anvendte således snowballing-metoden som er beskrevet i Wohlin (2014). Som afsæt for snowballingen anvendte vi et sæt på fire artikler (Gilbert, 2004; Windschitl, Thompson & Braaten, 2008; Schwarz et al., 2009; Kenyon, Davis & Hug, 2011) som vægtede forskellige aspekter (modellers natur og funktion i naturvidenskab, udvikling af lærerstuderendes M&M-viden/PCK, elevers læring og progression inden for M&M samt elevers modellering i samspil med egne undersøgelser ("model-based inquiry")). Fra disse fire artikler blev der snowballet forlæns og baglæns, og kandiderende artiklers eventuelle inklusion blev besluttet ud fra deres abstracts. I den endelige artikelbase var der 40 artikler som blev genbeskrevet i lyset af vores mål om at kvalificere praksis i læreruddannelsen og vores lærerstuderendes modelleringsarbejde i grundskolen. Dataekstraktionen foregik via en semistruktureret skabelon med indholdsoverskrifter, og et antal artikler blev beskrevet af flere fra FoU-gruppen for at sikre en ensartet og pålidelig beskrivelse.

Litteraturstudiet gav en række specifikke indsigter som alle er blevet en aktiv del af vidensgrundlaget for udviklingsprojektet:

- a. *En forståelse af hvad naturfaglige modeller er og kan* ("Nature and purpose of models", "representational view").

I forskningslitteraturen betoner man at elever skal have metamodelviden, altså viden om modeller. Samtidig skal eleverne kunne bruge, evaluere og konstruere modeller. Det er det vi omtaler som modelleringsevne.

Vigtigt for en dansk kontekst er at der internationalt foreligger noget nær konsensus om hvad elever bør have af metamodelviden (se fx Schwartz et al., 2009; Oh & Oh, 2011), se tekstboks 1.

Tekstboks 1 udtrykker at modeller i forskningslitteraturen hyppigst forstås som repræsentationer af fænomener m.m. i den virkelige verden ("representational view", Giere, 1999). I forlængelse af dette perspektiv er det naturligt at klassificere modeller ud fra *hvilken slags* repræsentation der er tale om. Her har Ringnes & Hannisdal (2014) en typologi baseret på overfladetræk ved repræsentationen: Er den fysisk-konkret, verbal, en illustration, en simulation eller symbolsk? Det har vist sig at være en god typologi at bruge i undervisningen idet både elever og lærerstuderende ret nemt kan afkode sådanne modeltyper og snakke om modeller i denne forstand.

- b. *Indsigt i forskningsbaserede tilgange til M&M-undervisning.*

Væsentlig blandt de forskningsbaserede tilgange til at arbejde med M&M i undervisningen er model-based inquiry (Windschitl et al., 2008) hvor elevers undersøgende arbejde er fokuseret omkring modeller (se fx forskellige varianter i

## Tekstboks 1. Konsensusviden om elevers metamodelviden

Eleverne skal vide at

- en naturfaglig model er en beskrivelse af noget – en repræsentation af *noget* [dette “noget” = modellens “genstandsfelt”]
- man kan lave naturvidenskabelige modeller af både ting i naturen og menneskeskabte ting (objekter, processer, systemer og deres opførsel)
- der er forskel på modellen og det den er en model af – som regel er kun visse træk af genstandsfeltet repræsenteret i modellen
- da kun visse træk er repræsenteret, vil en model normalt kun kunne bruges til bestemte formål (beskrive eller forklare visse aspekter, processer, udviklingstræk – evt. under idealiserede forudsætninger)
- man fint kan have flere naturvidenskabelige modeller af det samme genstandsfelt.

Tilsvarende bør elever vide at man bruger modeller i naturfag fordi:

- de gør ting nemmere at overskue – reducerer belastningen på arbejdsprocessoren i hjernen
- dynamiske aspekter kan iagttages og simuleres
- naturfaglige modeller hjælper os med at lave forudsigelser som kan undersøges empirisk
- de gør at vi nemmere kan kommunikere og diskutere med andre om tingene
- en model som holder til empiriske tests og kan overbevise kolleger, er et centralt produkt i udviklingen af naturvidenskab (“bedste viden – so far!”).

Nuffield, 2013). Oh & Oh (2011) har yderligere specificeret flere typer af modelleringsaktiviteter (“modelling pedagogies”) i tilknytning hertil.

En anden væsentlig tilgang til arbejdet med modeller er *representation construction approach* (Tytler et al., 2013) hvor fokus er på at eleverne arbejder målrettet med at afkode, diskutere, transformere og producere repræsentationer/modeller af fænomener.

Væsentlig er også den M&M-læringsprogression som formuleres og efterprøves i Schwartz et al. (2009). Progressionen udfoldes i to dimensioner som hver for sig sammenvæver elevers evne til at gennemføre modelleringsprocesser og deres metaviden om grundlaget for disse processer. Den ene dimension handler om hvordan modeller bruges mere og mere generativt (beskrive, forklare, forudsige/stille nye spørgsmål), mens den anden handler om at foretage modelrevision på et mere og mere kvalificeret grundlag. De to dimensioner kan forfølges hver for sig i undervisningen, men læringsmæssigt er de ikke uafhængige.

Endelig er der væsentlig inspiration at hente i evaluering af M&M, i hvert fald hvad angår elevens metamodelviden. Et antal forskellige tilgange har været brugt til dette formål, fx kliniske interviews (Grosslight et al., 1991), surveys med lukkede (Treagust et al., 2002) hhv. åbne spørgsmål (V. Driel & Verloop, 2002) og analyser af elevens modeller (fx illustrationsmodeller, Bamberger & Davis, 2013). Interessant er det at man i litteraturen ikke evaluerer elevens modellerings-evne vha. semistruktureret observation (svarende til praksis i den fælles prøve i naturfagene i 9. klasse herhjemme), men udelukkende betjener sig af de mere forskningsrettede tilgange som videooptagelse og computerlogs fra virtuelle modelleringsopgaver (se i øvrigt Nicolaou & Constantinou, 2014).

c. *Indsigt i litteraturen om M&M-PCK og lærerstuderendes håndtering af M&M-undervisning.*

Her er artiklen af Kenyon et al. (2011) et godt udgangspunkt idet den formulerer et bud på M&M-PCK som forener hovedlinjen i PCK-forskningen med den specifikke tænkning om M&M som bestående af metamodelviden og modelleringssevne, i lighed med Gilbert & Justi (2016). Artiklen er samtidig interessant fordi den beskriver designprincipper og iterative forsøg på at udvikle lærerstuderendes M&M-undervisning.

### *Kortlægningen af studerendes M&M-forståelse*

Informeret af litteraturstudiet foretog FoU-gruppen en afdækning af lærerstuderendes forståelse af metamodelviden og modelleringssevne i naturfag forud for vores praksisrettede intervention i M&M-undervisningen på læreruddannelsen. Det kunne have været interessant tilsvarende at kortlægge læreruddanneres M&M-forståelse, men det empiriske grundlag om VIA's naturfagsunderviseres forståelse af M&M var ikke solidt nok til en fordybelse heri. Empiriindsamlingen af de lærerstuderendes M&M-forståelse skete vha. en åben essayskrivning hvor de studerende besvarede følgende spørgsmål: "Hvordan vil I forklare en 7.-klasseselev hvad en model er?", "Hvad vil I sige til elever der spørger: 'Hvad gør en model godt for?'" og "Hvorfor er modeller og modellering så vigtige i naturfag?".

Spørgsmålene er først og fremmest tænkt til at evaluere de studerendes metamodelviden, samtidig med at den konkrete formulering "hvordan vil I forklare..." giver et vist indblik i hvor didaktiseret de studerendes metamodelviden er.

Vi fik svar fra ca. 60 studerende fra udskolingsnaturfagene på læreruddannelsen samt et hold geografilærere på efteruddannelse (KiU, kompetenceløft i undervisningsfag). Essayskrivningen fandt sted ved modulopstart, så for nogle lærerstuderende var det reelt første refleksioner over modellering, mens andre måtte antages at have en vis forudgående viden fra foregående naturfaglige moduler i uddannelsen.

De åbne essayresponsers blev indholdsanalyseret, og dele heraf kodet i NVivo. Den kvalitative indholdsanalyse var deduktiv (Hsieh & Shannon, 2005), guidet af forskningslitteraturens bud på hvad naturfaglige undervisere bør vide for at undervise i modeller og modellering (se fx Oh & Oh, 2011). Det underliggende analytiske rammeværk havde i direkte forlængelse af spørgsmålene dimensionerne *Modellers natur* (4 underkat., N1-N4, se figur 2), *Modellers funktion/formål* (5 underkat., P1-P5) samt *Didaktiske aspekter* (åben kodning).

Den tværgående analyse af de åbne responsers peger på:

- *Visuelle/illustrationsmodeller dominerer* i forklaringen på hvad en model er (ca. 3 ud af 4 inddrager sådanne). Hvad angår konkrete *eksempler*, så har KiU-underviserne flere end de lærerstuderende, som så til gengæld står stærkest i omtalen af typer af modeller. Der anes forskellige vægtninger af modeltyper i de tre naturfag; fx omtaler biologistuderende flere konkrete/fysiske modeller.
- *Ca. halvdelen bemærker at modeller er forsimplinger af virkeligheden*. Visse udsagn er svære at rubricere her; fx er forholdet mellem model og virkelighed ikke aflæseligt i en respons som "Det er en model af virkeligheden". Fornemmelsen er her at der meget nemt kan være tale om en realismeopfattelse og en tro på at model og virkelighed er to sider af samme sag.
- *Hvad angår modellers funktion/formål*, så henviser den overvejende del af de studerende til et læringsperspektiv: at modeller bruges til at eksemplificere, ordne, visualisere, simplificere fænomener så man bedre kan forstå dem. Kun ca. halvt så mange anslår et formidlingsperspektiv: at modeller kan gøre noget abstrakt konkret, hvilket gør det nemmere at forklare. Kun to omtaler at modeller kan bruges til at lave forudsigelser og generere ny viden. Hele den dynamiske side af modelbrug og modellering synes ude af omtalerne.
- *Hvad angår didaktiseringen af forklaringen på modeller og deres funktion*, er det påfaldende at kun ca. 1/4 har en didaktiseret forklaring som i sin formulering og sit valg af virkemidler medtænker den konkrete 7.-klasseselev som var udråbt som målgruppe.

