

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

2020-1

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.

Manuskripter

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

Abonnement

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

Produktionsplan og deadlines for indsendelse af bidrag til MONA

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

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

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

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**
- 6 Modellering som proces i naturfagsundervisningen
Claus Auning
- 26 Undersøgelserbaseret undervisning: 6F-modellen – dens tilblivelse og udvikling i Danmark
Lene Møller Madsen, Robert Evans og Jesper Bruun
- 45 Opleveleslæring og BioFabLab
Connie Svabo, og Martin Malthe Borch
- 62 Forskningslignende laboratorieaktiviteter for 1. års studerende på universitetet –muligheder og udfordringer
Birgitte Lund Nielsen, Rikke Frøhlich Hougaard og Mikkel Krægpøth
- 81 **Kommentarer**
- 81 SUN-projektet og skoleudvikling
Brian Krog Christensen
- 87 Naturfagscurriculum med fokus på modeller og modellering
Claus Michelsen
- 91 Et bud på en mere proces-orienteret tilgang til modeller og modellering i skolens naturfagsundervisning
Sanne Schnell Nielsen
- 97 Fagkulturer?
Arne Mogensen
- 101 Fag og didaktik i gymnasielæreruddannelsen
Eigil Dixen
- 104 En svær matematikopgave
Jeanette Marie Axelsen
- 111 **Nyheder**

Fra redaktionen

Er du lærer inden for matematik eller naturfagene, har du i år fået en helt ny videreuddannelsesmulighed: Du kan nu blive kandidat i STEM-undervisning. STEM står for *Science, Technology, Engineering & Mathematics*, og det afspejler at uddannelsen er tværfaglig. Den er også et nyskabende samarbejde mellem fem universiteter og alle seks professionshøjskoler. Det bliver meget interessant at følge uddannelsen og dens kandidater videre. Tanken er blandt andet at uddanne ressourcepersoner der kan bidrage til at udvikle fremtidens naturvidenskabelige undervisning. Se annoncen sidst i dette nummer for mere information.

Et par uger efter udgivelsen af dette forårsnummer af MONA samles ca. 1500 mennesker til to dages faglig inspiration og udvikling inden for naturvidenskabelig undervisning. Big Bang-konferencen finder sted 18.-19. marts i Odense og har haft udsolgt længe. MONA er selvfølgelig med og står for et temaspor om *Elevers praktisk undersøgende arbejde*. Vi forventer at en del af sessionerne herfra bliver til tekster i et tilsvarende temanummer til december.

I dette nummer har vi fire artikler. I *Modellering som proces i naturfagsundervisningen* beskriver Claus Auning et mixed method-studie der har undersøgt hvordan procesorienterede modelaktiviteter kan bidrage til udgangsklasseelevers forståelse af naturvidenskab. Undersøgelsen konstruerede holistiske rubrics til at dokumentere gruppernes forklaringer knyttet til hver model. Derefter sammenlignede man scores over tid for at se om der var en potentiel progression i kvaliteten af elevernes forklaringer. Resultaterne viser at der har været en signifikant udvikling i elevernes modelbaserede forklaringer, men at grupperne i stigende grad adskiller sig fra hinanden hvad angår progressionen i deres forklaringer.

Undersøgelsesbaseret undervisning: 6F-modellen – dens tilblivelse og udvikling i Danmark er af Lene Møller Madsen, Robert Evans og Jesper Bruun. Artiklen giver et indblik i hvordan undervisere kan tilrettelægge og gennemføre undersøgelsesbaseret undervisning inden for naturfagene, og er baseret på forfatterens anvendelse af den såkaldte 6F-model i den naturfagsdidaktiske undervisning for kommende gymnasielærere på Københavns Universitet. Den beskriver udviklingen og brugen af 6F-modellen og udfolder et konkret 6F-forløb i gymnasiefagene naturvidenskabeligt grundforløb og biologi.

I *Oplevelseslæring og BioFabLab* beskriver Connie Svabo og Malthe Martin Borch tilgangen til oplevelseslæring på RUC's BioFabLab – en tilgang der forbinder STEM faglighed med FabLab-bevægelsens demokratisering af teknologi. Inspirationen kommer fra de "sandkassetilgange" man finder inden for teknologiudvikling. Tilgangen inddrager arbejdsmetoder der prioriterer den enkeltes nysgerrighed og integrerer den

lærendes perspektiv med det faglige stof og lader de studerende forfølge egne interesser og samtidig blive klogere på naturvidenskabelig faglighed indenfor biologi, kemi og bioteknologi. To eksempler illustrerer hvordan de studerende prøver sig frem når de skaber biosten ud af sand og urea eller omsætter husholdningsaffald til hønsefoder gennem biologisk fabrikation.

Forskningslignende laboratorieaktiviteter for 1. års studerende på universitetet – muligheder og udfordringer er forfattet af Birgitte Lund Nielsen, Rikke Frøhlich Hougaard og Mikkel Kræggøth. Den behandler hvordan førsteårsstuderende på Aarhus Universitet vurderer deres udbytte af at arbejde med autentisk forskning. Baseret på spørgeskemadata fra de to kurser (i henholdsvis bioteknologi og kemi) identificeres positive udbytter knyttet til at møde forskere i et autentisk forskningsmiljø og til at indgå i forskningslignende aktiviteter med en vis autonomi. Undersøgelsen finder dog også tegn på positiv effekt af en tydelig rammesætning og feedback. De identificerede udfordringer er særligt knyttet til mødet med kompleks teori tidligt i studieforløbet. Resultaterne perspektiveres til laboratorieundervisning i gymnasieskole og læreruddannelse.

Vi bringer seks kommentarer til tidligere bragte artikler. I den første, *SUN-projektet og skoleudvikling*, lægger Brian Krog Christensen et ledelsesperspektiv på de grundbetingelser som blev beskrevet i Lars Brian Krogh, Nina Waaddegaard & Keld Niensens *SUN-projektet: Skolebaseret udvikling af naturfag og kapacitet i gymnasiet* som vi bragte i MONA, 2019-3.

Jørgen Løye Christiansen, John Andersson, Dorrit Hansen, Mari-Ann Skovlund Jensen, Lars Bo Kinnerup og Karin Marianne Lilius's *Brug af modeller og modellering i udskolingens naturfagsundervisning* og bragt i MONA 2019-4 har fået to reaktioner som hver især giver kommentatorens perspektiv på modellering. Det drejer sig om *Naturfagscurriculum med fokus på modeller og modellering* af Claus Michelsen og om *Et bud på en mere proces-orienteret tilgang til modeller og modellering i skolens naturfagsundervisning* af Sanne Schnell Nielsen.

Arne Mogensen kommenterer i *Fagkulturer? Steffen Elmose & Vivi Fog Wogensens Undersøgelse af model for kompetenceløft – med fokus på naturfagslæreres udbytte* (også bragt i MONA 2019-4), mens Eigil Dixen i *Fag og didaktik i gymnasielæreruddannelsen* bl.a. diskuterer behovet for gymnasielæreres didaktiske indsigt med afsæt i Helle Mathiasen, Jesper Melchjorsen og Pia Møller Jensens *Hvad skal gymnasielærere inden for sciencefagene kunne i morgen og på længere sigt?* (MONA 2019-4).

Og endelig har vi en kommentar fra Jeanette Marie Axelsen, *En svær matematikopgave*, til Klavs Kokseby Frisdahl, Niels Kristian Petersen, Julian Bybeck Tosev, og Karen Mohr Pinds *Bliver elever bedre til matematik ved at tilføje flere emner til læreplanen?*

Modellering som proces i naturfagsundervisningen



Claus Auning, LSUL, SDU,
UC SYD

Abstract: *Modellering er en kernekompetence inden for naturfag. Elever kan anvende modeller til at forudsige og forklare fænomener. Vi har gennemført et mixed method-studie for at undersøge hvordan procesorienterede modelaktiviteter kan bidrage til elevernes forståelse. Forløbet er afprøvet i seks udskolingsklasser. Vi har konstrueret holistiske rubrics til at dokumentere gruppernes forklaringer knyttet til hver model og derefter sammenlignet scores over tid for at undersøge om der er en potentiel progression i kvaliteten af elevernes forklaringer. Resultaterne viser at der har været en signifikant udvikling i elevernes modelbaserede forklaringer, men at der også sker en opdeling af grupperne inden for progressionen i deres forklaringer.*

Artiklen her beskæftiger sig med den form for naturfagsundervisning der kaldes “modelbaseret undersøgelse” (MBU) (Model-based Inquiry på engelsk). Modeller bruges i naturvidenskabernes centrale hjælpe- og arbejdsværktøjer både til erkendelse af nye indsigter og til kommunikation af viden (Krüger et al., 2018; Gilbert & Justi, 2016; Gouvea & Passmore, 2017; Nielsen, 2015). Windschitl et al. (2008) og Passmore et al. (2009) argumenterer for at naturfagsundervisning centrerer omkring elevernes *udvikling* af forklaringer af komplekse naturfænomener, og at elevernes egne modeller bliver det centrale værktøj til at forklare de forskellige processer der har indvirkning på det komplekse fænomen. De aktiviteter og undersøgelser læreren udvælger, skal bidrage til at understøtte elevernes forståelse og forklaring af det komplekse fænomen ved at indgå i den samlede forklaring som udgør den endelige model. International forskning viser at en sådan modelbaseret tilgang til naturfagsundervisningen har en positiv effekt på elevers læringsudbytte (se fx Forbes et al. 2015; Schwarz et al. 2009). Forskerne har været nysgerrige efter at finde ud af hvad dette skift i elevernes forståelse/forklaringer skyldes. Baek et al. (2015) følger således to elever fra 5. klassetrin der deltager i et MBU-forløb, og fokuserer på hvad der fik elevernes modelbaserede forklaringer (MBF) til at ændre sig over tid. Resultaterne viser at dette skyldes mange faktorer, herunder valg af aktiviteter (undersøgelser) der understøttede elevernes

tænkning, de teknologiske hjælpemidler (i dette tilfælde computersimulationer) samt lærer-elev- eller elev-elev-samtaler om forståelsen af den nye viden og om hvordan denne viden kunne bruges til at forklare det komplekse fænomen. Dette har betydet at forskning om MBU i dag har større fokus på hvordan læreren kan understøtte elevernes forståelse af processer og deres transfer af viden til tilsvarende fænomener. Både Clement et al. (2019), Gilbert et al. (2016) og Windschitl et al. (2018) kommer med bud på metoder til at arbejde med MBU. I en dansk kontekst blev modelleringskompetencemålet implementeret i 2015 i Fælles Mål, men som Nielsen (2019) påpeger, så findes der næsten ingen vejledning i Fælles Mål til hvordan dette kan udmøntes i praksis. Niensens undersøgelser viser også at lærere har en overvejende produktorienteret tilgang til modeller og modellering, dvs. at de hovedsagelig ser modeller som repræsentationer af svært forståelige processer. Nielsen argumenterer bl.a. for en mere kompetenceorienteret tilgang til modellering som ligger i at anvende modeller som et procesværktøj. Dette er således også blevet tilføjet i læseplanen for Fælles Mål (UVM (2019)) hvor "modellering som proces" beskrives. Der er dog fortsat ingen vejledning til hvordan dette skal udmøntes i praksis. Derfor er der i høj grad behov for at dette undersøges i en dansk kontekst, samt hvilke effekter denne tilgang har på danske elever.

