

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. 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.

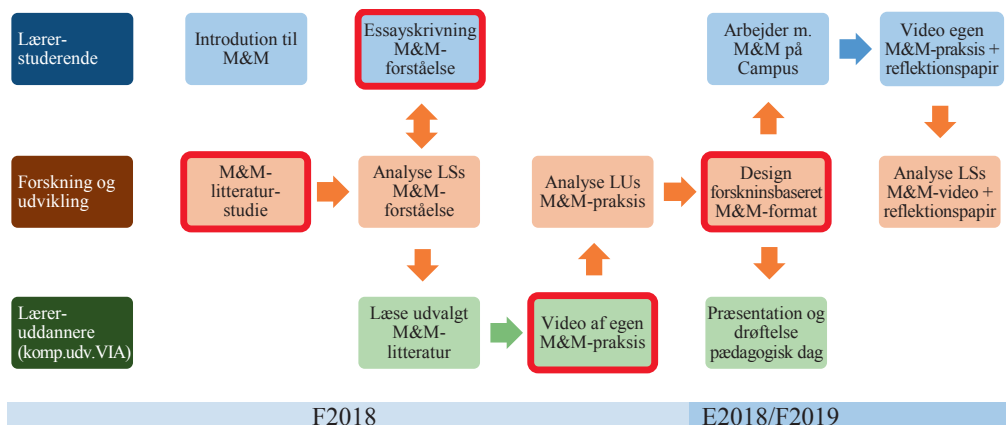
c. *Forsknings- og udviklingstiltag* med fokus på lærerstuderendes implementering af M&M-undervisningen i grundskolen, specifikt en undersøgelse af lærerstuderendes undervisningsfaglighed i forhold til modeller og modellering, eller i internationale termer deres Pedagogical Content Knowledge about modelling (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, elevs læring og progression inden for M&M samt elevs 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 elevs 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 essayresponser 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 responser 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 forenkledede 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 praktislærere 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 lærerstudenters 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.

- 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.
- 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.