Undersøgelsen gav anledning til overvejelser over hvordan vi kunne forbedre undervisningen om og med modeller på læreruddannelsen. Vi besluttede på den baggrund at lave en intervention der kvalificerede og udbyggede den eksisterende undervisning i modelleringskompetence på læreruddannelsen. Idéen om at udvikle et M&M-format der kunne inspirere alle undervisere i undervisningsplanlægningen med M&M-indhold, blev efterfølgende en realitet. Fremtidige indsatser på læreruddannelsens område bør således tydeliggøre:



Modellers natur ("Nature", N)	Eksempler på responser fra lærerstuderende
<p>N1: Hvilke konkrete eksempler?</p> <p>N2: Hvad er det som modelleres (objekter/observerbare fænomener/abstraktioner...)?</p> <p>N3: Hvilke typer af modeller anføres (verbale, konkrete, illustrationsmodeller, symbolmodeller, animationsmodeller, interaktive modeller)?</p> <p>N4: Nævnes det at modeller principielt er forskellige fra virkeligheden?</p>	<p>N1: Det kan være en model af et atom eller en graf over reaktionshastighed.</p> <p>N1: eksempler på modeller, som fx modeltog, stoffers molekylmodel, model af DNA-struktur.</p> <p>N1: fx hydrotermfigur.</p> <p>N1/N2: En statistik er en model der kan fortælle os noget om en udvikling inden for et område.</p> <p>N1: fx carbonkredsløbet, som vi ikke kan se, men ved hjælp af en model kan forestille os.</p> <p>N2: En model er en visuel forklaring eller beskrivelse af et element eller fænomen.</p> <p>N2: Det kan være et objekt, proces eller system.</p> <p>N2: Det kan være en simpel udgave af noget (en proces) som foregår i virkeligheden.</p> <p>N3: Fysisk repræsentation af noget: graf, billede, håndgribelig figur, noget der støtter en forklaring (visuelt).</p> <p>N3: kan benytte sig af metaforer og analogier. Benytter sig både af tegninger, foto, grafiske udtryk.</p> <p>N3: En model er data som bliver visualiseret vha. grafer, kort m.m.</p> <p>N3: En model kan være mange forskellige ting: kort, fysiske figurer, figurer i lærebøger osv.</p> <p>N3: En model kan være både 2-d og 3-d.</p> <p>N3: grafer, tidslinjer, kort, tabel, fotos osv.</p> <p>N4: En model er en repræsentation af virkeligheden – som oftest rimelig simplificeret.</p> <p>N4: En simpel, forenklet forklaring på virkeligheden.</p> <p>N4: Modeller er en forsimpning af virkeligheden, derfor vil det være et trin på vejen til at forstå virkeligheden.</p>

**Figur 2.** De fire analysekategorier (N1-N4) i dimensionen "Modellers natur"– og eksempler på kodning af (uddrag af) studerendes essayskrivning.

1. At modeller er forenkede repræsentationer af virkeligheden.
2. Animationer (fx simuleringer) og symbolske modeller (fx er matematiske modeller nærmest fraværende i de analyserede redegørelser).
3. Modellering som proces – reelt omtaler ingen dette aspekt.
4. At modeller også kan bruges til at fremskrive, forudsige, udlede ting.
5. Hvilken rolle modeller har i naturvidenskab – de studerende forholder sig udelukkende til modeller som lærings-/undervisningsartefakter.
6. Hvordan man på didaktiseret vis kan forklare elever hvad modeller er – i model-læringsfaglige termer, med bevidst brug af eksempler/analogier og andre virkemidler samt hensyntagen til elevforudsætninger. Micro-teaching eller tilsvarende træningsseancer med respons vil formentlig kunne styrke dette.

Vores heraf afledte intervention beskrives i de næste afsnit. Vi har i undervisningen på læreruddannelsen primært haft fokus på punkterne 1, 3, 4 og 6.

### *Indsamlingen af M&M-praksiseksempler fra læreruddannere i VIA-naturfagsgruppen*

I løbet af 2018 indgik samtlige 15 naturfagsundervisere på læreruddannelserne ved VIA University College i det omtalte fælles kompetenceudviklingsforløb omkring M&M. Rammerne for kompetenceudviklingen var givet fra VIA's ledelse, men indholdet blev defineret af underviserne og med afsæt i erkendte behov fra underviserside. Det blev hurtigt en aftale at hver underviser skulle videoptage mindst ét eksempel på hvorledes hun/han arbejder med/stilladserer lærerstuderendes arbejde med M&M i sin LU-undervisning med henblik på at styrke de lærerstuderendes evne til at løfte tilsvarende undervisning i grundskolen. Videosekvenser og tilhørende rammesætning og refleksioner i en dertil udviklet skabelon skulle uploades til en fælles portal (Iris Connect) og efterfølgende tjene som afsæt for kollegial inspiration og diskussion i forbindelse med næste kompetenceudviklingstræf samt på sigt lægge grunden til en fælles ressourcebank.

Praksiseksemplerne om M&M var meget forskellige, omfattende både underviser- og studerendedrevne aktiviteter med fokus på både metamodelviden og modelleringsevne.

Videoptagelserne blev præsenteret og diskuteret på en fælles udviklingsdag for hele faggruppen. Det blev klart at der inden for faggruppen findes en samling af lærerige og spændende eksempler på/tilgange til M&M-undervisning som gennem videoerne nåede ud og bragte inspiration til alle. Lige så vigtigt var videoerne et frugtbart afsæt for didaktiske samtaler om udvikling af undervisning om modellering. For faggruppens langsigtede udvikling var der således megen værdifuld læring om nytten af at bruge reflekterede videoklip der kunne gennemses og drøftes med kol-

leger. Dette setup kendes fra litteraturen som et Video Club-format (Sherin, 2007) som omdrejningspunkt for professionel udvikling. Erfaringer og indsigter fra drøftelser om de optagede videoer blev efterfølgende overført til aktiviteter der kunne bruges i undervisningen på læreruddannelserne (se nedenfor).

## Tekstboks 2. Eksempler på tilgange til arbejdet med M&M i naturfagsundervisningen på læreruddannelsen.

1. Videreudvikling af en halvfærdig model til en model der fremstår "færdig". Eksempelvis tage udgangspunkt i en tegnet halvfærdig todimensional model og lade lærerstuderende/elever tegne den færdig.
2. Transformation mellem forskellige modeltyper, fx omdanne en analog model til en stop-motion-film.
3. Bruge konkrete artefakter til at forklare et fænomen (fx naturlig selektion, strøm/spænding).
4. Rollespil og micro-teaching af modellering: Studerende agerer på skift elev/eksaminator/observatør og har fokus på spørgsmål der afdækker modelleringskompetence. Evt. videodokumenteret og fremvist.
5. Metamodelvidens-træning: italesættelse af modeltyper, afvejning af fordele og ulemper ved modeller, hvad er i fokus i modellen (hvad bliver fremhævet/undertrykt, virkelighed/model osv.).
6. Modeller og fænomener i en fællesfaglig kontekst. En model kan forstås forskelligt alt efter hvilke "faglige" briller man har på.
7. Modeller i interaktion med undersøgelser (drivhuseffekt, rensningsanlæg, biogasanlæg, landskabsdannelse, vulkanisme osv.).

### *Indhold i og refleksioner over et M&M-format*

På basis af litteraturstudiet, kortlægningen af de studerendes forståelser samt diverse M&M-afprøvninger i naturfagene ved læreruddannelsen i Aarhus blev der formuleret et fleksibelt format for M&M-undervisningen. Formatet er tænkt som en måde at stille viden til rådighed for kolleger på, som støtte og inspiration. Erfaringer fra tidligere formatformuleringer i faggruppen peger på at de kan være værdifulde, i særdeleshed hvis de ikke binder evt. brugere af formatet for meget, men sikrer dem frihedsgrader og professionelle skøn. Det konkrete format er en samling af forskningsbaserede materialer og tilgange som behandler centrale M&M-pointer, og som kan indgå i forløb på meget forskellige måder.

- Kort resumé af den internationale forskningslitteratur om modeller og modellering i undervisningen.
- Forslag til centrale engelsksprogede forskningsartikler til studerende om undervisning i modellering – med tilhørende læsevejledning og arbejdsspørgsmål. En vis stilladsering skønnes nødvendig for at opfylde målet fra centralt hold om at de studerende skal møde originale fagdidaktiske forskningsartikler.
- Oversigt over og kort beskrivelse af forskellige idéer og tilgange til at arbejde med modeller og modellering i læreruddannelsen (“det fælles repertoire” fra lærerkompetenceudviklingsseancerne).
- Et antal konkrete måder at evaluere metamodelviden og modelleringsevne på – hentet fra forskningslitteraturen.
- Videoopgave der kan bruges i forbindelse med praktik/praksissamarbejde. Opgaven går ud på at de studerende afprøver modelleringstiltag i praksis og dokumenterer dette med kortere videorefleksioner (ideelt set på Iris Connect).

I studieåret 18/19 blev undervisningsformatet afprøvet på flere naturfagshold ved læreruddannelsen i Aarhus. Efter at have læst litteratur om modellering og afprøvet forskellige modelleringsaktiviteter i undervisningen fik de studerende således en videoopgave i tilknytning til deres praktik (tekstboks 3).

## Tekstboks 3. Videoopgave om modeller og modellering i tilknytning til praktik

### DIN/JERES OPGAVE/STUDIEPRODUKT [opgaven må godt laves i par/grupper]

- **Planlæg en undervisningssekvens** hvor I arbejder målrettet med at udvikle et eller flere delaspekter af modelleringskompetence. Fasthold planen på skrift.
- **Sørg for at få videologistikken på plads:**
  - Relevant udstyr (mobiltelefon, iPad, evt. Iris Connect)
  - Tilladelse til at filme i den relevante klasse
  - En hjælper, som kan forestå optagelsen.
- **Gennemfør den planlagte undervisning hvor modeller og/eller modellering indgår. Videodokumentér undervisningen så man ser både hvordan I og eleverne arbejder med tingene.** Lærer-elev-interaktioner er én indlysende mulighed.
- **Udvælg videosekvens(er)** som du/I finder særlig interessante og lærerige, og som viser ovenstående. 1-2 klip og i alt maks. 5 min.
- **Lav et refleksionspapir** hvor du/I begrundet hvorfor du/I har valgt netop disse klip: Hvad er for dig/jer det interessante og lærerige? Hvad vil du/I gerne diskutere med andre lærerstuderende i forlængelse af videooptagelsen?
- **Upload materialet**, undervisningsplanen for arbejdet, relevante videoklip samt refleksionspapiret, til en digital platform efter aftale [fx Iris Connect]. Uanset platform skal filerne navngives så det er let at se hvilke tre delprodukter der hører sammen.
- **Efterbehandling og evt. feedback aftales lokalt**, men under alle omstændigheder bliver der mulighed for at vise og diskutere de videoer som knytter sig til holdet.

Som foregrebet i opgaveformuleringen, så foregik efterbehandlingen forskelligt. På et biologihold blev videoklip, optaget i praktikken, diskuteret i forbindelse med et midtvejs-i-praktikken-træf ("fagindkald") i en struktureret Video Club-struktur hvor udvalgte videoer fra praktikken blev kommenteret og drøftet ud fra en dertil udviklet spørgeguide med både åbne og lukkede spørgsmål. På et fysik/kemi-hold indgik videoerne i tillæg til en mundtlig modulprøve hvor de studerende fremlagde og reflekterede over praktikvideoerne.

Da formatet er så fleksibelt, kan det udfoldes på mange forskellige måder, hvilket umiddelbart kan vanskeliggøre evaluering. Imidlertid udgør netop de studerendes

videoer den ultimative test på om formatet er dueligt; de viser jo netop hvorledes de studerende håndterer forskellige M&M-udfordringer i deres spirende praksis: fra lærerstyret italesættelse og diskussion af aspekter af metamodelviden over stilladsering af elever i gang med M&M-aktiviteter til modelbaseret undersøgelse og modellering. I alt ligger vi inde med 40 videoer, heraf 30 med udfoldede refleksioner og post-surveysvar som gør det muligt at sige noget om de lærerstuderendes udbytte af den formatlignende undervisning. Bruger man et hurtigt gennemsyn af videoerne som evalueringsgrundlag, så ser det ud til at det særlige fokus på M&M har haft en effekt: Mange lærerstuderende løfter opgaven med M&M i praktik udmærket og med synlig anvendelse af viden og erfaringer fra dele af formatet. Lærerstuderende har også berettet om at praktiklærere har anerkendt deres (nye og mere fokuserede) øje for brug af modeller og modellering i undervisningen.