Forskningsspørgsmålene for studiet her har været at undersøge følgende:

1. På hvilke måder ændrer elevernes modelbaserede forklaringer sig gennem et MBU-inspireret undervisningsforløb?
2. Hvilke styrker og udfordringer opstår når elever arbejder med modellering som proces?

Teori

"Alt for ofte anvendes modeller i naturfagsundervisningen kun for deres repræsentative egenskaber (hvad de forestiller) og undlader derved deres egenskaber som et epistemologisk værktøj (hvad de er for)" (Halloun 2007, s. 22) (forf. oversættelse)

Hallouns udtalelse falder godt i tråd med Niensens (2019) undersøgelse af danske lærere som i høj grad ser modeller i undervisningen som "produktorienteret". Men hvori ligger forskellen mellem en produktorienteret tilgang og en procesorienteret/epistemologisk tilgang? Og hvilken betydning har det for undervisningen?

Modeller kan bruges forskelligt i undervisningen – både som en repræsentation af

noget (fx molekylemodeller) og som epistemologisk funktion til at forklare fænomener med. Lad mig give et eksempel. En produktorienteret tilgang: En klasse arbejder med varmeenergi og molekylers bevægelser. Eleverne tegner modeller for at forstå forskellen på varmestrømning, varmeledning og varmestråling. De kommer med eksempler på hvor disse tre processer findes i naturen. En procesorienteret/epistemologisk tilgang: Klassen har set en video af en tankvogn der er blevet damprenset og efterfølgende imploderer da den lukkes hermetisk. Eleverne fremstiller egne modeller for at forklare hvorfor det skete. Dette er et komplekst fænomen idet der indgår mange delprocesser i den samlede forklaring, heriblandt hvordan tankvognen overhovedet nedkøler. I processen indgår både varmestrømning, varmeledning og varmestråling, og eleverne bruger deres model til at forklare hvor og hvordan disse tre processer finder sted i tankvognen. Dette gøres på baggrund af hypotesedannelse, læsning, testning og gruppe- og klassediskussioner, og denne nye indsigt og evidens anvendes på deres model som forståelse/forklaring af hvordan tankvognen nedkøler. Undersøgelingsaktiviteterne kan i begge forløb være ens, men forskellen ligger i at i det første forløb reproducerer eleverne færdige modeller, mens de i det andet forløb konstruerer deres egne modeller for at forstå og forklare varmeenergi og molekylebevægelers virkning på et fænomen.

Når modeller bruges som et erkendelsesværktøj, er det vigtigt som lærer at være bevidst om hvordan eleverne kan bruge modeller til at forklare, beregne og forudsige fænomener på tilsvarende måde som modeller bruges i naturvidenskabelig praksis. Man skal ikke alene have fokus på modellen som statisk vidensprodukt, man må også have øje for, hvordan modellen kan bruges til forklaring og forudsigelse af fænomener. Som lærer skal jeg således være bevidst om hvordan elevernes modellering kan bruges som proces, som metode og som redskab til at gøre et fænomen forståeligt for eleverne (Passmore, 2009; 2017).

Det følgende afsnit omhandler et konkret eksempel på et modelbaseret undervisningsforløb i fysik/kemi i 7.-8. klasse som vi har anvendt i denne undersøgelse.

Planlægning af et modelbaseret undersøgelsesforløb

For at undervise efter en modelbaseret tilgang skal tre kriterier ifølge Gouvea og Passmore (2017) være opfyldt i planlægningen af et MBU-forløb. Undervisningen skal omhandle:

1. Et komplekst fænomen: Der skal være noget ved fænomenet der ikke lige er til at forstå, noget, man som elev skal gruble over, og som kræver nærmere undersøgelse.
2. Undersøgelsesspørgsmål: Spørgsmålene kan komme fra både elever og lærer. Spørgsmål er med til at afklare indsigt i det undersøgte fænomen, hvad eleverne ikke forstår ved fænomenet, og hvad de vil finde forklaring på.

3. Krav til forklaringen: Der skal være kriterier for hvad der tæller som et fyldestgørende svar på fænomenets egenskaber og processer. Eleverne skal have indsigt i hvordan deres tænkning er udviklet gennem forløbet. Dette indebærer at eleverne skal gøres medansvarlige for at generere og evaluere deres model af fænomenet.

Et komplekst fænomen	Undersøgelsesspørgsmål	Krav til forklaringen
<p>Tankvognsmysteriet</p> <p>En tankvogn imploderer efter damprensning og efterfølgende hermetisk afslukning</p> <p>https://youtu.be/PN_NM5j4f2I</p> <p>Efterfølgende diskuteres følgende på klassen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Hvad de observerede der skete? • Hvorfor tror de det skete? • Hvilke uobserverbare processer er involveret i kollapset? <p>Link til den "videnskabelige" forklaring: https://llk.dk/r8j7ui</p> <p>(Prøv først at lave din egen før du ser vores 😊)</p>	<p>Eksempler på spørgsmål elever og lærer i fællesskab har formuleret efter at de har set og diskuteret tankvognsmysteriet på klassen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Hvad skal der til for at få tankvognen til at kollapse? • Hvorfor fik tankvognen den form da den kollapsede? • Hvorfor kollapsede tankvognen ikke med det samme? • Hvorfor stoppede tankvognen med at kollapse? 	<p>Forklaringerne skal indeholde argumentation med udgangspunkt i de undersøgelser eleverne har udført i dette eller tidligere forløb.</p> <p>Undervejs i forløbet laves en tjekliste med punkter som skal være forklaret på elevernes model. Denne bliver lavet i fællesskab på klassen. Et eksempel på sådanne punkter til tjeklisten kunne være:</p> <p>Vores model skal kunne forklare følgende:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Hvordan forårsager molekyler tryk? • Hvordan er varmeenergi transformeret i tankvognen? • Hvordan har tankvognens ændrede volumen påvirket trykket?

Tabel 1. De tre vigtige kriterier i undervisningsforløbet (Gouvea & Passmore, 2017) udmøntet i nærværende undersøgelses undervisningsforløb i fysik/kemi i 7.-8. klasse

Organiseringen af en undervisning ud fra en modelbaseret tilgang er kendetegnet ved at tage udgangspunkt i fem epistemologiske træk ved naturvidenskabelig viden (Windschitl et al., 2008). Disse fem træk er at naturvidenskabelig viden er testbar, reviderbar, forklarende, hypotetisk og generativ. Ved en modelbaseret tilgang er det essentielt at eleverne stifter bekendtskab med at modellering er en måde at opnå forståelse og erkendelse på, og den modelbaserede undervisning bliver derfor opbygget omkring disse fem træk på følgende måde:

1. Testbar: En model laves på baggrund af hypoteser eller videnskabelig teori for at forklare et fænomens forskellige delprocesser. Dette gøres igennem testning og

evaluering af data, og resultaterne fra disse undersøgelser bruges som evidens i fremstillingen og revideringen af modellen.

- Reviderbar: En model kan ændres på baggrund af nye fund eller nye idéer, eller den kan repræsenteres på en anden måde.
- Forklarende: Modellen er et værktøj til at forklare et fænomen. Dette gøres ved at bruge data eller andre former for evidens i forklaring af hvorfor en proces forløb som den gjorde.
- Hypotetisk: Hypotetiske modeller er repræsentationer af naturfænomener som forbinder observerbare egenskaber af fænomenet med hypotetiske forklaringer derpå (fx energitransformation og molekylebevægelser). Dvs. at modellerne forklarer hvordan det observerede har sammenhæng med uobserverbare processer.
- Generativ: Modeller er ikke bare et slutprodukt af en undersøgelse. Modellen bliver brugt gennem hele forløbet og bliver løbende revideret på baggrund af ny viden, ændret forklaring eller nye spørgsmål.

Figur 1 MBU-forløbet



I MBU-forløbet (figur 1) revideres elevernes modeller på baggrund af en række forskellige aktiviteter og undersøgelser der skal understøtte elevernes forståelse af det komplekse fænomen. Undersøgelserne anvendes også som evidens for deres forklaringer på modellen. Revideringen sker på baggrund af deres undersøgelser hvor nye fund kan resultere i:

- at de har fået en ny idé
- at de ændrer en tidligere idé eller illustrerer den på en ny måde
- at nye spørgsmål er opstået.

I denne proces anvender gruppen Post-its i fire farver på deres model når de:

- tilføjer en **ny idé**
- **ændrer** en tidligere idé
- har **nye spørgsmål**
- **fjerner** noget fra modellen.

For at eleverne kan forklare tankvognsmysteriet, skal de forstå mange delprocesser der har indvirkning på den fulde forklaring. Mange af disse processer er uobserverbare. De enkelte undervisningsaktiviteter er udvalgt så de kan hjælpe eleverne med at forstå sammenhængen mellem implosionen af tankvognen og disse uobserverbare processer. Som støtte hertil laves umiddelbart efter hver aktivitet en opsamling på klassen. Her kobles hver enkelt aktivitet til tankvognsmysteriet. Nedenstående tabel viser et eksempel herpå. Opsamlingstabellen opbevares så **eleverne kan anvende den** når de reviderer deres modeller.

Aktivitet	Hvad observerede I?	Hvad forårsagede det?	Hvad kan vi bruge til tankvognsfor-klaring?
 <p>Dåseforsøg</p>	Dåser kollapse ved afkøling, men kun hvis dåsen ikke er helt tom eller helt fyldt.	Dampen kondenserer hurtigt til vand når den rammer vandoverfladen. Derved er der mindre damp i dåsen, så trykket falder fordi færre molekyler rammer indersiden af dåsen.	Når tankvogn nedkøler, kondenserer dampen til vand. Hvis tankvognen var fyldt med vand, ville den modstå kollaps. Og hvis der ingen vanddamp er i tankvognen, ville den heller ikke kollapse.