FoU-gruppen har imidlertid også udført en mere dybdegående analyse af det samlede empiriske materiale med henblik på at forfølge forskningsspørgsmålene om M&M-PCK som blev formuleret i starten af denne artikel. Resultaterne af denne analyse vil blive offentliggjort senere, hvilket så samtidig bliver den mere tungtvejende dokumentation af formatets duelighed.

## Diskussion – implikationer og perspektiver

Man kan gøre udbyttet af M&M-projektet op på forskellige niveauer:

- *På niveau af den enkelte naturfaglige læreruddanner i VIA.*

I tråd med den internationale litteratur er det relevant at tale om professionel udvikling i termer af tilvækst i M&M-PCK (se omtale i Gilbert & Justi, 2016). Vi har desværre ikke søgt empirisk at kortlægge udviklingen i de involverede læreruddannernes M&M-PCK – “desværre” fordi der faktisk mangler forskningsstudier på dette område. Imidlertid er der ingen tvivl om at udbyttet har været meget forskelligt, alt efter om læreruddanneren har haft tid og mulighed for at deltage i FoU-arbejdet og/eller ladet sig involvere i afprøvninger i eget klasserum. Jo mere den enkelte har haft mulighed for at være aktiv i forhold til afprøvning (“enactment”) og refleksion (“reflection”), desto større professionelt udbytte – helt i overensstemmelse med The Interconnected Model of Professional Growth (Clarke & Hollingsworth, 2002). Gilbert & Justis (2016, s. 232-233) bud på M&M-PCK bygger på Magnusson et al.s (1999) generelle PCK-dimensioner og elaborerer inden for disse dimensioner M&M-videnselementer på en måde som er helt konsistent med denne artikel. Når man kigger tilbage på udviklingsforløbet, så er det klart at det største professionelle læringsudbytte knytter sig til dimensionen “viden og overbevisninger om instruktionsstrategier der kan bruges i modelbaseret undervisning”. Alle lærerud-

dannere har således fået kendskab til nye M&M-strategier, heraf adskillige som retter sig mod modellering som proces. Yderligere vil alle have fået bearbejdet deres holdninger med hensyn til at bringe M&M ind i undervisningen, formentlig både hvad vigtigheden af at gøre dette og hvad troen på egne evner til at gøre det på kvalificeret vis angår.

- *På niveau af den naturfaglige lærergruppe på tværs i VIA.*

I udgangspunktet har det ikke givet mening at opfatte den naturfaglige lærergruppe på tværs i VIA som et professionelt læringsfællesskab (PLC). Afstandene i VIA-land er pænt store, og der er for få fælles undervisnings-/FoU-opgaver og interaktioner til at etablere udviklingen af fælles værdier, et delt repertoire, ritualiserede måder at mødes og samarbejde på, et forsknings- og empiribaseret udviklingsperspektiv osv. Alt sammen karakteristika ved et bæredygtigt PLC (se fx Bolam et al., 2006). Ved forløbets afslutning i foråret 2019 er der fortsat et godt stykke vej før man vil kunne karakterisere lærergruppen som et PLC. I PLC-termer er det asymmetriske deltager- og udbyttemønster ikke overraskende – således opererer teorien for professionelle praksisfællesskaber direkte med at nogle mere eller mindre bærer den aktuelle praksis, mens andre indtager en rolle som “legitim perifer deltager”. På alle de omtalte PLC-dimensioner er der imidlertid tale om skridt i den rigtige retning, dog nok først og fremmest hvad angår udviklingen af et delt repertoire og skridt i retning af at etablere en praksis omkring kollegial deling.

- *På niveau af den enkelte lærerstuderende.*

Med den større opmærksomhed på M&M fra undervisnerside samt formatet og de relaterede interventioner er der grund til at tro at alle naturfaglige lærerstuderende faktisk har fået en større ballast, både hvad angår metamodelviden og træning i at modellere og forstå modellering. Hvor langt denne tro rækker, vil blive udfoldet i en kommende forskningsartikel med analyser af vores lærerstuderendes videooptagelser af deres M&M-undervisning. Samtidig har vores studerende fået indsigt i hvorledes fx kollegadrøftelse af videoklip fra praksis kan drive en praksisudvikling – et udbytte som potentielt kan understøtte livslang læring i hvervet.

Vi kan i øvrigt nævne at en lærerstuderende fra VIA vandt 2019-prisen for årets naturfaglige bacheloropgave – med en opgave med titlen “Modeller og modellering” (<https://www.folkeskolen.dk/698750/bachelor-vi-skal-undervise-om-modeller---ikke-kun-med-modeller>). Opgaven tager afsæt i den forbedrede M&M-undervisning i VIA Aarhus og er et godt eksempel på hvad en ambitiøs og reflekteret studerende har fået ud af denne. Et eksempel, men bestemt ikke tilfældigt.

## Et metablik på M&M-udviklingsforløbet som vej til professionel udvikling

En række forhold har bidraget til at gøre M&M-udviklingsforløbet så relativt vellykket:

- *Et deltagererkendt og oplevet behov for udvikling på området*  
Modsat mange andre udviklingstiltag på LU-området udspringer initiativet af et bredt anerkendt udviklingsbehov hos de deltagende undervisere. Selvom der er tale om et modsvar på forandringer i folkeskolen, så har der entydigt været et bottom-up-perspektiv – med alt hvad dette vanligvis betyder af ejerskab og motivation.
- *Projektets fokus på kvalitetsforbedring af kerneydelsen i LU: den naturfaglige undervisning og de lærerstuderendes evne til at forstå M&M-undervisning*  
I en markedsstyret FoU-verden hører det til undtagelsen at der bedrives FoU på områder med specifik interesse for selve læreruddannelsen. Mange af de FoU-projekter som naturfagsgruppen i VIA vanligvis indgår i, knytter sig til eksterne agendaer med varierende LU-relevans, og deres bidrag til udvikling af læreruddannelsen forbliver marginal og tilfældig. Desto vigtigere og desto mere givtigt har dette udviklingsprojekt været.
- *At der har været ressourcer til at forskningsforankre forløbet*  
Det forskningsbaserede litteraturreview har været et vitalt afsæt for alle senere elementer af forløbet. Derudover har de formulerede forskningsspørgsmål fastholdt fokus og stimuleret til aktivitet, både i underviserkredsen og i forhold til at inddrage de studerende i empiriindsamling i deres praktik.
- *Produktrettetheden – fastholdelse af refleksioner og erfaringer på artefaktform*  
E. Wenger (Wenger, 1998) pointerer netop vigtigheden af at refleksioner og erfaringer fastholdes i professionelle praksisfællesskaber – en proces han betegner som reificering. I det konkrete forløb har formuleringen af et fælles format fungeret som reificering på et kollegialt, brugerrettet og praksisnært niveau. Producerede forskningsartikler (som denne) er i udgangspunktet også en reificering, men som sådan har den større værdi for det mindre fællesskab af forskningsinvolverede end for undervisergruppen som helhed.
- *Den tidlige støtte til fælles kompetenceudvikling i faggruppen*  
Al litteratur om professionel udvikling fremhæver tidsfaktoren som vigtigst af alt, både fri tid for den enkelte til at deltage, men nok så vigtigt også *fælles* tid til at mødes og udveksle/udvikle (fx Loucks-Horsley et al., 2010). I udgangspunktet blev der stillet 30 timer til rådighed for hver deltager i faggruppens kompetenceudvikling. Undervejs blev timepuljen imidlertid reduceret, og det planlagte sidste fælles faggruppemøde endte med at blive inddraget af administrationen til andre formål. Efterfølgende har man frafaldet den faggruppebaserede og -styrede kompetenceudvikling i VIA – i Aarhus har man det seneste år således ladet den enkelte selv



disponere sin kompetenceudviklingspulje, mens man i det kommende år er gået i den anden styringsmæssige grøft ved at insistere på at al kompetenceudvikling skal ske inden for to udmeldte temaer. Moralen er at projektet har ramt et usædvanlig gunstigt øjeblik hvor forskningens anbefaling af både fælles udvikling og ejerskab har kunnet udfoldes.

## Implikationer og aktuelle næste skridt

Som antydnet er det ikke indlysende hvornår der på ny åbner sig muligheder for fælles kompetenceudvikling og PLC-kvalificering i den større naturfagsgruppe i VIA. Imidlertid er der ingen tvivl om at dele af gruppen vil videreudvikle dele af M&M-tænkningen og elementerne fra dette forløb.

- Konkret arbejder FoU-gruppen på at analysere og besvare forskningsspørgsmål 2-4 fra denne artikels optakt. Når der er skabt klarhed over de lærerstuderendes udbytte af vores format og intervention, så skal indsigten bruges til iterativt at justere det formulerede format.
- Der tegner sig allerede et mønster af at modellering som proces hverken står stærkt i de studerendes tænkning om M&M eller i deres praktikaoprøvnings. Det er indlysende et indsatsområde at styrke dette i undervisningen, både med fokus på tilgange (fx model-based inquiry) og særlige værktøjer som kan stilladsere elevers modelleringsarbejde (både kvalitativt og kvantitativt).
- Dele af disse bestræbelser skal forskningsinddækkes, fx ved at interne FoU-timer reserveres til formålet. Alternativt er der planer om at søge eksterne fondsmidler til formålet.
- Vi har været igennem en meget lærerig proces, og vi ønsker at vores nyhøstede viden kommer til gavn i feltet. Hvis der gives mulighed for det, så bidrager vi gerne til efteruddannelse – med et professionelt læringsforløb om M&M for *naturfaglige undervisere i grundskolen*.

Den her beskrevne professionelle udvikling er således kun et løfterigt første skridt.

## Referencer

- Bamberger, Y.M. & Davis, E.A. (2013). Middle-School Science Students' Scientific Modelling Performances Across Content Areas and Within a Learning Progression. *International Journal of Science Education*, 35(2), 213-238. <https://doi.org/10.1080/09500693.2011.624133>.
- Clarke, D. & Hollingsworth, H. (2002). Elaborating a model of teacher professional growth. *Teaching and Teacher Education*, 18(8), 947-967.

- Giere, R.N. (1999). Using models to represent reality. I: Magnani, L., Nersessian, N.J., Thagard, P. (red.), *Model-based Reasoning in Scientific Discovery* (s. 41-57). Kluwer/Plenum.
- Gilbert, J.K. & Justi, R. (2016). *Modelling-based Teaching in Science Education* (Series: Mo; S. I. Publishing, ed.).
- Gilbert, J.K. (2004). Models and modelling: Routes to more authentic science education. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 2(2), 115-130. <https://doi.org/10.1007/s10763-004-3186-4>.
- Grosslight, L., Unger, C., Jay, E. & Smith, C.L. (1991). Understanding models and their use in science: Conceptions of middle and high school students and experts. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(9), 799-822. <https://doi.org/10.1002/tea.3660280907>.
- Hsieh, H.F. & Shannon, S.E. (2005). Three approaches to qualitative content analysis. *Qualitative Health Research*, 15(9), 1277-1288. <https://doi.org/10.1177/1049732305276687>.
- Kenyon, L., Davis, E.A. & Hug, B. (2011). Design Approaches to Support Preservice Teachers in Scientific Modelling. *Journal of Science Teacher Education*, 22(1), 1-21. <https://doi.org/10.1007/s10972-010-9225-9>.
- Krogh, L.B. & Daugbjerg, P. (2018). Fællesfagligheden til prøve. *MONA (Matematik Og Naturfagsdidaktik)*, 4, 28-54.
- Loucks-Horsley, S., Stiles, K.E., Mundry, S., Love, N. & Hewson, P.E. (2010). *Designing Professional Development for Teachers of Science and Mathematics* (3rd.). Thousand Oaks, California: Corwin Press.
- Nicolaou, C.T. & Constantinou, C.P. (2014). Assessment of the modelling competence: A systematic review and synthesis of empirical research. *EDUCATIONAL RESEARCH REVIEW*, 13, 52-73. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2014.10.001>.
- Oh, P.S. & Oh, S.J. (2011). What teachers of science need to know about models: An overview. *International Journal of Science Education*, 33(8), 1109-1130. <https://doi.org/10.1080/09500693.2010.502191>.
- Ringnes, V. & Hannisdal, M. (2014). *Kjemi fagdidaktikk* (3rd.). Cappelen Damn Akademisk.
- Schwarz, C.V., Reiser, B.J., Davis, E.A., Kenyon, L., Achér, A., Fortus, D.,... Krajcik, J. (2009). Developing a learning progression for scientific modelling: Making scientific modelling accessible and meaningful for learners. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(6), 632-654. <https://doi.org/10.1002/tea.20311>.
- Sherin, M.G. (2007). The development of teachers' professional vision in video clubs. In *Video research in the learning sciences* (pp. 383-395). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Tao, P.K. (2003). Eliciting and developing junior secondary students' understanding of the nature of science through a peer collaboration instruction in science stories. *International Journal of Science Education*, 25(2), 147-171. Retrieved from jcr: [http://isi3.isilinks.com/gateway/Gateway.cgi?GWVersion=2&SrcAuth=JCR&SrcApp=PRODUCT\\_NAME&SrcURL=http%3A//wos1.isiknowledge.com/CIW.cgi&SrcImageURL=http://isi3.isilinks.com/images/tbwos.gif&KeyRecord=0950-0693&DestApp=JCR&PointOfEntry=Impact](http://isi3.isilinks.com/gateway/Gateway.cgi?GWVersion=2&SrcAuth=JCR&SrcApp=PRODUCT_NAME&SrcURL=http%3A//wos1.isiknowledge.com/CIW.cgi&SrcImageURL=http://isi3.isilinks.com/images/tbwos.gif&KeyRecord=0950-0693&DestApp=JCR&PointOfEntry=Impact).

- Treagust, D.F., Chittleborough, G. & Marniala, T.L. (2002). Students' understanding of the role of scientific models in learning science. *International Journal of Science Education*, 24(4), 357-368. <https://doi.org/10.1080/09500690110066485>.
- Tytlar, R., Prain, V., Hubber, P. & Waldrup, B. (2013). *Construction Representations to Learn Science*. Sense Publishers.
- Van Driel, J.H. & Verloop, V. (2002). Experienced teachers' knowledge of teaching and learning of models and modelling in science education. *International Journal of Science Education*, 24(12), 1255-1272. Retrieved from jcr: [http://isi3.isilinks.com/gateway/Gateway.cgi?GWVersion=2&SrcAuth=JCR&SrcApp=PRODUCT\\_NAME&SrcURL=http%3A//wos1.isiknowledge.com/CIW.cgi&SrcImageUrl=http://isi3.isilinks.com/images/tbwos.gif&KeyRecord=0950-0693&DestApp=JCR&PointOfEntry=Impact](http://isi3.isilinks.com/gateway/Gateway.cgi?GWVersion=2&SrcAuth=JCR&SrcApp=PRODUCT_NAME&SrcURL=http%3A//wos1.isiknowledge.com/CIW.cgi&SrcImageUrl=http://isi3.isilinks.com/images/tbwos.gif&KeyRecord=0950-0693&DestApp=JCR&PointOfEntry=Impact).
- Wenger, E. (1998). *Communities of Practice: Learning, Meaning, and Identity*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Windschitl, M., Thompson, J. & Braaten, M. (2008). *Beyond the Scientific Method: Model-Based Inquiry as a New Paradigm of Preference for School Science Investigations*. 941-967. <https://doi.org/10.1002/sce.20259>.
- Wohlin, C. (2014). Guidelines for snowballing in systematic literature studies and a replication in software engineering. Proceedings EASE 2014, *Proceedings of the 18th International Conference on Evaluation and Assessment in Software Engineering*, Article No. 38.

## English abstract

*Teacher Education in Denmark educates not only the next generation of science teachers but also provides in-service training for science teachers. However, what about conditions for professional development (TPD) of teacher educators themselves? In this article we describe a TPD-project that focused on models and modelling, and involved science educators across VIA UC. The project integrated TPD activities in the science group and R&D activities and it was supported by a range of organizational factors. The article makes explicit essential findings (about models, teacher students' conceptions of models, strategies for teaching models and modelling) that may be useful for others aiming for research-based upgrades of modelling teaching.*

# 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.

# Modelleringsprocessen



Jørgen Løye Christiansen,  
Center for Skole og Læring,  
Professionshøjskolen  
Absalon.

*Kommentar til Claus Auning: "Modellering som proces i naturfagsundervisningen", MONA, 2020, 1: 6-25.*

Baseret på undervisningsformen "modelbaseret undersøgelse" beskriver Claus Auning hvordan procesorienterede modelaktiviteter kan bidrage til elevernes forståelse. Elever fra 6 udskolingsklasser har skullet fremstille egne modeller for at forklare en observation (implodering af tankvogn der er blevet damprenset og efterfølgende hermetisk lukket).

I et forsøg på at forklare observationen skulle eleverne konstruere deres egne modeller for bl.a. at forstå og forklare varmeenergi og molekylebevægelser. Resultatet var at eleverne gennem de procesorienterede modelaktiviteter opnåede en signifikant udvikling i deres modelbaserede forklaringer.

Målet med modelleringen i ovennævnte er ikke, sat på spidsen, at gøre eleverne mere modelleringskompetente, men modelleringen bliver et middel til at gøre eleverne klogere på varmeenergi, molekylebevægelser og tryk.

Spørgsmålet er om det er hensigtsmæssigt at den modelbaserede undersøgelse af forløbet er så relativt stramt styret af læreren. Det er jo læreren der rammesætter de tillægsaktiviteter der bidrager med forståelse af processer som indgår i elevernes modelleringsprogression.

Den høje grad af lærerstyring gør det også svært at vurdere i hvor høj grad det er elevernes modellering der gør eleverne klogere på varmeenergi, molekylebevægelser og tryk, eller om det er den lærerinitierede undervisning der gør eleverne klogere.

Det er forståeligt at det beskrevne forløb (Auning, 2020) er designet på denne måde da det giver større mulighed for at bedømme elevernes udvikling i deres forståelse af bl.a. varmeenergi og molekylebevægelser når der på tværs af klasser skal sammenlignes. Auning er dog selv opmærksom på problematikken, da han sidst i artiklen skriver at:

*“Eleverne ser videoen af tankvognen der imploderer, og læreren “fører” dem efterfølgende igennem en række nøje overvejede aktiviteter der skal hjælpe eleverne med at forstå og forklare hvad der skete. Men vil eleverne kunne bruge denne viden på andre tilsvarende fænomener? Og vil eleverne være i stand til at bruge en sådan modelbaseret tilgang når de arbejder projektorienteret med egne problemer/fænomener? Disse problemstillinger kræver mere forskning, men de rummer interessante perspektiver for det fremtidige arbejde med modellering, især da eleverne i en kompetencetænkning selv skal være i stand til at bruge modellering som et element i deres selvstændige undersøgelser” (Auning, 2020, s. 24).*

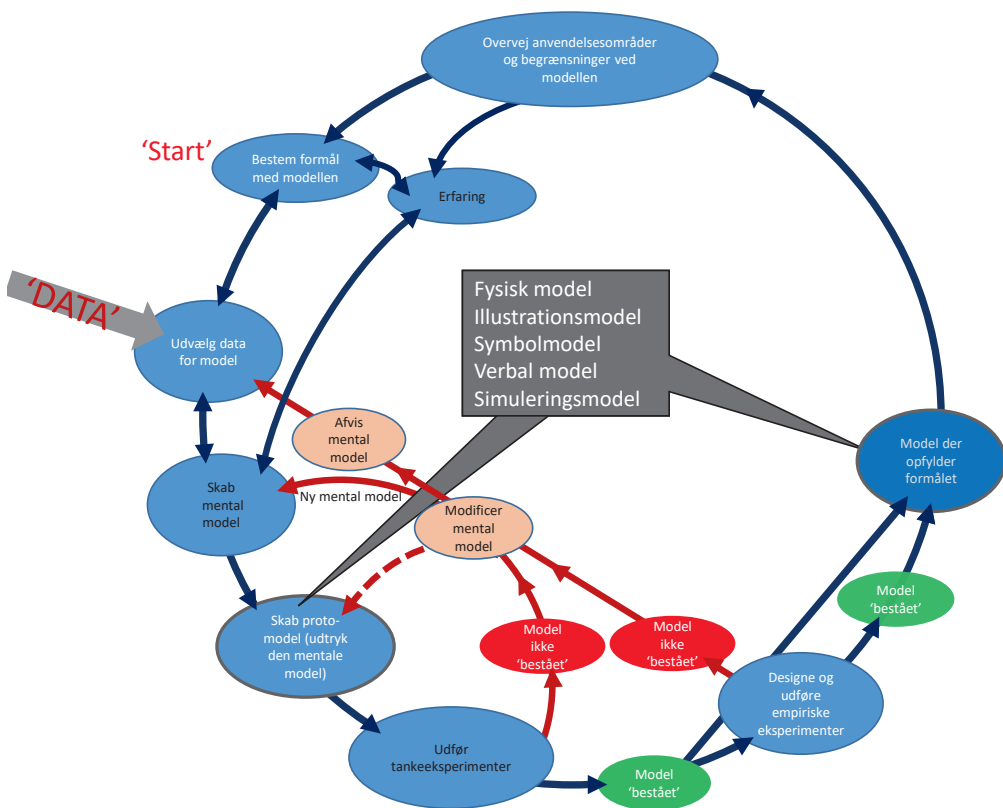
I min optik er det netop denne sidste del af ovenstående citat der er det vigtige i at gøre eleverne modelleringskompetente. For hvad ville der ske hvis processen blev sat fri – hvis eleverne selv skulle vælge deres modelleringsmål og den resulterende dataindsamlingsstrategi? Erkender de så til at starte med at deres model givetvis er mangelfuld? Hvis “ja”, hvad er så deres strategi til at komme videre? Kan de selvstændigt og aktivt gå igennem modelleringsprocessen?

En modelleringsproces involverer talrige processer og overvejelser som modeldesigneren gennemgår. Det er givetvis umuligt at definere en metode som i detaljen beskriver hvilke faser der gennemgås, og i hvilken rækkefølge, hver gang der modelleres. Nedenfor har jeg dog forsøgt at skitsere en modelleringsproces (se figur 1).