Tabel 2. Eksempel på opsamlingstabel anvendt på klassen

Metode

Forskningsdesign

I det konkrete projekt er der anvendt et “*explanatory sequential mixed methods study*” hvor data, indsamlet i MBU-afprøvningsperioden, først kvantitativt analyseres for relevante mønstre, hvorefter disse mønstre styrer den kvalitative analyse hvor målet er at finde forklaringer på de observerede mønstre. Undervisningsforløbet er udarbejdet i samarbejde med professor Mark Windschitl fra University of Washington og efterfølgende diskuteret og detailplanlagt i en afprøvningsgruppe bestående af ti lærerstuderende, fem lærere, en læreruddanner og en ph.d.-studerende (denne artikels forfatter).

Dataindsamlingen

Undersøgelsen er foretaget på tre syddanske skoler i seks klasser, fire 7.-klasser og to 8.-klasser. Projektet blev gennemført i perioden november-december 2018. Hver af de deltagende klasser var inddelt i grupper bestående af 2-4 elever, i alt 49 grupper. De seks klasser blev undervist af uddannede fysik/kemilærere (N=4), alle med mere end ti års undervisningserfaring. Undervisningsforløbet havde en varighed på tre til fire 90-minutters lektioner. Undervisningsaktiviteterne var ens i de seks klasser. For hver gruppe blev der indsamlet og fotograferet tre modeller, i begyndelsen, i midten og i afslutningen af undervisningsforløbet (N=145). Endvidere blev der efter første undervisningslektion udvalgt 14 grupper til interview. Grupperne blev udvalgt ud fra deres første modeltegning. Kriterierne var at finde stærke, mellem og svage faglige grupper idet vi ønskede et kvalitativt blik på grupper med forskellige faglige niveauer. Der blev foretaget interviews af grupperne umiddelbart efter første og sidste modeltegning (N=28). Det var første gang at klasserne arbejdede med en MBU-tilgang.

Analyse af model fra en gruppe i 8. klasse

Analyse af kvantitative data

Alle 145 modeller er kodet for både tekst og symboler. Dette er gjort i NVIVO 12 og efterfølgende induktivt kodet ved at bruge de kategorier som eleverne anvender på deres modeller. Fx blev koden "damp" anvendt hvis eleverne enten havde skrevet eller tegnet damp på deres model. Dette er gjort med henblik på at identificere *komponenter* anvendt af eleverne på modellerne. Komponenter er her fysiske størrelser eller begreber, fx damp, vand, tryk, undertryk, trykudligning. Hver model er efterfølgende kodet ved hjælp af en kodningsmanual. Kodningsmanualen er tilrettet ad flere omgange på baggrund af kodninger af udvalgte modeller. Dette er gjort i planlægningsgruppen samt ved at bruge udvalgte lektorer fra UC SYD, UCL og SDU (N=3). Vi koder alle modeller ud fra tre rubrics. Først for komponenter (k), dernæst sekvenser (s) (dvs. sammenkædninger af komponenter) og til sidst for forklarende processer (f). Alt dette eksemplificeres i analysen i afsnittet her. I det efterfølgende afsnit om kvantitativ dataanalyse redegøres for hvordan kodningsmanualen er konstrueret, se også tabel 3.

Kvalitativ analyse

Jeg redegør i det følgende afsnit for en gruppes læringsudbytte ud fra deres første og tredje model samt de to interviews foretaget med gruppen. Gruppen, fra en 8.-klasse, var i stand til at give en næsten fuld forklaring på tankvognsmysteriet. Valget af gruppen begrundes i at den er eksemplarisk i forhold til at vise hvordan kodningen er foregået, samt at vise forskellen på hvad vi ser som en beskrivelse og en forklaring.

Der blev foretaget interviews for at få gruppen til at uddybe deres model, dels for at se om gruppen var i stand til at forklare det de havde tegnet på deres model, og dels fordi vi var nysgerrige efter at få indblik i om gruppen havde fået tegnet alle deres idéer på modellen, dvs. om de viste alt det de vidste, eller om der var noget de ikke havde fået tegnet på eller grublede over. De to semistrukturerede interviews (Kvale et al., 2015) har en varighed på 5,04 og 8,24 min. Første interview havde et spørgsmål – *fortæl om jeres model* – og andet interview havde ud over det første spørgsmål følgende tre:

- Kan I vise mig og beskrive de ændringer I har lavet på jeres model?
- Fortæl hvordan jeres model viser hvorfor tankvognen kollapsede.
- Fortæl om hvordan videnskabelige begreber, som er vist på jeres model, hjalp jer med at forstå hvorfor tankvognen kollapsede.

Som opfølgningsspørgsmål anvendtes i begge interviews:

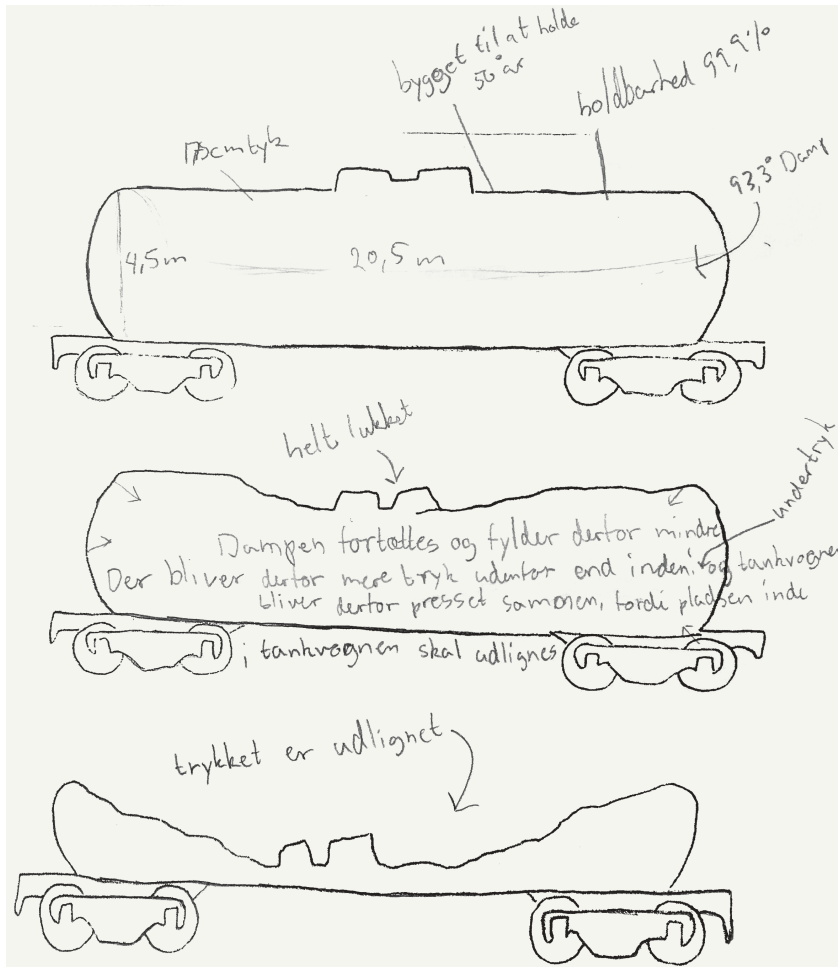
- Kan I fortælle mig mere?
- Hvad mener I med det?
- Kan I give et eksempel på det eller vise mig det på jeres model?
- Er det altid sådan?

Der refereres i teksten til model et og to for henholdsvis gruppens 1. og 3. model, og der bruges A, B og C når der refereres til de tre tankvogne på hver model.

For hver model redegøres først for hvorfor gruppen fik den komponentscore de fik, derefter sekvensscore og sidst forklarende processcore (jf. tabel 3). I teksten bruges forkortelserne k, s og f for henholdsvis komponenter, sekvenser og forklarende proces. Tallene, fx k5, henviser til gruppens scoreniveau. Nedenstående tekst trækker i øvrigt på det efterfølgende afsnit for at påpege hvor gruppen er atypisk og på linje med de andre 48 grupper i undersøgelsen. Den sidste del af analysen fokuserer på gruppens revidering af modellen.

8. klasses første model (model 1) (k5s3f1)

Ved den første model ses en beskrivelse skrevet i tankvogn B: *“Dampen fortættes og fylder mindre. Der bliver derfor mere tryk udenfor end indeni og tankvognen bliver derfor presset sammen fordi pladsen inde i tankvognen skal udlignes.”* Ud over dette er der tegnet en pil ind i tankvognen med teksten *“Undertryk”* samt en pil på C med teksten *“trykket er udlignet”*. På A er alle tankvognens specifikationer fra videoen oversat til metersystemet og grader i celsius: *“93,3° Damp”* og *“20,5 m”*. Gruppen uddyber i deres interview at



(Model 1, 8. klasse, gruppens første modellering)

“... når tanken lukkes, vil der ikke være noget luft der vil kunne overtage den plads der bliver lavet af det vakuum der vil laves når dampen fortættes og bliver til vand...” På spørgsmålet om hvorfor dampen bliver til vand, svarer gruppen: “Vi læste kort om det. Tror måske det er noget med at de gasser bevæger sig sådan, og på et eller andet tidspunkt begynder de at bevæge sig langsommere og bliver så til vand...”

Gruppen får derved k5, fem komponenter (damp, vand, tryk, undertryk, trykudligning). Komponenten damp ses hyppigst (86 %) på de i alt 145 modeller efterfulgt af tryk med 63 % og vand med 56 %. Undertryk (26 %) og trykudligning (23 %) ses ikke så ofte. At gruppen scorer k5, er også atypisk for første model da grupperne gennemsnitligt ligger på 2,15 komponenter (to komponenter på 58 % af gruppernes førstemodeler). Gruppen har forståelse af at trykket vil være forskelligt uden for og inden i tankvognen, og at en

af grundene skyldes ændring af vands tilstandsform som efterfølgende er med til at forårsage kollapset. Gruppen scorer s3 da de sammensætter minimum 3 komponenter til en sekvens, jf. deres tekst på B hvor de beskriver sammenhæng mellem tilstandsforms-, volumen- og trykændring. Generelt har grupperne (N=49) en god forståelse af tilstandsformsændring som ses på 45 % af alle modeller, dog kun på 31 % af første-modellerne. Gruppen scorer f1 fordi de beskriver to virkninger på tankvognskollapset der har sammenhæng med den videnskabelige forklaring, nemlig ændring af vands tilstandsform og den opståede trykforskel. Grunden til at dette ses som beskrivelse og ikke forklaring, er at de ikke kobler det uobserverbare sammen med det observerbare. En begyndende forklaring ses dog i interviewet: “... *begynder de at bevæge sig langsomme...*”. Her hentydes muligvis til molekylebevægelser på baggrund af nedkøling. Der hentydes under alle omstændigheder til det uobserverbare niveau og en kobling til hvorfor dampen bliver til vand. Gruppen er primært skriftlige – dette er et fællestræk ved stort set alle gruppers første model. Dog anvender de pile på B til at vise noget om trykket. Gruppen ender således med at få en score på k5, s3, f1. De har på deres model fem forskellige komponenter, de sammensætter minimum tre komponenter til en sekvens, og de beskriver to delprocesser der har indvirkning på hvorfor tankvognen imploderer.