Det første modeldesigneren (eller eleven der skal påbegynde modelleringen) gør, er at tænke over hvad der skal være mål og middel ifm. modelleringsaktiviteten, altså bl.a. hvad der skal modelleres og formålet med modelleringen. I en undervisnings-situation er det dog oftest læreren der definerer dette. I den indledende fase veksler modeldesigneren ofte kontinuerligt mellem 1) formål med modellen, 2) erhvervelse af erfaringer med modellens *target* (den del af virkeligheden som modellen har til hensigt at repræsentere), 3) udvælgelse af relevante data for modelleringen og 4) skabelse af en mental model. Det er illustreret i venstre side af figur 1 (hvor der står “Start” og “DATA”).

Men på et tidspunkt skal den mentale model “ud af hovedet” og udtrykkes i en form så andre kan “se” den. Der skabes derfor en proto-model som vi her eksempelvis kan forestille os er en illustrationsmodel (se endv. Christiansen et al., 2019). Modeldesigneren tænker over hvorvidt modellen evner at beskrive det tiltænkte, dvs. udfører tankeeksperimenter. Hvis modellen kikser her, kan man sige at modellen ikke har bestået tankeeksperiment-testen, og den mentale model skal modificeres, dvs. der laves en ny proto-model. Denne del af modelleringskredsløbet kan genbesøges talrige gange, og ofte går det så hurtigt at andre der observerer processen, ikke lægger mærke til hvor mange “runder” der tages i denne del af modelleringskredsløbet (se de røde dele af figur 1). Der kan eksempelvis være tale om at modeldesigneren kommer i tanke om at der er nogle relationer der ikke er udtrykt på proto-illustrationsmodellen (fx mang-

lende pile på tegning af tankvogn). Modellen består derfor ikke tankeeksperiment-testen, og der skabes derfor en modificeret (ny) mental model som udtrykkes via en ændret proto-model (pile tegnes), og der tænkes igen over om "alt" er efter hensigten. Måske synes modeldesigner at der skal være forskel på størrelsen af pile der på tegningen indikerer trykket, således at højere tryk er repræsenteret ved større pile end lavere tryk. På et tidspunkt består modellen modeldesigners tankeeksperimenter og kan enten direkte forelægges for andre eller verificeres gennem empiriske eksperimenter og derefter udtrykkes som model der opfylder modeldesigners formål. Det kan herefter vurderes hvad modellen med fordel kan bruges til, og hvilke begrænsninger den har ift. at give forklaringer på virkeligheden. Dette kan så afstedkomme et ønske hos modeldesigneren om at udvikle en model med en større forklaringskraft end oprindeligt ønsket. Hvorefter en ny "runde" i "modelleringskredsløbet" kan påbegyndes.



Jørgen Løye Christiansen, delvis baseret på Justi og Gilbert, 2002 & Gilbert og Justi, 2016, 2018

**Figur 1.** Skitseret oversigt over modelleringsprocessen.

Når målet er at gøre eleverne modelleringskompetente, skal de selv kunne igangsætte og gennemføre modelleringsprocessen, men det kræver at de bliver fortrolige med

den og de værktøjer der gøres brug af. Altså skal eleverne på sigt have et kendskab til og forståelse af modeltyper. De kan jo kun vælge en udtryksform de kender til. Men de skal også i naturfag undervises i visuelle virkemidler, for når modellen skal udtrykkes, startes der på en kommunikation som har en modtager (ofte andre end modeldesigneren selv). Eleverne skal derfor vide hvad der modelleringsmæssigt er en effektiv visuel kommunikation (verbale modeller har naturligvis en anden udtryksform). De skal have en generel forståelse for modellers styrker og svagheder (egentlig skal eleverne have en generel overfaglig forståelse af modeller og modellering, kaldet metamodellering) og en forståelse for forskellen mellem modeller og modellering. Da modelleringsprocessen ofte foregår i interaktion med andre, er der brug for at kunne argumentere og forstå argumentation, hvorfor dette også bør være en del af modelleringsundervisningen.

Hos Auning (2020) er der en relativ stram lærerstyring af modelleringsprocessen hvor de tre basale illustrationer af tankvognen før, under og efter imploderingen er præfabrikeret. Den faglige læsning og modelforsøgene er aktiviteter og undersøgelser der er udvalgt af læreren. Eleverne kan derfor siges at være på en guidet tur. Det kan der isoleret set være god ræson i hvis målet er faglig forståelse. Men den modelleringskompetente elev bør selvstændigt kunne gennemføre modelleringsprocessen og kunne argumentere for egne valg og fravalg undervejs i processen.

## Referencer

- Auning, C. (2020). Modellering som proces i naturfagsundervisningen. *MONA* (1), 6-25.
- Christiansen, J.L., Andersson, J., Hansen, D., Jensen, M.-A. S., Kinnerup, L.B. & Lilius, K.M. (2019). Brug af modeller og modellering i udskolingens naturfagsundervisning. *MONA* (4): 8-27.
- Gilbert, J.K. & Justi, R. (2016). *Modelling-based Teaching in Science Education*, Springer.
- Gilbert, J.K. & Justi, R. (2018). Introducing Modelling into School Science. In: Yeo J., Teo T., Tang K.S. (eds), *Science Education Research and Practice in Asia-Pacific and Beyond*. Springer, Singapore, 25-38.
- Justi, R. & Gilbert, J. (2002). Teachers' views on the nature of models. *International Journal of Science Education*, 25 (11), 1369-1386.
- Justi, R. & Gilbert, J. (2006). The Role of Analog Models in the Understanding of the Nature of Models in Chemistry. In: Aubusson P.J., Harrison A.G., Ritchie S.M. (eds), *Metaphor and Analogy in Science Education*. Science & Technology Education Library, vol 30. Springer, Dordrecht, 119-130.



# 6F-modellen – en god støttestruktur for undersøkelsesbasert undervisning



Majken Korsager,  
Naturfagsenteret,  
Universitetet i Oslo, Norge

*Kommentar til artikkelen “Undersølgelsesbasert undervisning: 6F-modellen – dens tilblivelse og utvikling i Danmark” af Lene Møller Madsen, Robert Evans og Jesper Bruun i MONA 2020-1*

Med artikkelen “Undersølgelsesbasert undervisning: 6F-modellen – dens tilblivelse og utvikling i Danmark” ønsker forfatterne Møller Madsen, Evans og Bruun å øke kjennskapet til 6F-modellen, dels for å ha en dialog om, og dels for å øke anvendelsen av, undersøkelsesbasert undervisning i dansk ungdomsutdanning. I artikkelen beskrives et undervisningsforløp for gymnasieelever basert på 6F-modellen, inkludert didaktiske kommentarer til lærere for hver av 6F-fasene. Videre beskriver artikkelen opphavet til 6F-modellen og knytter det til læringsteori. Avslutningsvis viser forfatterne til empiriske studier av 6F-modellen og drøfter læreres utfordringer og fordeler ved bruk av modellen. I denne kommentaren drøftes på hvilken måte forfatterne oppnår hensikten med artikkelen, samt hvordan 6F-modellen kan være en støttestruktur for undersøkelsesbasert undervisning.

## Øke kjennskapet til 6F- modellen

Ved å beskrive et undervisningsforløp i detaljer, inkludert didaktiske kommentarer, får lesere av artikkelen et helt konkret eksempel på hvordan 6F-modellen kan brukes til å planlegge og gjennomføre undersøkelsesbasert undervisning. Eksempelet tyde-

liggjør hvordan de seks fasene kan gjennomføres i praksis og er så pass detaljerte at de vil kunne brukes som en lærerveiledning. De didaktiske kommentarene gir et godt læringsteoretisk grunnlag og gode argumenter for hver av fasene. Et eksempel er i fasen "Forudsætning", der elevene skal beskrive og tolke et fotografi av en frosk som fanger et insekt. Det er flere formål med aktiviteten. Et av formålene er å *aktivere elevenes forkunnskaper* og gjøre disse synlige for læreren. I tillegg tilrettelegger aktiviteten for mer affektive hensyn, som det å gi elevene mestringsfølelse og autonomi og motivere dem til videre utforskning og undersøkelse, samtidig som det gir læreren en ide om hvor engasjerende emnet er for elevene. Ved å skape et positivt affektivt utgangspunkt kan elevenes mestringsfølelse og mestringsforventning styrkes, noe som er en viktig kilde til motivasjon (Skaalvik & Skaalvik, 2015). Det å aktivere elevers forkunnskaper ved å legge til rette for at elevene kan knytte ny kunnskap opp mot det de allerede vet, har stor betydning for videre læringsutbytte. Dessverre viser en norsk studie at selv om mange lærere aktiverer elevers forkunnskaper med ulike metoder, bruker de ofte ikke dette videre i undervisningen (Haug & Ødegaard, 2015).

Forfatterne beskriver imidlertid hvordan man kan bygge videre på elevenes forkunnskaper og ideer i Fang-fasen. Å skape motivasjon hos elevene er viktig for læring, og kanskje spesielt innen undesøgelbasert undervisning som krever at elevene er både praktisk og kognitivt aktive (Minner, Levy & Century, 2010). I en reviewstudie av Potvin og Hasni (2014) konkluderes det med at måten faget undervises på er viktigere for elevenes motivasjon enn emnet eller temaet de undervises i. Videre viser studien at undesøkelbasert undervisning og det å få samarbeide var det som motiverte elevene mest. I den didaktiske kommentaren i Fang-fasen fremheves nettopp viktigheten av å øke elevenes motivasjon ved ikke å vurdere eller korrigere elevenes ideer, men heller oppmuntre dem til å bruke egne observasjoner og idéer til å forklare frøspyttets egenskaper. Når elevene videre skal forske på fenomenet, vil utgangspunktet i deres egne ideer være viktig for elevenes følelse av eierskap og autonomi. Det å la elevene sette ord på egne ideer gjør at de også får mulighet for å kommunisere, diskutere og reflektere over egen forståelse, noe som er helt sentralt for læring (Driver, Asoko, Leach, Scott, & Mortimer, 1994; Mercer, 2002) og en viktig del av undersøkelsesbasert naturfagsundervisning (Bell, Urhahne, Schanze, & Ploetzner, 2010).

## Fra 5E til 6F

Som Møller Madsen, Evans og Bruun skriver, tar 6F-modellen utgangspunkt i 5E-modellen (Bybee et al., 2006; Bybee, 2009), som er en måte å strukturere undersøkelsesbasert undervisning på. De fem E-ene, som kommer fra de engelske ordene Engage, Explore, Explain, Elaborate og Evaluate, er på dansk blitt oversatt til Fang, Forsk, Forklar, Forlæng og Feedback.

I 6F-modellen har man valgt å dele Engage – fasen inn i to ulike faser: Forudsætning og Fang. Det er i artikkelen ikke noen tydelig begrunnelse for denne delingen, men utfra studier som viser at mange lærere ikke tar hensyn til elevenes forkunnskaper i undervisningen (Haug & Ødegaard, 2015), virker dette som et fornuftig valg. Likevel savnes det her en tydeligere drøfting av den ekstra fasen Forlæng.

En annen forskjell på 5E-modellen og 6F-modellen er en navneendring av Evaluering-fasen til Feedback-fasen. Endringen begrunnes med at konstruktiv formativ feedback er viktig, spesielt i undersøkelsesbasert undervisning. Formativ feedback er en prosess hvor læreren innhenter og tolker informasjon om elevers tenkning og forståelse, for så å bruke denne informasjonen som utgangspunkt for tilbakemeldinger til elever og justering av undervisning (Black & Wiliam, 1998). Formativ feedback er viktig for både elever og lærere. Kontinuerlig formativ feedback styrker elevers læring (Harlen, 2012). Samtidig gjør feedback-prosessen at læreren får innsikt i elevenes forståelse og dermed kan tilpasse undervisningen underveis slik at den passer elevenes nivå, men også motivere dem til å utforske/undersøke. Det å endre Evaluering-fasen til en Feedback-fase som inngår i alle de andre fasene er også gjort i den norske versjonen av 5E-modellen (Fiskum & Korsager, 2017), men her forstås fasen som både formativ og summativ vurdering. Grepet med å endre Evaluering-fasen til Feedback –fasen er dermed godt didaktisk begrunnet og kanskje noe av det viktigste for å få til god undervisning, spesielt i undersøkelsesbasert undervisning der elevene i stor grad er delaktige i å forme i undervisningsforløpet.

## En god støttestruktur er sentralt for læring i undersøkelsesbasert undervisning

Med artikkelen ønsker forfatterne å øke kjennskapet til 6F- modellen dels for å ha en dialog om, og øke anvendelsen av, undersøkelsesbasert undervisning i danske ungdomsutdannelse. Et viktig formål med undervisning, og spesielt undervisning på høyrere nivå enn folkeskolen, er dybdelæring.

Flere studier har vist at undersøkelsesbasert undervisning kan virke motiverende for elevene, øke elevenes begrepsforståelse og bidra til dybdelæring (Schwartz, Lederman, & Crawford, 2004). Men for å oppnå dybdelæring er det ikke likegyldig hvordan læreren legger til rette for undersøkelsesbasert undervisning. Studier viser at åpne forsøk uten klare mål og med minimal veiledning, har dårlig effekt på elevers læringsutbytte (Kirschner, Sweller, & Clark, 2006). Utfordringen med lukkede forsøk er at de kan oppleves som lite motiverende for elevene, da det handler om å reproducere noe som mange andre har gjort før dem. I åpne forsøk kan det imidlertid være at elevene opplever at det blir for mange valg som de ikke kan håndtere. Konsekvensen av det kan bli at elevene opplever kognitiv overbelastning som hemmer læring (ibid.)

I undersøkelsesbasert undervisning kan det være hensiktsmessig å ha en fase der elevene gjennomfører aktiviteter (Forsk) for å innhente data som de i en senere fase (Forklar) skal tolke og analysere. Det er særlig i Forklar-fasen, der elevene blir utfordret til å bearbeide dataene sine, at dybdelæringen kan skje.

Til tross for at undersøkelsesbasert undervisning kan være hensiktsmessig, viser studier at undersøkelsesbasert undervisning og eksperimenter generelt er lite vektlagt. Det brukes langt mer tid på at læreren gjennomgår nytt innhold enn på at elevene planlegger eksperimenter, tolker data, observerer og forklarer fenomener (Nilsen & Frøyland, 2016). En forklaring kan, som nevnt i artikkelen, være at lærere opplever tidsutfordringer knyttet til undersøkelsesbasert undervisning (e.g. Holm, 2018; Raabe, 2019). Dette er i samsvar med andre studier som har vist at lærere synes undersøkelsesbasert undervisning er en tidskrevende og kompleks arbeidsform og at de savner didaktiske støttestrukturer (Bjønness & Kolstø, 2015).

Likevel, så lenge det er konsensus om at målet med undervisning ikke er å komme gjennom stoffet, men derimot å øke elevers læring slik at de forstår komplekse sammenhenger og evner å overføre kunnskap fra én situasjon til en annen, er veien dit en undervisning som øker elevenes motivasjon og legger til rette for dybdelæring. I en slik prosess er undersøkelsesbasert undervisning en tilnærming som er velegnet, så lenge lærere har gode støttestrukturer. Her er 6F-modellen en støttestruktur som er didaktisk godt begrunnet og utprøvd, og dermed virker svært godt egnet for bruk også i danske ungdomsutdannelser. Med artikkelen "Undersøkelsesbasert undervisning: 6F-modellen – dens tilblivelse og utvikling i Danmark" gir Møller Madsen, Evans og Bruun dessuten leserne veiledning og støtte for å kunne ta i bruk 6F-modellen og dermed praktisere undersøkelsesbasert undervisning.

## Referencer

- Bell, T., Urhahne, D., Schanze, S., & Ploetzner, R. (2010). Collaborative inquiry learning: Models, tools, and challenges. *International journal of science education*, 32(3), 349- 377.
- Black, P., og Wiliam, D. (1998). Assessment and classroom learning. *Assessment in Education*, 5, s. 7-74. On the Relationship between Assessment for Formative and Summative Purposes. In Gardner, J. (Ed.), *Assessment and learning* (2nd ed.,s. 87-102). SAGE Publication Ltd.
- Bjønness, B., & Kolstø, S. D. (2015). Scaffolding open inquiry: How a teacher provides students with structure and space. *Nordic Studies in Science Education*, 11(3), 223-237).
- Bybee, R.W., Taylor, J.A., Gardner, A., Van Scotter, P., Powell, J.C., Westbrook, A. & Landes, N. (2006). *The BSCS 5E instructional model: Origins and effectiveness*. Colorado Springs: BSCS.
- Bybee, R.W. (2009). *The BSCS 5E instructional model and 21st century skills*. Colorado Springs, CO: BSCS.

- Driver, R., Asoko, H., Leach, J., Scott, P., & Mortimer, E. (1994). Constructing scientific knowledge in the classroom. *Educational researcher*, 23(7), 5-12.
- Fiskum, K. & Korsager, M. (2017). 5E-modellen i utforskende undervisning, naturfag.no/5E.
- Harlen, W. (2012). On the Relationship between Assessment for Formative and Summative Purposes. In Gardner, J. (Ed.), *Assessment and learning* (2nd ed., s. 87-102). SAGE Publication Ltd.
- Haug, B.S. og Ødegaard, M. (2015). Formative assessment and teachers' sensitivity to student responses. *International Journal of Science Education*. 37 (4), s. 629-654.
- Holm, J.R. (2018). The implementation of Inquiry-based Teaching – An assessment of Newly Educated Danish Science Teachers Implementation of Inquiry-based Teaching. Studenter-serien nr. 70. Speciale. Institut for Naturfagenes Didaktik, Københavns Universitet.
- Kirschner, P. A., Sweller, J., & Clark, R. E. (2006). Why minimal guidance during instruction does not work: An analysis of the failure of constructivist, discovery, problem-based, experiential, and inquiry-based teaching. *Educational psychologist*, 41(2), 75-86.
- Mercer, N. (2002). *Words and minds: How we use language to think together*. Routledge.
- Minner, D. D., Levy, A. J., & Century, J. (2010). Inquiry-based science instruction – What is it and does it matter? Results from a research synthesis years 1984 to 2002. *Journal of Research in Science Teaching*, 47, 474-496.
- Nilsen, T., & Frøyland, M. (2016). Undervisning i naturfag. I O. K. Bergem, H. Kaarstein & T. Nilsen (Eds.), *Vi kan lykkes i realfag. Resultater og analyser fra TIMSS 2015* (pp. 137-157). Universitetsforlaget.
- Potvin, P., & Hasni, A. (2014). Interest, motivation and attitude towards science and technology at K-12 levels: a systematic review of 12 years of educational research. *Studies in Science Education*, 50(1), 85-129.
- Raabe, I. (2019). Undersølgelsesbasert naturfagsundervisning – elever, muligheter og betingelser. Speciale. Institut for Naturfagenes Didaktik, Københavns Universitet.
- Schwartz, R. S., Lederman, N. G., & Crawford, B. A. (2004). Developing views of nature of science in an authentic context: An explicit approach to bridging the gap between nature of science and scientific inquiry. *Science education*, 88(4), 610-645.
- Skaalvik, E. M., & Skaalvik, S. (2015). *Motivasjon for læring. Teori og praksis*. Universitetsforlaget.

# Erfaringer fra 10 års frontforskning med førsteårsuniversitetsstuderende



Thomas Just Sørensen,  
Nano-Science Center og  
Kemisk Institut, Københavns  
Universitet

*Kommentar til Birgitte Lund Nielsen, Rikke Frøhlich Hougaard, Mikkel Kræggpøth: Forskningslignende laboratorieaktiviteter for 1. års studerende på universitetet – muligheder og udfordringer, MONA 2020-1*

## Introduktion

Jeg har gennem de sidste 10 år arbejdet med forskningsaktiviteter for førsteårs-universitetsstuderende. Nielsen, Hougaard og Kræggpøth (NHK) har netop udgivet en artikel, hvor studenteropfattelsen af forskningsintegration analyseres (Nielsen, Hougaard, & Kræggpøth, 2020). Artiklen er en del af den højaktuelle debat om forskningsintegration på de videregående uddannelser samt den gamle diskussion om direkte forskningsintegration i laboratorieøvelser på kemiuddannelserne (Dintzner, Maresh, Kinzie, Arena, & Speltz, 2011; Newton, Tracy, & Prudenté, 2006; Weaver, Russell, & Wink, 2008). Min erfaring er ikke med forskningslignende aktiviteter på 1. år, men med reel forskning, som en del af førsteårsundervisningen. Der er tale om rendyrket 'undergraduate research', et forskningsprojekt der kun foregår i kursusregi og hvorfra resultater er udgivet i fagfællebedømte tidsskrifter (Carro-Temboury et al., 2018; Santella et al., 2015). De studerende bliver dermed ikke inviteret ind i et forskningsmiljø, men skaber det selv sammen med alle de tidligere studerende fra samme fag, i dette tilfælde nanovidenskab.

Autentisk forskning er at fejle. Gentagne gange. Både pga. manglende evner, manglende forståelse og ydre omstændigheder. Forskningsintegration på 1. år er problematisk da de studerende igennem 10 år i skole og gymnasieskole er blevet indpisket, at det er forbudt at fejle. Derfor er min største succes med forskningsintegration på 1. år at de studerende selv oplever, at der gøres op med denne mentalitet:

“Det [kurset] har givet os et overblik i hvordan man kan skrive en videnskabelig artikel, samt fået en ud af den gymnasiale mentalitet, og mere over på den akademiske mentalitet. (anonym studerende, 2019)”

I denne kommentar vil jeg beskrive mine erfaringer med forskningsintegration på 1. år fra kurset: ‘Nano 1 – introduktion til nanovidenskab’, der kører på 10. år (Sørensen & Laursen, 2011). Jeg er enig i NHKs hovedkonklusioner, hvor fordele findes i rammesætning og feedback, og udfordringen ses i inddragelsen af avanceret teori. Det sidste er en udfordring, men det kan løses med støtte fra SOLO taxonomien (Biggs & Tang, 2011): De studerende er i stand til at *gøre* utroligt meget.