8. klasses afsluttende model (model 2) (k6s5f4)

Gruppen udvikler sig meget fra deres første til afsluttende model. Der kommer mere tekst på modellen. Men de begynder også at illustrere flere processer – dette sker på A hvor de tegner molekyler som cirkler. Hvis cirklen har to streger efter sig, er bevægelsen langsom, og hvis den har tre streger efter sig, bevæger den sig hurtigt. Streger foran cirklen angiver bevægelsesretningen. Nederst til højre på A ses et molekyle der rammer tankvognens side med høj fart, og som derefter bevæger sig væk med lavere fart. Pile bliver inden i A brugt til at vise varmestromning, og bølgestreger repræsenterer varmeledning (ses parallelt med tankvognens væg både indeni og udenpå). Gruppen har flere end seks komponenter og scorer derfor k6. Ud over de tidligere nævnte komponenter har gruppen nu også afkøling, temperaturforskel, luft, temperaturstigning og -fald og trykfald.

Gruppen scorer s5 da flere sekvenser er koblet sammen. Dette ses eksempelvis i gruppens forklaring øverst ved A (den lyserøde Post-it). Her kobler gruppen sekvenser om tryk, temperatur og molekylebevægelsen sammen i en forklaring:

“Trykket påvirkes af molekylernes hastighed. Jo hurtigere molekyler bevæger sig, jo varmere bliver der, og jo højere tryk bliver der. Molekylerne støder også ind i hinanden og fortættes, så bevæger de sig langsommere, temperaturen falder, og der bliver skabt et undertryk.”

6

... bevæger sig langsomere
... = hurtige

Trykkel påvirkes af molekyleernes hastighed. 30 hurtigere molekyler bevæger sig, 30 varmere bliver der og jo højere tryk bliver der. Molekyler støder også ind i hinanden og fortales, så bevæger de sig langsomere, temperaturen falder og der bliver skabt et undertryk.

Der er mere tryk udenfor end inde i tankvognen derfor bliver den afbalanceret.

Når molekylerne bevæger sig langsomere støder de ikke så hurtigt ind i hinanden på tankvognen og den vil derfor balle under for tryk udenfor, det bliver dermed udlignet.

Vi undrer os over, hvorfor den imploserer gradvist.

Svar: Først hopler konstruktionen tankvognen fra at implodere, man derefter bukler den under for tryk.

Vi undrer os over hvordan idealgasligningen fungerer.

Hvorfor bevæger molekylerne sig overhovedet?

Samligning med Døsen

Døsen var lukket
Hurtigere afkølet
Mindre
Samling med skumfiduser

Når man med luften inde i sprøden prøver skumfidusen vil den implodere ligesom tankvognen.

Når man trækker stemplet tilbage bliver der skabt et undertryk og skumfidusen udvider sig så for at udligne tryk.

Vi har tilføjet begreber af molekyleernes bevægelse, der påvirker trykket.

Kalvin skal nok være en skole, der tager start ved det absolutte nul-punkt det er der jo ikke så meget som uden at bruge minus-grader.

Idealgasligningen viser sammenhængen mellem Volumen, tryk og temperatur. DVS, at hvis man ændrer på en af tingene ændres de andre også. Fx vil tryk blive højere og temperaturen stige hvis volumen ændres.

Trykkel påvirkes af molekyleernes hastighed. 30 hurtigere molekyler bevæger sig, 30 varmere bliver der og jo højere tryk bliver der. Molekyler støder også ind i hinanden og fortales, så bevæger de sig langsomere, temperaturen falder og der bliver skabt et undertryk.

Der er mere tryk udenfor end inde i tankvognen derfor bliver den afbalanceret.

Når molekylerne bevæger sig langsomere støder de ikke så hurtigt ind i hinanden på tankvognen og den vil derfor balle under for tryk udenfor, det bliver dermed udlignet.

Vi undrer os over, hvorfor den imploserer gradvist.

Svar: Først hopler konstruktionen tankvognen fra at implodere, man derefter bukler den under for tryk.

Vi undrer os over hvordan idealgasligningen fungerer.

Hvorfor bevæger molekylerne sig overhovedet?

Samligning med Døsen

Døsen var lukket
Hurtigere afkølet
Mindre
Samling med skumfiduser

Når man med luften inde i sprøden prøver skumfidusen vil den implodere ligesom tankvognen.

Når man trækker stemplet tilbage bliver der skabt et undertryk og skumfidusen udvider sig så for at udligne tryk.

Vi har tilføjet begreber af molekyleernes bevægelse, der påvirker trykket.

Kalvin skal nok være en skole, der tager start ved det absolutte nul-punkt det er der jo ikke så meget som uden at bruge minus-grader.

Idealgasligningen viser sammenhængen mellem Volumen, tryk og temperatur. DVS, at hvis man ændrer på en af tingene ændres de andre også. Fx vil tryk blive højere og temperaturen stige hvis volumen ændres.

Diagram description: The diagram shows a cross-section of a tank on wheels. The top part is labeled 'koldt' (cold) and 'varmt' (warm). A note says 'bygget til at holde 50 år' (built to last 50 years) and 'holdbarhed 99,9%' (durability 99.9%). Dimensions include '4,5 m' for the tank's width and 'Køleren 20,5 m' for the cooling system. A note says '93,3° Damp' (93.3° steam) and 'varmeholdende kappe' (insulating jacket). The tank is shown in two states: 'helt lukket' (completely closed) and 'undertryk' (under pressure). A note says 'Dampen fortales og fylder derfor mindre' (steam condenses and therefore fills less) and 'Der bliver derfor mere tryk udenfor end inden i tankvognen' (therefore there is more pressure outside than inside the tank car) and 'bliver derfor presset sammen, fordi pladsen inde i tankvognen skal udlignes' (therefore it is pressed together because the space inside the tank car needs to be equalized).

(Model 2, 8. klasse, gruppens 3. og sidste revidering af deres model)

Gruppen beskriver ikke alene at temperaturfald forårsager trykfald – de forklarer også hvad der sker på et hypotetisk niveau: at det er molekylebevægelser som har indvirkning på både temperatur og tryk. Dette repræsenterer de også ved symboler på A. Gruppen er i stand til både skriftligt og illustrativt at koble det “observerbare” (at temperaturen falder, som kan måles) med hvad der sker på et uobserverbart niveau

(hvordan molekylerne mister energi). Gruppen får i dette tilfælde k4 fordi de forklarer flere end to processer der har med tankvognens kollaps at gøre. Både processer der omfatter gasligningen, forholdet mellem tryk, temperatur og volumen samt overvejelser om konstruktionen af tankvognen. Derved præsterer de en næsten fuldendt redegørelse for den videnskabelige forklaring. Gruppen er således på niveau k6, flere end seks komponenter, s5 da de har mange sekvenser koblet sammen, og f4 da de forklarer minimum tre delprocesser. Gruppen er et eksempel på en meget skrivende gruppe. Dette er atypisk idet de fleste grupper er mere illustrerende end skrivende.

Næste del af analysen har fokus på gruppens revidering af deres model.

En lyserød Post-it markerer at gruppen er blevet klogere og har tilføjet denne nye forklaring som tillæg til deres oprindelige forklaring på model 1. Dette bekræftes også af gruppens andet interview hvor de kobler denne forklaring til deres symboler uden for og inden i A: “... her kan du se at molekylerne bevæger sig langsommere og fortættes, det har vi også skrevet herover (den lyserøde Post-it)...”.

Til at fastholde hvad gruppen endnu ikke har forstået, benytter gruppen en gul Post-it (nederst i venstre hjørne): “Vi undrer os over hvordan idealgasligningen fungerer.” Det henviser til en tekst de har læst om gasloven, som de på nuværende tidspunkt ikke kan koble til tankvognskollapset eller forstå teorien bag. Gruppen har efterfølgende undersøgt dette spørgsmål og skriver på den øverste lyserøde Post-it ved C:

“Idealgasligningen viser sammenhængen mellem volumen, tryk og temperatur. Dvs. at hvis man ændrer på en af tingene, ændres de andre også, fx vil trykket blive højere, og temperaturen stige hvis volumen ændres.”

De er dog ikke i stand til at koble det til tankvognen. Gruppen kunne have skrevet at dette jo forekom ved C hvor tankvognens volumen mindskes, og trykket derfor igen stiger til det er udlignet med trykket udvendig. Gruppen har efter den sidste modeltegning tilføjet et nyt spørgsmål på den gule Post-it (nederst i højre side): “Hvorfor bevæger molekylerne sig overheadet?” Så nye spørgsmål opstod i takt med at gamle spørgsmål er blevet besvaret. Modellen bruges også til at sammenligne et forsøg de har lavet i undervisningen, med tankvognsmysteriet. Gruppen sammenligner dåseforsøget med tankvognen på en grøn Post-it nederst på modellen. Her skriver gruppen: “Sammenligning med dåsen. Dåsen var lukket. Hurtigere afkølet. Mindre.” Gruppen indser en sammenhæng mellem dåseforsøget og tankvognen, men mener at den adskiller sig på den måde tankvognen er blevet lukket, størrelse og nedkølingshastighed. Det at grupperne inddrager og sammenligner med aktiviteter fra undervisningen for at argumentere for en forklaring, ses på i alt 20 % af modellerne. Gruppen er bevidst om at de bruger modellen til bedre at forstå grunden til tankvognskollapset. I gruppens andet interview udtaler de:

“... vi har prøvet at tegne flere pile på, tegne molekyler indeni, for ligesom for bedre selv at forstå hvorfor er det den bliver mindre, og hvorfor er det at trykket indeni bliver lavere.”

Kodningen af modellerne samt samtale med gruppen (interviewet) synliggør hvordan gruppens MBF ændrer sig igennem forløbet. Gruppen har fra begyndelsen en god forståelse af hvilke delprocesser der skal være til stede for at tankvognen imploderer. På deres sidste model er de i stand til at forklare disse delprocesser ved at koble det uobserverbare med det observerbare, fx hvorfor molekylernes hastighed falder, og hvordan dette har sammenhæng med trykfald. Gruppen kobler aktiviteter fra undervisningen med deres forklaringer på modellen, og brugen af Post-its er med til at synliggøre gruppens revideringsproces. Modellen bruges også som et undersøgelsesværktøj idet den er med til at fastholde de spørgsmål gruppen har undervejs, og den indeholder endog ved afslutningen af forløbet spørgsmål gruppen ønsker at kunne forklare.