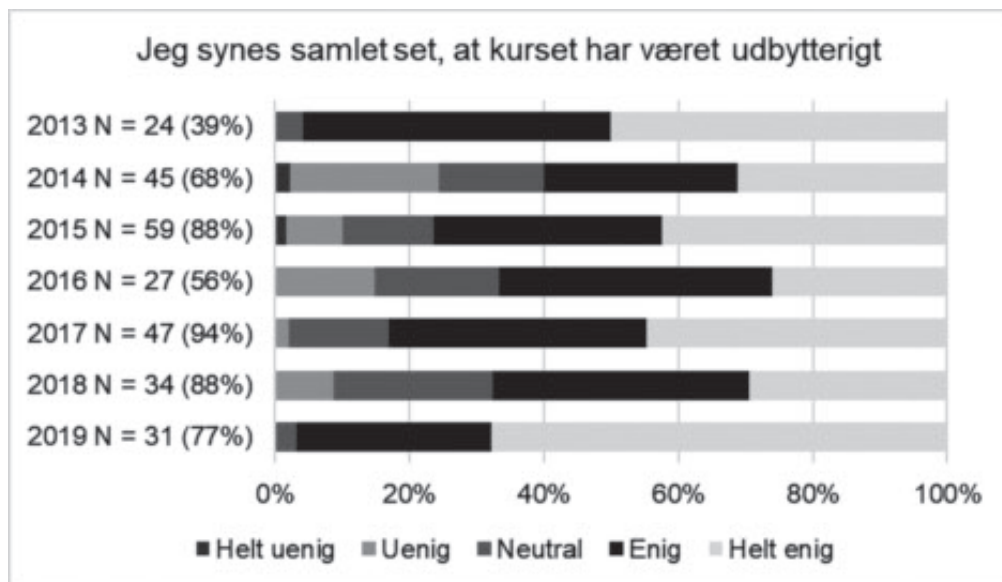
## Forskning på 1. år

Intentionen med Nano 1 er at den studerende skal integreres på universitetet, danne en identitet som nanovidenskabsperson, opleve at forske samt skabe sig et billede af hvad nanovidenskab er. Kurset kan ikke umiddelbart placeres i Healeys model (Healey, 2005), men har naturligt de samme fire faser, som NHK bruger i deres analyse.

I Nano 1 er fokus rettet skarpt på den faktiske læring. Den oplevede læring er en rettesnor i forhold til større ændringer i studentermassen (se figur 1), men kan ikke benyttes som et redskab til at bedømme faktisk læring og dermed uddannelseskvalitet. Der er frustration i forskning og frustration i stejle læringskurver. Den frustration må og skal tære på de studerendes motivation. Motivationen må derfor bygges op i andre undervisningselementer, for at opnå den mest effektive læring. Når en analyse alene bygges op over “oplevet mestring”, hvad kan vi så vide om den faglige læring? Selvom der er undtagelser, resulterer stejle læringskurver ofte i negative evalueringer og reduceret oplevet læring, selvom den faktiske læring øges:

“Har følt at kurset har været hårdt og meget forvirrende. Synes ikke det var så fedt et kursus indtil nu. Men når man så står og finder ud af hvad man rent faktisk har lært. Så er det lidt med en anden følelse. For så har man alligevel lært det man skulle og man har fået meget ud af det. Så i sidste ende kan jeg faktisk godt lide kurset pga. alt den viden man får ud af det. (anonym studerende, 2019)”

I Nano 1 har der været variation i oplevet læringsudbytte (figur 1), mens det faktiske læringsudbytte, defineret af kursusmålene, har ligget stabilt gennem alle årene for den gennemsnitlige studerende.



**Figur 1.** De studerendes oplevede udbytte af Nano 1 kurset fra perioden, hvor udformningen af studenterevalueringen har være konstant.

At introducere førsteårsstuderende til et videnskabeligt område er en udfordring, dels fordi de mangler de relevante fagsprog og dels fordi de kommer fra en divers faglig baggrund. I Nano 1 takler vi det ved at lade de studerende bruge mest mulig tid i et fælles forskningsprojekt, hvor de i grupper af 3 gør deres helt eget forsøg på at løse en overordnet problemstilling, vi har arbejdet med siden 2010. Vi arbejder på at gøre naturen efter, ved at designe molekulære materialer, der selvsamler til funktionelle systemer (Santella et al., 2015). Vi har ikke lavet et funktionsdygtigt device, men kan forudsige hvordan de enkelte molekyler ligger i de nanometertynde film, som vi nu kan fremstille (Carro-Temboury et al., 2018). Kurset og dermed forskningsprojektet løber over 9 uger. Kurset er forskelligt hvert år, men følger samme grundlæggende skabelon.

Nano 1 er designet med en konstruktivistisk anskuelse, hvor fortrolighed med et koncept eller et emne er nødvendig for læring (Pritchard & Woollard, 2010; Willcoxson, Manning, Johnston, & Gething, 2011). Til det er føjet et fokus på den indre motivation, der er nødvendigt for succes på studiet, og på den studenterintegration, der er så vigtig for de studerendes fagidentitet og dermed for fastholdelsen på studiet (Ulriksen,



2009). Ved at koble det faktum at forskningsintegration kraftigt øger den indre motivation (Dintzner et al., 2011; Newton et al., 2006; M. Prince, 2004; Tomasik, Cottone, Heethuis, & Mueller, 2013; Tomasik et al., 2014; Weaver et al., 2008) med ideen om, at de studerende kan lære så godt som alt, når man bevæger sig på nederste hylde i lærings-taxonomien (Biggs & Tang, 2011), så er det muligt at opnå introduktion på et højt fagligt niveau samt motiverede og velintegrerede studerende. De studerende kan *gøre* en masse ting, så med den rette stilladsering kan de udføre frontforskning og samtidig få et kendskab til en lang række faglige emner og koncepter, som de skal bruge i deres videre uddannelse.

De første år (2010-2013) var der en meget begrænset stilladsering, hvilket var uproblematisk. Men da gymnasireformen slog igennem ændrede det sig drastisk, og kun de dygtigste studerende kunne håndtere de helt åbne problemstillinger. Siden 2015 har en gradvist større andel af de dygtigste studerende udtrykt frustration med de åbne problemstillinger, begrundet med at det er for stort et skridt væk fra det yderst formaliserede skoleforløb, de kommer fra. Derfor blev kurset i 2019 ændret, og overgik fra ren 'discovery learning' til en delvis 'guided-inquiry'-tilgang (M. J. Prince & Felder, 2006; Weaver, et al., 2008). En anden måde at betragte ændringen på er, at det er en kraftigt øget stilladsering. Det har ført til markant mere positive evalueringer (figur 1), men er samtidig et skridt væk fra reel forskning. Jeg må konkludere, at nu hvor ændringerne i grund- og gymnasieskolen for alvor er slået igennem, er det altså blevet udfordrende at styrke den indre motivation via forskningsintegration.

## Udfordringer? Nej, fejlkommunikation

NHK antager implicit at førsteårsstuderende ikke kan forske, men med det rette projekt og den rette stilladsering, så kan de godt. Hvis de vel at mærke samtidig bliver støttet af den rette rammesætning. En rammesætning, der forklarer, hvad forskning er samt hvordan forskere forsker, men især forklarer det der sker, når en erfaren forsker bevæger sig ind på et nyt område. De studerende er forskere, men de er forskere, der arbejder inden for et helt nyt område.

I rette ramme fjernes så godt som alle de udfordringer, der er fremhævet af NHK. Til eksempel: Når en forsker skifter felt for at lave ny forskning, forstår selv den garvede professor ikke til fulde de specialiserede artikler inden for det nye område. I den ramme forsvinder behovet for pædagogisk forventningsafstemning.

NHK opererer desuden med en kunstig skelnen mellem "et undervisningslaboratorium og ikke i et forskningslaboratorium", og et rum italesættes som et "autentisk forskningslaboratorium". Rammerne er irrelevante, forskningen ligger i aktiviteterne og ikke i det rum, de foregår i. Denne misforståelse ligger i kommunikationen omkring aktiviteten, ikke i aktiviteten selv.

Helt det samme finder vi omkring brugen af avanceret forskningsudstyr. Det er helt naturligt at være tilskuer, fordi mange apparater kræver specialistoperatører. Det er sådan forskere arbejder. Noget udstyr betjener forskeren selv, og forskeren laver altid selv den relevante dataanalyse og tolkning. Det, som de studerende har oplevet er altså præcis sådan som forskning foregår, men det har de bare ikke fået at vide.

Det eneste element, hvor jeg til fulde genkender problematikken med at forske på 1. kursus på 1. år er når vi kommer til de mange avancerede teorier, der ligger til grund for forskningsmetoder og forskningsprojekt. Der kommer man til kort, for de studerende har ingen forudsætning for at kunne lære avanceret teori. Men hvis forskningsprojektet er konstrueret således, at det kan lykkes uden den dybere teoretiske forståelse, så kan problemet vendes til en styrke. For hvad kan være mere motiverende for en studerende at vide, end at svaret på alle de spørgsmål, de har nu, naturligt bliver besvaret i de kurser, der er en del af den uddannelse, de lige er begyndt på?

## Referencer

- Biggs, J., & Tang, C. (2011). *Teaching for Quality Learning at University* (4th ed.). Maidenhead: McGraw-Hill.
- Carro-Temboury, M. R., Kühnel, M., Ahmad, M., Andersen, F., Bech, Á. B., Bendixen, H. K. L.,... Sørensen, T. J. (2018). Using Polarized Spectroscopy to Investigate Order in Thin-Films of Ionic Self-Assembled Materials Based on Azo-Dyes. *Nanomaterials* 8.
- Dintzner, M. R., Maresh, J. J., Kinzie, C. R., Arena, A. F., & Speltz, T. (2011). A Research-Based Undergraduate Organic Laboratory Project: Investigation of a One-Pot, Multicomponent, Environmentally Friendly Prins–Friedel–Crafts-Type Reaction. *Journal of Chemical Education*, 89(2), 265-267. doi: 10.1021/ed200256w.
- Healey, M. (2005). Linking research and teaching: exploring disciplinary spaces and the role of inquiry-based learning. In Barnett (Ed.), *Reshaping the university: New relationships between research, scholarship and teaching* (pp. 67-78): Open University Press.
- Newton, T. A., Tracy, H. J., & Prudenté, C. (2006). A Research-Based Laboratory Course in Organic Chemistry. *Journal of Chemical Education*, 83(12), 1844. doi: 10.1021/ed083p1844.
- Nielsen, B. L., Hougaard, R. F., & Kræggpøth, M. (2020). Forskningslignende laboratorieaktiviteter for 1. års studerende på universitetet. *MONA: Matematik og Naturfagsdidaktik*, 1, 62 – 80.
- Prince, M. (2004). Does Active Learning Work? A Review of the Research. *Journal of Engineering Education*, 93(3), 223-231. doi: 10.1002/j.2168-9830.2004.tb00809.x.
- Prince, M. J., & Felder, R. M. (2006). Inductive Teaching and Learning Methods: Definitions, Comparisons, and Research Bases. *Journal of Engineering Education*, 95(2), 123-138. doi: 10.1002/j.2168-9830.2006.tb00884.x.
- Pritchard, A., & Woollard, J. (2010). *Constructivism and Social Learning* (1st ed.). Abingdon: Routledge.

- Santella, M., Amini, F., Andreasen, K. B., Aswad, D. S., Ausar, H., Austin, L. M.,... Sørensen, T. J. (2015). Template-Guided Ionic Self-Assembled Molecular Materials and Thin Films with Nanoscopic Order. *ChemNanoMat*, 1(4), 253-258. doi: 10.1002/cnma.201500064.
- Sørensen, T. J., & Laursen, B. W. (2011). Nye Nanomaterialer. *Dansk Kemi*, 92(5), 10-12.
- Tomasik, J. H., Cottone, K. E., Heethuis, M. T., & Mueller, A. (2013). Development and Preliminary Impacts of the Implementation of an Authentic Research-Based Experiment in General Chemistry. *Journal of Chemical Education*, 90(9), 1155-1161. doi: 10.1021/ed300328p.
- Tomasik, J. H., LeCaptain, D., Murphy, S., Martin, M., Knight, R. M., Harke, M. A.,... Acevedo-Polakovich, I. D. (2014). Island Explorations: Discovering Effects of Environmental Research-Based Lab Activities on Analytical Chemistry Students. *Journal of Chemical Education*, 91(11), 1887-1894. doi: 10.1021/ed5000313.
- Ulriksen, L. (2009). The implied student. *Studies in Higher Education*, 34(5), 517-532. doi: 10.1080/03075070802597135.
- Weaver, G. C., Russell, C. B., & Wink, D. J. (2008). Inquiry-based and research-based laboratory pedagogies in undergraduate science. [10.1038/nchembio1008-577]. *Nat Chem Biol*, 4(10), 577-580.
- Willcoxson, L., Manning, M. L., Johnston, N., & Gething, K. (2011). Enhancing the Research-Teaching Nexus: Building Teaching-Based Research from Research-Based Teaching. *International Journal of Teaching and Learning in Higher Education*, 23, 1-10.

# Litteratur

I denne sektion bringes anmeldelser af og notitser om nye bøger, rapporter og andre væsentlige ressourcer inden for det matematik- og naturfagsdidaktiske felt. Læsere opfordres til at kontakte redaktionen med henblik på at få bragt anmeldelser og notitser. Indlæg er ikke genstand for peer-review.

# “A book to end all books about mathematical modelling”

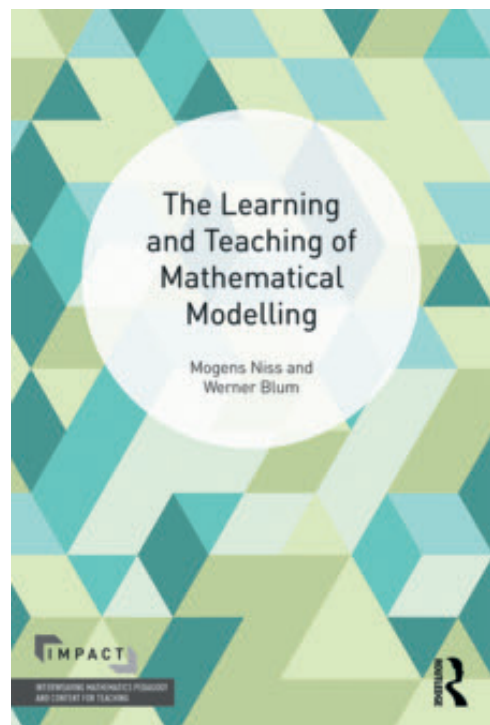


Kasper Bjerling Søby Jensen,  
Roskilde Katedralskole

*Boganmeldelse: Mogens Niss & Werner Blum: The Learning and Teaching of Mathematical Modelling, Routledge, 2020*

Det er nogle år siden jeg første gang hørte om den bog, jeg vil anmelde her. På min vej til *Matematikdidaktikkens Dag* (som afholdes af DPU hvert år, første fredag i marts) mødte jeg Mogens Niss, min tidligere ph.d.-vejleder og underviser på RUC. Her fortalte han, at han og Werner Blum arbejdede på “a book to end all books about mathematical modelling”!

Når jeg ved (lidt for) sjældne lejligheder over de sidste 12 år har skrevet eller holdt oplæg om matematisk modellering og anvendelse af matematik, har en af mine grundlæggende referencer ofte været “Niss og Blum (1991)”. Bag referencen har ligget artiklen af Werner Blum og Mogens Niss, *Applied mathematical problem solving, modelling, applications, and links to other subjects* med den for-



pligtende undertitel "State, trends and issues in mathematical instruction".

Så en ny og opdateret "Niss og Blum"-reference var jo noget at se frem til. Og ved dette års udgave af samme begivenhed kunne samme person fortælle, at nu var bogen udkommet. Godt nok ikke med den pompøse titel, jeg havde forestillet mig, men med den ret præcise titel *The Learning and Teaching of Mathematical Modelling*.

Bogen er tredje bog i forlaget Routledge's ambitiøse serie IMPACT (Interweaving Mathematical Pedagogy and Content for Teaching). Bogen er relativt kort, ca. 200 sider, og skrevet på et særdeles forståeligt engelsk, hvilket gør den ganske overkommelig at læse. Også for personer der ikke er vant til at læse matematikdidaktisk forskningslitteratur.

Bogen er bygget op med seks centrale kapitler, indpakket i dels et indledende kapitel, dels et afsluttende perspektiverende kapitel. Til hvert kapitel er knyttet et stort antal referencer til relevant forskningslitteratur, artikler, bøger, rapporter, med videre, som giver læseren god mulighed for selv at læse mere om de forskellige spørgsmål der skrives om i bogen.

Bogen fremstår som helhed som et fyldestgørende overblik over den aktuelle tilstand i den matematikdidaktiske forskning i læring af og undervisning i matematisk modellering. Den er således et godt sted at starte for personer, der ønsker et samlet overblik over dette forskningsfelt, centrale resultater inden for det samt en vejviser ud til den øvrige

litteratur. Bogen er samtidig en solid reference for forfattere af matematikdidaktiske tekster.

I bogens kapitel 2 præsenteres en opdateret udgave af det begrebsapparat som kan spores tilbage til i hvert fald slutningen af 80'erne, hvor en matematisk model præsenteres som et triple  $(D, f, M)$ , hvor  $D$  er et virkelighedsdomæne,  $M$  er et matematisk domæne og  $f$  en afbildning af objekter og relationer i  $D$  til objekter og relationer i  $M$ , hvilket understreger at en matematisk model altid er en model af noget.

Også modelleringsprocessen præsenteres. Dels den i Danmark velkendte "modelleringscirkel" (tilskrevet Morten Blomhøj og Tomas Højgård), men også andre varianter af denne. Bl.a. Werners Blums version med ottetalsform (eller uendelighedstegn-form om man vil), som særligt fremhæver den førmatematiske oversættelse mellem "real situation" og "situation model", dvs. modelbyggerens arbejde med at forstå og simplificere virkelighedssituationen, før den oversættes til en matematisérbar model.

Kapitel 3 er en konkret præsentation af syv eksempler på matematisk modellering, hvor begrebsapparatet fra kapitel 2 eksemplificeres. Det er et rosværdigt træk af forfatterne at bruge god plads på at gøre det abstrakte begribeligt, og samtidig er de syv eksempler nærmest lige til at tage ud og bruge i undervisningen i 8./9. klasse eller 1./2.g.

Kapitel 4 præsenterer forskellige forsøg på at kompetencebeskrive mate-

matisk modellering. Her har det 20 år gamle danske KOM-projekt naturligvis en central rolle, men en lang række andre bidrag til dette aspekt af feltet præsenteres også.

Kapitel 5 adresserer et problem, som i sin tid dannede udgangspunkt for min egen ph.d.-afhandling. Når nu vi har sådan en god idé om hvordan matematisk modellering kan bidrage til matematikundervisningen, hvorfor sker det så ikke? Hvilke udfordringer med elever, undervisere, organisering, materialer og hjælpemidler gør, at vejen til en modelleringsfokuseret matematikundervisning synes så lang.

Kapitel 6 giver et overblik over en lang række såkaldte "findings" fra mange års forskning. Indsigter vi efterhånden kan regne for evidente. Her skal jeg blot nævne omtalen af det evigt centrale *transfer*-problem. Elever kan jonglere med lineære sammenhænge i fysikmodulet, blot for i det efterfølgende matematikmodul ikke at kunne begribe lineære funktioner. Også internt mellem matematiske områder – eller blot fra opgave til opgave – findes samme problem. Kapitellet giver en grundig introduktion til udbyttet af forskning i dette og otte andre problemfelter.

Endeligt giver kapitel 7 en række analyser af modelleringseksempler fra undervisningspraksis. Ligesom kapitel 3 er der her meget godt at hente for feltets praktikere, om end det her vil kræve lidt mere arbejde at opsøge mange af eksemplerne.

Kapitlet præsenterer først to eksempler på konkret modellering udfoldet i undervisning, blandt andet kabeltromleproblemet: Hvor langt et kabel kan vikles om en tromle? Samt problemstillingen om hvor meget maling der skal til at farvelægge en Porsche

Herefter præsenteres to mere overordnede matematikundervisningsprogrammer baseret på modellering, dels kurset "BASE" som blev udbudt på den naturvidenskabelige basisuddannelse på RUC i perioden 1999-2010, dels den gymnasiale matematikundervisning i den australske delstat Queensland.

Endeligt præsenteres tre eksempler på forskningsbelyst undervisningsmateriale. Ikke mindst får den tyske "Istrongruppe" der siden 1991, bl.a. med Werner Blums deltagelse har udgivet store mængder af anvendelsesorienteret materiale, en fyldig omtale. Også det amerikanske COMAP-projekt og det britiske The Shell Centre omtales.

Og er bogen så den definitive bog om emnet? Nej, naturligvis ikke. Og det understreger det afsluttende kapitel 8 da også ved at formulere en række fokuspunkter for fremtidens forskning. Men bogen understreger at der er tale om et område hvor der er nået mange forskningsresultater siden det kom i fokus, senest fra midten af 1980'erne.

Der er naturligvis også spørgsmål bogen ikke kommer omkring. Her kunne nævnes relationen mellem matematisk modellering i undervisning og matematisk modellering i virkeligheden. Er be-

greberne af rent didaktisk karakter, eller er de også anvendelige i fx industriel anvendelse af matematik? Man kan også nævne relationen mellem matematisk modellering og andre fag, hvilket især er et centralt spørgsmål for en dansk gymnasielærer.

Jeg kan heller ikke undlade at nævne at jeg selv som praktiker og udvikler i stigende grad finder det formålstjenligt at skelne begrebsligt mellem *modelanvendelse* og *modellering* (Jensen og Larsen, 2019, s. 33f), som i bogens begrebsapparat forbliver samlet i samme modelleringsbegreb.

Set fra mit lille hjørne af den matematikdidaktiske verden, er denne bog ikke bare en bog skrevet af to af feltets store personligheder. Den er skrevet af de to største. Og den lever op til alle mine forventninger om, hvad en kort og præcis sammenfatning af forfatterernes mere end 30 år lange engagement i spørgsmålet

om læring af og undervisning i matematisk modellering kan præstere. Bogen fortjener at stå på hylden hos enhver praktiker, forsker og udvikler der vil arbejde forskningsbaseret med området.

## Referencer

- Blum og Niss (1991). Applied Mathematical Problem Solving, Modelling, Applications and links to other subjects. I *Educational Studies in Mathematics*, vol. 22, s. 37-68. Findes som *Tekster fra IMFUFA* nr. 183: [milne.ruc.dk/imfufatekster/pdf/183.pdf](http://milne.ruc.dk/imfufatekster/pdf/183.pdf).
- Jensen, K.B.S. og Larsen, J.C. (2019). Metoder og Videnskabsteori i, med og om matematik – et begrebsapparat til brug i forberedelsen til SRP med matematik. Udsendt af fagkonsulenten i matematik (STX). Kan hentes på: <https://emu.dk/stx/matematik/laereplan-og-vejledning/metoder-og-videnskabsteori-laerer-version>.