Kvantitativ dataanalyse

Udvikling af kodningsmanual

Planlægningsgruppen har som tidligere skrevet udviklet en kodningsmanual for at undersøge hvorvidt der er sket en progression i elevernes modelbaserede forklaringer fra første til tredje model. Kodningsmanualen er inspireret af tidligere forskning på området (Zangora et al., 2017; Forbes et al., 2015) som på tilsvarende måde har undersøgt progression i elevers forklaringer. Kodningsmanualen er opbygget omkring tre rubrics: komponenter, sekvenser og forklarende processer, se tabel 3. Hver rubric er udviklet med udgangspunkt i den videnskabelige forklaring, jf. linket i tabel 1 til den “videnskabelige” forklaring. Vores rubrics bruges således som reference til hvordan eleverne kan opnå det højeste niveau inden for hver rubric. Planlægningsgruppen har efterfølgende identificeret de lavere niveauer, hvor niveau 0 indikerer at eleverne ikke har repræsenteret nogen af disse niveauer på deres model. Rubric’en bygger på den antagelse at før eleverne kan begynde at forklare nogle af de processer der foregår under tankvognsimplosionen, må de først kunne beskrive de komponenter som indgår i processerne, og sammensætte disse til sekvenser. Det er vigtigt at eleverne har en forståelse af at komponenter uden for tankvognen har stor betydning for at tankvognen imploderer, og derfor skal eleverne, for at få en score på 3, have mindst en komponent med uden for tankvognen. Den højeste score på komponenter er 6. Den højeste score på sekvenser er 5. Det kræver mindst to komponenter at lave en sekvens. Den maksimale score på en forklarende proces er 4 – så skal eleverne have forklaret mindst tre årsager som har sammenhæng med tankvognskollapset. Forskellen på score 2 og 3 beror på at eleverne går fra at beskrive til at forklare processer. Denne skelnen

mellem forklaring og beskrivelse laves med udgangspunkt i Windschitl et al.s (2008) definition på hypotetiske og forklarende modeller: Ved beskrivelse repræsenterer eleverne processer som kan ske på både et observerbart og et uobserverbart plan. Ved forklaring er eleverne i stand til at forklare hvordan det observerbare har sammenhæng med uobserverbare processer (hypotetisk træk ved modellen). Lad os give et eksempel fra undersøgelsen. Mange grupper skriver eller viser med pile på deres model at trykket inde i tankvognen falder efter et tidsrum (men gør ikke forsøg på at forklare hvorfor trykket falder). Beskrivelsen er rigtig, men en forklaring kræver at de sammenkobler deres observation af trykfaldet med molekylernes ændrede hastighed og kraft. Molekylerne vil ramme tankvognens inderside færre gange og med mindre kraft, som vil resultere i at trykket falder. Dette eksempel var gruppen ovenfor også i stand til på deres sidste model (jf. scoren f4 i deres model 2). Dette er også en delforklaring idet man efterfølgende kunne stille spørgsmålet om hvorfor molekylernes hastighed og styrke falder, som vil føre til en forklaring om temperaturfald.

Tabel 3:

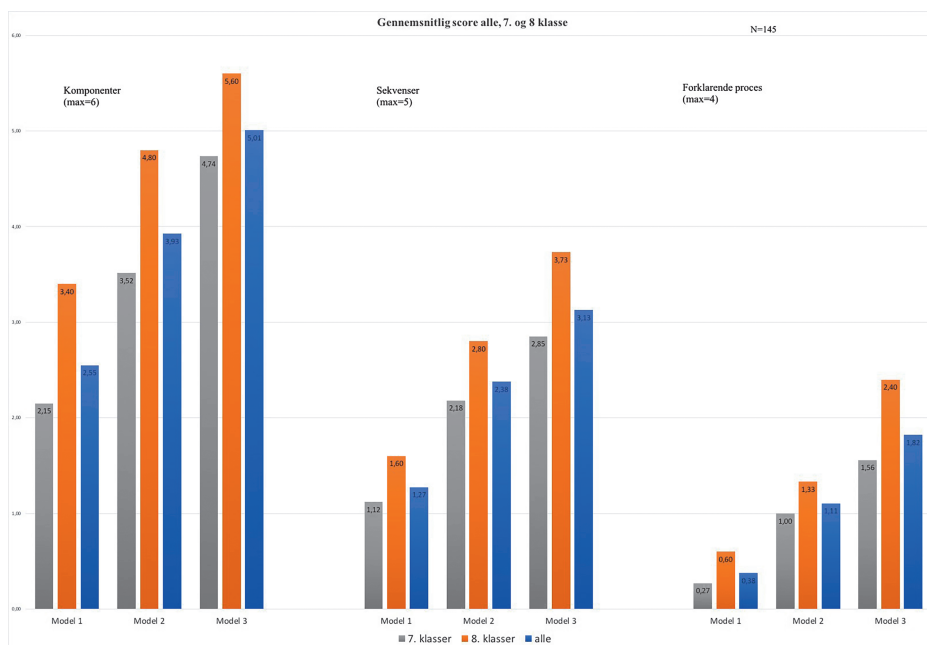
Komponenter	
Niveau	Beskrivelse
0	Ingen komponenter
1	Mindst 1 komponent
2	Mindst 2 komponenter
3	Mindst 2 komponenter inde i og mindst 1 uden for tankvognen
4	Mindst 4 komponenter i alt både inde i og uden for tankvognen
5	Som 4 + en komponent
6	> 5 komponenter i alt både inde i og uden for tankvognen

Sekvenser/sammenkobling af komponenter	
Niveau	Beskrivelse
0	Ingen sekvenser
1	To komponenter er forbundet, en sekvens
2	Flere sekvenser med to komponenter
3	Tre komponenter er forbundet, en sekvens
4	To sekvenser er koblet sammen
5	Flere sekvenser er koblet sammen

Forklarende proces	
Niveau	Beskrivelse
0	Forklarer eller beskriver ikke noget af den videnskabelige forklaring på tankvognskollapset
1	Beskriver op til to virkninger på tankvognskollapset der har sammenhæng til den videnskabelige forklaring
2	Beskriver flere virkninger på tankvognskollapset der har sammenhæng til den videnskabelige forklaring
3	Forklarer op til to årsager til virkning på tankvognskollapset der har sammenhæng til den videnskabelige forklaring
4	Forklarer flere end to årsager til virkning på tankvognskollapset der har sammenhæng til den videnskabelige forklaring

Resultater af det kvantitative data

Gennemsnitligt er der sket en stor udvikling i alle grupper fra første til tredje model, se tabel 4 og 5. Denne progression ses hos både 7. og 8. klasse. 8.-klasserne starter dog inden for alle tre rubrics på et højere niveau, men den efterfølgende procentmæssige stigning fra 1. til 3. modeltegning er på alle tre rubrics næsten identisk.



Tabel 4

Modeltegninger	Komponenter		Sekvenser		Forklarende proces	
	(max.6)	Standardafvigelse	(max.5)	Standardafvigelse	(max.4)	Standardafvigelse
1.	2,55	1,24	1,27	1,07	0,38	0,49
2.	3,93	1,80	2,38	1,27	1,11	1,04
3.	5,01	1,37	3,13	1,17	1,82	1,27

Tabel 5: Beskrivende statistik af de 49 gruppers scorer og standardafvigelse fra 1. til 3. model

Elevernes komponentscore næsten fordobles fra gennemsnitligt 2,55 på deres første model til 5,01 komponentscore på deres tredje model. Den samme tendens ses på sekvensscore hvor gennemsnittet forøges med 59 % fra 1,27 til 3,13. Den største procentstigning ses ved den forklarende processcore hvor gennemsnittet stiger med 79 % fra 0,38 til 1,27. For både komponenter og sekvenser ses at variansen stiger fra første til anden modeltegning for igen at falde ved tredje modeltegning, hvorimod variansen er stigende ved forklarende processer fra 0,49 til 1,27. Dvs. at der bliver større forskelle mellem grupperne når de skal forklare det komplekse fænomen. Derimod er variansen næsten den samme fra første til tredje modeltegning når vi analyserer på komponenter og sekvenser, dvs. at selv de svage grupper kan få komponenter indtegnet, men kan ikke forklare deres funktion/betydning i modellen. Man får en "top og bund" hvor en stor gruppe ikke er i stand til at forklare hvad k og s har af betydning for tankvognsmysteriet. Ved første modeltegning kunne størstedelen (63 %) af grupperne ikke forklare eller beskrive noget af den videnskabelige forklaring på tankvognskollapset, se tabel 6. Dette ændrer sig ved den tredje modeltegning hvor kun 16 % af grupperne ikke viste progression. Ved tredje modeltegning ses at størstedelen af grupperne (70 %) ligger på enten niveau 1 eller 3, begge med 35 %, hvorimod kun 7 % ligger på niveau 2 og 4, hvilket fortæller at 42 % bliver på et beskrivende niveau, mens en lige så stor gruppe, 42 %, er i stand til at forklare processer der har indvirkning på det komplekse fænomen. Kun 7 % af grupperne (N=3) ender på højeste niveau, altså er i stand til at komme med en fuld forklaring på tankvognsmysteriet.

Forklarende procesniveauer i procent (%)					
	0	1	2	3	4
Model 1	63	37	0	0	0
Model 2	35	37	14	14	0
Model 3	16	35	7	35	7

Tabel 6: Forklarende processcore i procent for hvert niveau ud fra grupperne (N=49)

Opsamling og diskussion

Vi ville i undersøgelsen finde ud af hvordan elevernes modelbaserede forklaringer ændrede sig gennem et MBU-undervisningsforløb (forskningsspørgsmål 1). Ud af vores resultater ses på gruppernes modeller en større procentmæssig stigning inden for de tre målepunkter, komponenter, sekvenser og forklarende processer, hvilket indikerer at elevernes modelbaserede forklaringer bliver mere og mere detaljerede igennem forløbet. Den samme tendens ses i tilsvarende forskning på området. Schwarz et al. (2009) og Forbes et al. (2015) har på tilsvarende måde undersøgt disse tre områder k, s og f, og deres forskning viser samme procentmæssige tendenser. I analysen af modelleringsprocessen i den fremhævede gruppe fra 8. klasse kan vi finde alle fem epistemologiske træk (Windschitl et al., 2008): Gruppens model er blevet til på baggrund af **testning** både teoretisk og praktisk. I gruppens sidste interview udtaler den ene gruppedeltager at den faglige læsning hjalp hende med at forstå elementer i forklaringen, hvor en anden i gruppen fremhævede det eksperimentelle (dåse- og skumfidusforsøget). Modellen bliver løbende **revideret** på baggrund af ny indsigt eller nye repræsentationer. Gruppens model ændres fra næsten udelukkende at indeholde tekst til at blive mere illustrativ (dette er i øvrigt et generelt træk hos alle grupper). Gruppen kobler flere af processerne på deres sidste model til aktiviteter fra undervisningen (dette træk ses på 20 % af gruppernes sidste modeller). Ud fra vores data ses et bevis for at modellerne er blevet revideret igennem forløbet: Den gennemsnitlige komponentscore stiger fra 2,15 til 5,01, og sekvensscoren stiger fra 1,27 til 3,13.

Gruppen opfatter deres model som **generativ** idet den indeholder nye spørgsmål også efter forløbets afslutning, gruppen bruger deres model som forudsigelses- og formidlingsværktøj af gruppens idéer, og gruppen fremhæver i interviewet, jf. analyseafsnittet, at modellen har bidraget til deres læring og omverdensforståelse. Et andet fokus for undersøgelsen var hvilke styrker og udfordringer der opstår når elever arbejder med modellering som proces (forskningsspørgsmål 2). Vores resultater viser at når man anvender Gouvea og Passmores (2017) komplekse fænomen og undersø-

gelsesspørgsmål som grundlag for undervisningsforløbet, så udfordrer det komplekse fænomen uanset gruppernes faglige standpunkt, og endvidere styrkes elevernes evne til at koble deres forforståelse med ny viden i deres forklaring af fænomenet. Ligeledes ser vi at spørgsmålene understøtter en mere dybdegående forklaring af fænomenet.

Ud fra vores undersøgelsesresultater ser vi dog en udfordring i at størstedelen af grupperne forbliver på et beskrivende niveau og ikke er i stand til at forklare de enkelte delprocesser. Det lykkedes kun tre grupper (alle fra 8. klasse) at komme på det højeste niveau i forklaringen. Derudover ses at standardafvigelsen (tabel 5) stiger fra 0,49 til 1,27 (se også tabel 6). Dette indikerer at den (intellektuelle) forskel på grupperne bliver større og større. Endvidere er der 16 % (N=8) for hvem det ikke lykkes at komme med nogen form for forklaring på tankvognsmysteriet. I vores 8.-klasseeksempel lykkes det gruppen både at være forklarende og hypotetisk idet gruppen kan forbinde det de observerede i videoen, med de uobserverbare processer. Størstedelen af grupperne (58 %) er dog ikke i stand til at forklare ud fra vores definition af forklaring. Dette hænger måske sammen med Gouvea og Passmores (2017) tredje kriterie om hvad der tæller som en forklaring. Kang et al. (2015) påviser i en undersøgelse af 707 skriftlige elevforklaringer af komplekse fænomener at brugen af opsamlingstabeller (se tabel 2) på klassen og "tjeklister" for hvad gruppens sidste model skal indeholde, styrker elevernes forklaringer markant. Vi har i vores forløb ladet grupperne arbejde med den samme model som de har revideret tre gange. En mangel i vores afprøvning er dog at vi ikke har fået udfærdiget sådanne "tjeklister" som grupperne skulle have anvendt når de reviderede deres modeller. Vi anvendte opsamlingstabeller på klassen, men tilbagemeldingerne fra lærerne var at de var svære at bruge med eleverne. Dette kan bero på flere faktorer. Dels at det for lærerne var nyt at arbejde med at overføre viden fra klasseaktiviteter til det komplekse fænomen, dels er lærerne uerfarne i hvordan man faciliterer en klassediskussion hvor eleverne skal anvende data som evidens for deres forklaringer af fænomenet. Så et fremadrettet fokus vil være hvordan vi kan understøtte elevernes forståelse af processer, og hvordan denne viden kan overføres til fænomenet. Nunez-Oviedo og Clement (2019) og Windschitl et al. (2018) fremhæver her at de diskussioner lærer og elever har, er vigtige for at understøtte elevernes ændring af deres forståelse og modelbaserede forklaringer. Dette er en aktiv proces der kræver at læreren dels tilbyder hjælp til elever der er gået i stå, dels får eleverne til at komme dybere i deres forklaringer ved hjælp af opfølgende spørgsmål. Disse to områder, a) hvad tæller som en forklaring, og b) samtaler der i højere grad udfordrer elevernes evne til at koble de uobserverbare processer til komplekse fænomener, kræver mere forskning. Et spørgsmål som er opstået i forbindelse med denne undersøgelse, er om eleverne vil være i stand til at overføre det lærte til andre komplekse fænomener. Et hovedargument for en MBU-tilgang er transferværdien: at tilgangen gør eleverne i stand til at bruge deres viden til at forklare processer i andre sammenhænge/kon-

tekster. Forløbet vi her har designet, er opbygget som et storylineforløb (et begreb som bruges af fx Reiser et al. (2019) for tilsvarende forløb). 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.

Referencer

- Baek, H. & Schwarz, C.V. (2015). The Influence of Curriculum, Instruction, Technology, and Social Interactions on Two Fifth-Grade Students' Epistemologies in Modeling throughout a Model-Based Curriculum Unit. *Journal of Science Education and Technology*, 24(2), 216-233.
- Clement et al. (2019). Introduction to the full theory. <https://dev.www.umass.edu/modeling-discussions/introduction-full-theory>.
- Forbes, C.T., Zangori, L. & Schwarz, C.V. (2015). Empirical validation of integrated learning performances for hydrologic phenomena: 3rd-grade students' model driven explanation-construction. *Journal of Research in Science Teaching*, 52(7), 895-921. <https://doi.org/10.1002/tea.21226>.
- Gilbert, J.K. & Justi, R. (2016) *Modelling-based Teaching in Science Education*, Springer.
- Gouvea, J. & Passmore, C. (2017). "Models Of" versus "Models For": Toward an Agent-Based Conception of Modeling in the Science Classroom. *Science & Education*, 26(1), 49-63.
- Halloun, I. (2007). Mediated modeling in science education. *Science & Education*, 16(7), 653-697.
- Kang, H., Thompson, J. & Windschitl, M. (2014). Creating Opportunities for Students to Show What They Know: The Role of Scaffolding in Assessment Tasks. *Science Education*. DOI 10.1002/sce.21123.
- Krüger, D., Kauertz, A. & Upmeier zu Belzen, A. (2018). Modelle und das Modellieren in den Naturwissenschaften. I: D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (red.), *Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (pp. 141-157). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Kvale, S. & Brinkmann, S. (2015). Interview. Denmark: Hans Reitzels Forlag.
- Nielsen, S. (2015). Fælles Mål og modelleringskompetence i biologiundervisningen – forenkling nødvendig for fortolkning. *MONA – Matematik- Og Naturfagsdidaktik* (4). Hentet fra <https://tidsskrift.dk/mona/article/view/36335>.

- Nielsen, S. (2019). Teaching for Modelling Competence. Ph.d.-afhandling. Københavns Universitet. <https://www.ind.ku.dk/begivenheder/2019/sanne-schnell-nielsen/SchnellNielsen-Thesis.pdf>.
- Núñez-Oviedo, M. & Clement, J. (2019). Large scale scientific modeling practices that can organize science instruction at the unit and lesson levels. *Frontiers in Education*, 4(68). <https://doi.org/10.3389/educ.2019.00068>.
- Passmore, C., Stewart, J. & Cartier, J. (2009). Model-based inquiry and school science: Creating connections. *School Science and Mathematics*, 109(7), 394-402.
- Passmore, C. et al. (2017) Developing and using models, Helping Students Make Sense of the World Using Next Generation Science and Engineering Practices, National Science Teachers Association. https://www.nsta.org/store/product_detail.aspx?id=10.2505/9781938946042.
- Reiser et al. (2019) <https://www.nextgenstorylines.org/>.
- Schwarz, C.V., Reiser, B.J., Davis, E.A., Kenyon, L., Achér, A., Fortus, D. & Krajcik, J. (2009). Developing a learning progression for scientific modeling: Making scientific modeling accessible and meaningful for learners. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(6), 632-654. doi: 10.1002/tea.20311.
- UVM. (2019). Fysik/kemi Faghæfte. <https://emu.dk/sites/default/files/2019-08/GSK-Fagh%C3%A6fte-Fysik-kemi.pdf>.
- Windschitl, M., Thompson, J. & Braaten, M. (2008). Beyond the scientific method: Model-based inquiry as a new paradigm of preference for school science investigations. *Science Education*, 92(5), 941-967.
- Windschitl, M., Thompson J. & Braaten, M. (2018) *Ambitious Science Teaching*, Harvard Education Press.

English abstract

Modeling is a core practice in science. Students can create or use models to predict and explain phenomena. To explore how process-oriented model activities can contribute to students' understanding, we conducted a mixed-method study by designing a teaching course focusing on students' model-based explanations. The course has been tested in six middle school classes. We constructed a holistic rubric to analyze the groups' explanations associated with each model and then compared scores to examine whether there is a progression in the quality of students' explanations. Results show that there was a significant development in the students' model-based explanations, but that the groups are divided within the progression in their explanations

Undersøgellesbaseret undervisning: 6F-modellen – dens tilblivelse og udvikling i Danmark



Lene Møller Madsen,
Institut for
Naturfagernes
Didaktik, Kbh.
Universitet



Robert Evans,
Institut for
Naturfagernes
Didaktik, Kbh.
Universitet



Jesper Bruun,
Institut for
Naturfagernes
Didaktik,
Kbh.
Universitet

Abstract: Denne artikel giver et indblik i hvordan undervisere kan tilrettelægge og gennemføre undersøgellesbaseret undervisning inden for naturfagene. Artiklen baserer sig på vores anvendelse af 6F-modellen i den naturfagsdidaktiske undervisning for kommende gymnasielærere vi er involveret i på Københavns Universitet. Vi beskriver udviklingen og brugen af 6F-modellen samt udfolder og didaktisk begrunder et konkret eksempel på et 6F-forløb målrettet fagene naturvidenskabeligt grundforløb og biologi. Med artiklen ønsker vi at øge kendskabet til 6F-modellen, dels for at kvalificere dialogen om undersøgellesbaseret undervisning og dels for at udbrede anvendelsen af undersøgellesbaseret undervisning i ungdomsuddannelserne.

Introduktion

Hvorfor er man egentlig begyndt at male tagene i New York hvide? Sådan kan indledningen til et undersøgellesbaseret forløb i naturvidenskabeligt grundforløb (NV) lyde på et af landets stx-gymnasier. I hvert fald hvis læreren har taget et af de fagdidaktiske kurser som vi på Institut for Naturfagernes Didaktik (IND) gennem de sidste 12 år har udbudt. På disse kurser anvender vi 6F-modellen som vi sammen med de studerende har udviklet og forbedret løbende gennem årene – hele tiden med udgangspunkt i den internationale forskning om undersøgellesbaseret undervisning (Inquiry Based Science Education, IBSE).

Med denne artikel vil vi gerne give et nuanceret indblik i 6F-modellen, samt hvordan den skal forstås og bruges – en viden der os bekendt tidligere udelukkende har været beskrevet dels i vores studerendes bachelor- og specialeprojekter (se referencelisten) og dels i enkelte publikationer hvor der trækkes på beskrivelserne af 6F-modellen i de studerendes projekter (fx Frisdahl, 2014). Derudover er det et stort ønske for os gennem artiklen at øge kendskabet til 6F-modellen der dels kan kvalificere dialogen

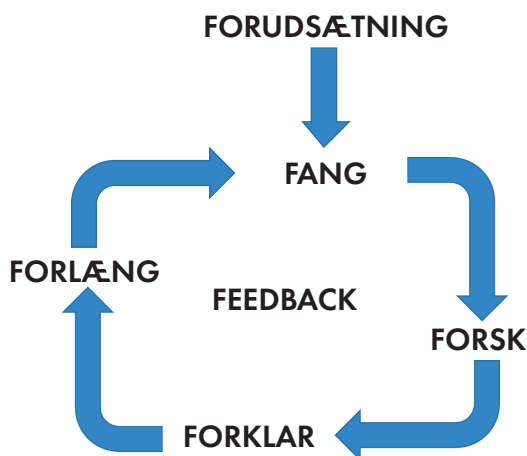
om undersøgelserbaseret undervisning, dels udbrede kendskabet til og anvendelsen af undersøgelserbaseret undervisning i ungdomsuddannelserne.

Vi starter med at beskrive 6F-modellen, dens enkelte faser og sammenhænge mellem dem. Kernen i artiklen er dens beskrivelse af og læringsmæssige argumentation for et 6F-forløb omhandlende spørgsmålet: Hvordan fanger en frø sin føde? Dette udfoldede eksempel har til hensigt at give konkret indsigt i hvilke rammer 6F-modellen giver for et undersøgelserbaseret undervisningsforløb. Efterfølgende beskriver vi det internationale udgangspunkt for 6F-modellen, dens relation til læringsteorier og begrundelser. Afslutningsvis diskuterer vi modellens anvendelse på ungdomsuddannelserne.

6F-modellen og dens enkelte faser

6F-modellen er en undervisningsmodel, altså en model man kan bruge til at planlægge, organisere og dokumentere sin undervisning. Modellen har 6 faser som vi kalder Forudsætning, Fang, Forsk, Forklar, Forlæng og Feedback, deraf navnet 6F-modellen (se figur 1). Vi beskriver her de 6 faser i generelle vendinger (findes i en tidligere version i Ulriksen et al., 2013). Næste afsnit, "En 6F-lektion", eksemplificerer nærmere indholdet af hver fase.

Udgangspunktet for at anvende 6F-modellen er at udarbejde læringsmål for den aktivitet som 6F-modellen anvendes til at planlægge og gennemføre. Læringsmålene er styrende for indholdet i de enkelte faser og sammenhænge mellem dem. Dermed er elevernes arbejde rammesat inden for de læringsmål som læreren har opsat for aktiviteten.



Figur 1. 6F-modellen med de enkelte faser og deres sammenhænge.

Forudsætning: Læreren får gennem spørgsmål og mindre opgaver indsigt i elevernes eksisterende og formulerbare forståelse af fænomener, processer osv., og disse synliggøres. Dette kan ske gennem åbne spørgsmål (eksempelvis: Hvad tror I?), ved at observere elevers arbejde med stillede opgaver eller ved en kombination. Det centrale er at læreren får viden om elevernes konkrete forståelse af sammenhænge der er nødvendige for selvstændigt at kunne arbejde i Forsk-fasen. Fasens funktion er at afdække elevernes forudsætninger, ikke at give dem forudsætningerne for deltagelse. Det er meningen at læreren bruger den indsigt hun får i elevernes viden i Forudsætning-fasen, dels til at lave justeringer i den efterfølgende undervisning og dels til at lave forbindelser mellem elevernes forudgående viden og den viden eleverne konstruerer i løbet af undervisningen.

Fang: Gennem brug af overraskende, fascinerende og forunderlige filmklip, oplevelser, forsøg, tegninger, datasæt osv. fanges elevernes interesse for forløbet. Fang-fasen hænger tæt sammen med Forudsætning-fasen, da læreren for at fange elevernes interesse må relatere til og tage udgangspunkt i deres forudsætninger. Målet med Fang-fasen er at eleverne oplever den viden de skal konstruere, og de opgaver de skal arbejde med i løbet af undervisningen, som relevante og motiverende. Dette involverer ofte en åben idégenerering hvor elevernes egne idéer og viden værdsættes og tages alvorligt.

Forsk: Eleverne udforsker og/eller indsamler data og begynder at lave beskrivelses- og forklaringsmodeller baseret på deres udforskning. Dette involverer ofte begyndende hypotesedannelse, således at eleverne også afprøver egne idéer og modeller. Lærers opgave er at hjælpe når eleverne har spørgsmål, brug for et skub eller yderligere udfordring. Hjælpen består primært i at stille spørgsmål der kan hjælpe eleverne i deres læringsproces, og bør ikke være egentlige forklaringer af stoffet eller sammenhænge som eleverne ikke selv er kommet frem til. Det centrale i Forsk-fasen er at eleverne selv gør sig erfaringer med det faglige indhold, udvikler idéer, afprøver disse og anvender fagets terminologi inden for de rammer læreren har sat.

Forklar: I denne fase kobles elevernes erfaringer fra Forsk-fasen med fagets termer og forståelser. Eleverne deler deres observationer, hypoteser og konklusioner, men vigtigst er at eleverne afprøver deres argumenter og ræsonnementer for deres vurderinger i dialog med læreren og de øvrige elever. Læreren kan selv bringe nye hypoteser, både rigtige og forkerte, på banen og lade eleverne vurdere disse så processen kan føre til den viden læreren ønsker for forløbet. Læreren kan sammen med klassen bekræfte eller afkræfte forskellige hypoteser, argumenter og anvendelser af terminologi i relation til fagets måder at ræsonnere på. Målet med fasen er at samle og konsolidere den viden klassen har på nuværende tidspunkt, så det bliver synligt for alle.

Forlæng: Her anvender eleverne den viden de har konstrueret i Forsk- og Forklar-faserne i nye sammenhænge. Forlæng-fasen har til formål at give eleverne mulighed

for at anvende og overføre deres viden, således at deres forståelse bliver dybere, og anvendeligheden af den bliver bredere. Set ud fra lærerens synspunkt har Forlæng-fasen også det formål at kunne vurdere om eleverne har konstrueret og kan anvende den tilsigtede viden, og fasen peger derfor også ofte fremad mod den videre undervisning.

Feedback: Gennem hele forløbet får læreren feedback på hvor eleverne er, og hvad deres faglige udfordringer består i, og kan løbende tilpasse hvad eleverne skal arbejde med. Hvis det er tydeligt i Forudsætning-fasen at et emne eksempelvis ikke er så præsent for eleverne og samtidig er centralt for elevernes forståelse af emnet, kan læreren lægge yderligere data ind i Forsk-fasen. Dette vil oftest ske ved at læreren igangsætter en ekstra Forsk-fase. Ligeledes får eleverne under hele forløbet formativ feedback på deres arbejde, dels gennem lærerens spørgsmål, dels gennem de andre elever og deres arbejde med forsøg, data og bearbejdning.

Der er nogle nødvendige sammenhænge og relationer mellem de enkelte faser i 6F-modellen. Den vigtigste er at Forklar-fasen altid kommer efter en Forsk-fase. Derfor er det vigtigt at eleverne ikke skal forberede sig ved at læse om fagbegreberne i en lærebog før de har haft mulighed for at arbejde med dem i undervisningen. Dette hænger sammen med at lærebøger i sagens natur er forklarende, så det ville foregribe og forhindre elevernes selvstændige videnskonsstruktion i et undersøgelsesbaseret forløb. Forberedelsen kan dog godt være at læse noget som en konsolidering af begreber som eleverne allerede tidligere har arbejdet med. Læsningen sker således i undersøgelsesbaseret undervisning efter undervisningen og ikke før.

Der kan være mange runder af Fang-, Forsk- og Forklar-faser i et enkelt 6F-forløb indledt af en Forudsætning-fase og afsluttet af en Forlæng-fase. Et helt 6F-forløb kan ligeledes fungere som en Fang-fase for et længere forløb. Som underviser opleves det som en meget fleksibel undervisningsmodel. Så længe man har fokus på læringsmålene for forløbet, kan man undervejs indskyde eller udelade eksempelvis Forsk-faser alt efter den oplevelse man har af elevernes forståelse gennem den løbende feedback.

En 6F-lektion: Hvordan fanger en frø egentlig sin føde?

Lektionens primære aktivitet er en undersøgelse af hvad vi har kaldt kunstigt frøspyt. Det kunstige frøspyt er en såkaldt ikke-newtonsk væske, men i virkeligheden blot majsstivelse opslæmmet i vand, og den viden eleverne opnår i løbet af lektionen, beror på en analogi mellem majsstivelses og frøspyttets egenskaber. Rigtigt frøspyt er nemlig også en ikke-newtonsk væske. Modellen som anvendes i lektionen, giver en foreløbig forklaring af hvordan ikke-newtonske væsker kan hjælpe frøer med at fange og sluge insekter. Forskning opstiller andre modeller der giver en mere komplet og nuanceret forklaring (se Fowler et al., 2018; Noel et al., 2017). Derfor kan det her beskrive 6F-forløb, som er tænkt til et NV-forløb eller biologi C-niveau, også anvendes som en

Fang-fase for et længere undersøgelsesbaseret forløb på fx A-niveau i biologi, fysik eller kemi med forskelligt fokus på det molekylære niveau og ikke-newtonske væsker.

Beskrivelsen af lektionen indeholder dels instruktioner til læreren og dels didaktiske kommentarer som begrundet instruktionerne.

Læringsmål for lektionen

Efter lektionen kan eleven:

- undersøge karakteristika for kunstigt frøspyt under vejledning, men uden en kogebogsopskrift for hvordan de skal undersøge
- formulere plausible hypoteser om hvordan det kunstige frøspyt både hjælper frøen med at fange et insekt og tillader frøen at sluge insektet
- producere og dele en kort mobilvideo der illustrerer det kunstige frøspyts egenskaber i forbindelse med at fange insektet og sluge insektet
- bruge det kunstige frøspyt som model til at forklare hvordan en frø kan fange og spise et insekt
- forklare hvorfor det kunstige frøspyt og kviksand kan benævnes ikke-newtonske væsker.

Læringsmålene for lektionen støtter elevernes opnåelse af de faglige mål for NV og biologi C, eksempelvis de faglige mål “formulere og teste enkle hypoteser” og “opsamle, systematisere og behandle data med brug af forskellige repræsentationsformer” i NV eller som en Fang-fase i et forløb om kernestoffet evolutionsbiologi kombineret med det faglige mål at “anvende fagbegreber, fagsprog, relevante repræsentationer og modeller til beskrivelse og forklaring af iagttagelser og enkle biologiske problemstillinger” i biologi C.

Forudsætning

Læreren viser fotografiet (uden tekst) i figur 2 til eleverne og beder dem om at:

1. Foretage observationer af billedet og fortælle hvad de kan se (fx tungens mærkelige position, at frøen har en stor tunge, at frøens mund er helt åben, at insektets fødder er i kontakt med tungen)
2. Give bud på hvad der foregår på billedet (fx at frøen kan have forsøgt at spise insektet og nu spytter det ud fordi den blev bidt eller stukket; frøen prøver at spise insektet, men kan ikke da insektet har fat på enden af frøens tunge; frøen er ved at spise insektet osv.).



Figur 2. En frø der bruger sin tunge og spyt til at fange et insekt. *Fotografi: Candler Hobbs/Georgia Institute of Technology.*

Didaktisk kommentar: Disse indledende interaktioner med eleverne giver læreren en idé om hvad eleverne allerede ved, og hvor engagerende emnet er for dem (Eisenkraft, 2003). Formålet med fra starten at give eleverne mulighed for at foretage egne observationer og give egne bud på hvad der foregår, er at øge deres følelse af kompetence og autonomi og hjælpe med at opbygge relationer mellem lærer og elever og eleverne imellem (Brodersen & Hjelmberg, 2016). Når eleverne selvstændigt tænker over og giver bud på hvad der sker på fotografiet, får de lov til kognitivt at overveje mange muligheder. Det kræver aktiv tænkning (Kruse, 2013) og kan også hjælpe til at motivere eleverne til at arbejde med det faglige indhold i lektionen.

Fang

Nu viser læreren et redigeret videoklip af en frø der fanger en fårekilling, vel at mærke uden nogen form for forklarende lydside eller tekst. Videoklippen kan findes her: <https://www.youtube.com/watch?v=IubFs-PtzhM>. Forskeren i klippet er hovedforfatteren på artiklen om frøspyt (Noel et al., 2017).

Læreren spørger nu om elevernes idéer til hvordan frøen er i stand til at fange insektet. Det er vigtigt at læreren ikke fremhæver nogle idéer som gode eller korrekte, men læreren kan godt bede eleverne om at forklare deres idéer nærmere. Der skal laves en synlig liste over idéerne, enten på tavlen eller elektronisk. Det kan fx være eleverne der laver listen.

Didaktisk kommentar: Visning af videoen uden det forklarende lydspor er vigtigt så eleverne i resten af lektionen får lov til at bruge deres egne observationer og idéer til at forklare frøspyttets egenskaber. I denne proces konstruerer eleverne deres forståelse, snarere end at de får fortalt en forklaring (af lydsiden), hvilket er et af hovedformålene med undersøgelsesbaseret naturfagsundervisning (Østergaard et al., 2010; Harlen, 2011). At fortælle eleverne om deres idéer er “korrekte” eller “forkerte” på dette tidspunkt i lektionen, vil hindre elevernes mulighed for gennem egne observationer og undersøgelser at finde sammenhængen – en proces der vil kunne give eleverne en oplevelse af at være kompetente og øge deres motivation.

Forsk

Læreren fortæller nu: Alexis Noel er den forsker som vi så i videoklipet. Hun var nysgerrig efter at finde ud af hvordan frøer er i stand til at fange insekter med deres tunger, som vi så det i klippet. Hun og hendes forskergruppe opdagede at en vigtig del af forklaringen er frøens helt specielle spyt. Folk har tidligere troet at det kun var en klæbrig tunge og/eller klistret spyt der gjorde at frøen kunne fange insekter. Men Alexis og hendes kolleger fandt ud af at der er mere i det end det.

I dag her i klassen skal vi udforske noget der ligner det som frøspyt består af. Vi kalder det kunstigt frøspyt. Vores mål er at finde ud af hvilke egenskaber ved det kunstige frøspyt der kan hjælpe en frø med at fange insekter med tungen.

Didaktisk kommentar: Vi har formuleret ovenstående som tale for at vise hvordan læreren kan rammesætte Forsk-fasen. Selvfølgelig skal hver lærer finde sin egen måde at gøre det på. Det centrale er at undgå at give eleverne forklaringer; de skal selv have mulighed for at finde ud af det kunstige frøspytts egenskaber. Derved opretholdes udfordringen og motivationen ved at undersøge og finde ud af noget.

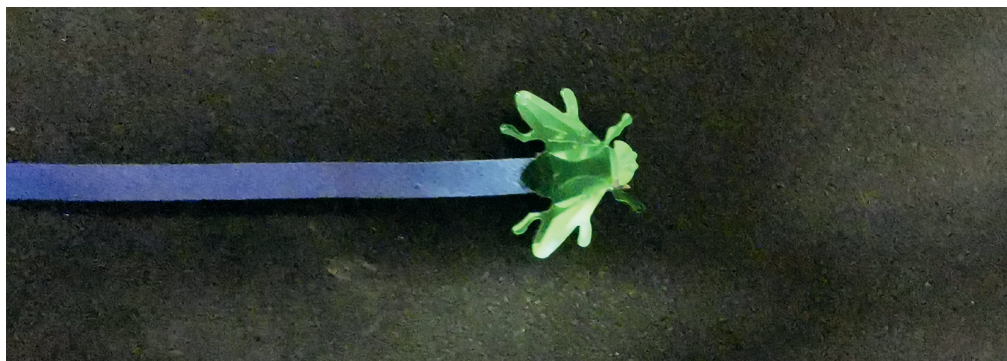
For at finde ud af hvilke egenskaber ved det kunstige frøspyt der gør at en frø kan fange et insekt, sættes eleverne til at arbejde i grupper af 2-3. Hver gruppe skal bruge:

- Cirka 100 gram hvidt pulver
- En lille beholder med postevand
- En beholder til at blande pulveret med postevand til et kunstigt frøspyt der har nogle af de samme egenskaber som rigtigt frøspyt
- Et lille plastikinsekt, fx en plastikflue
- Et stykke gavebånd som eleverne kan fastgøre insektet på
- En mobiltelefon der kan optage video.

Didaktisk kommentar: Pulveret er helt almindelig majsstivelse, men det bør eleverne ikke få at vide. Det er der to grunde til. Den ene er at de kan blive forvirrede og tro at

der er majsstivelse i frøspyt, eller at majsstivelse er det samme som frøspyt. Den anden er at de bliver “tvunget” til at opdage egenskaberne ved at prøve og ved at begå fejl snarere end fx at gå på nettet og slå det op. Det er lettest hvis læreren siger at navnet ikke er vigtigt, og sikrer at der ikke står æsker mærket med majsstivelse eller lignende nogen steder i klasseværelset, samt fortæller at det ikke er giftigt på nogen måde.

Få eleverne til at sætte et plastikinsekt på gavebåndet så insektet kan komme af gavebåndet når det trækkes igennem noget (se figur 3). Plastikinsektet skal dog ikke kunne trækkes af båndet for let.

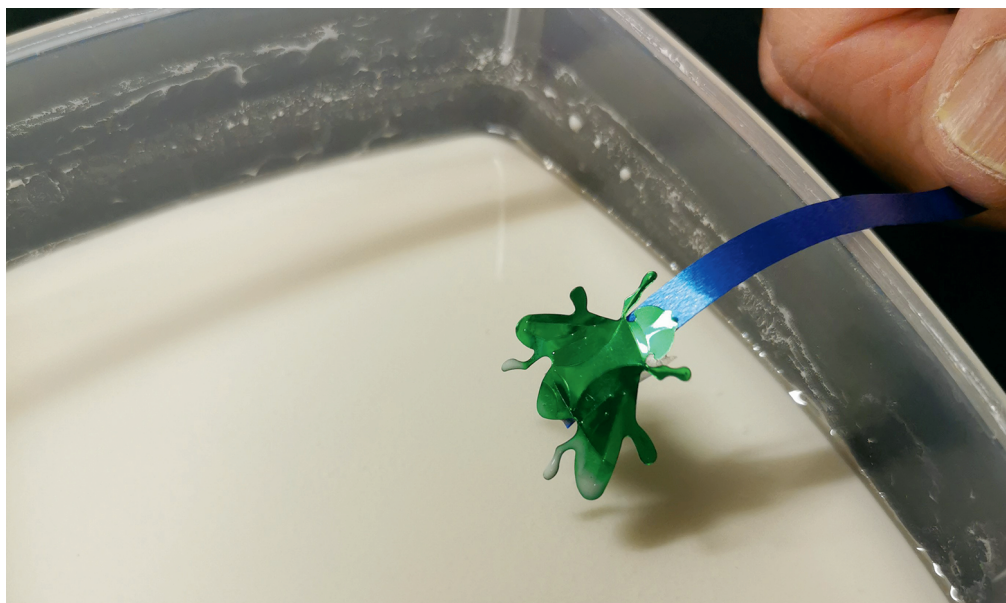


Figur 3. Et lille (1 cm) plastikinsekt (her en plastikflue) sættes på et stykke gavebånd så insektet rimelig nemt kan rives af båndet.

Nu skal eleverne hælde lidt vand i beholderen med hvidt pulver og røre rundt. De bør tilsætte vand til blandingen så det lige præcis bliver en væske der kan løbe hvis man hælder beholderen, men samtidig er svær at røre rundt. Hvis det kunstige frøspyt er alt for vandigt, tilsættes mere pulver – hvis det er for tykt, tilsættes lidt vand.

Didaktisk kommentar: Det er en iterativ proces for eleverne at lave en blanding med den rette konsistens. Eleverne tester her om insektet forbliver i blandingen eller slipper væk. Dette er en opdagelsesproces som er en del af elevernes læring om det kunstige frøspyt og dermed en del af deres forståelse af det videnskabelige indhold (Bybee, 2009).

Lad eleverne foregive at beholderen med kunstigt frøspyt er ligesom en frøs helt åbne mund. De skal nu simulere at insektet prøver at undslippe munden. Det gør de ved at trække plastikinsektet gennem beholderen med båndet og notere om plastikinsektet bliver på båndet, eller om det bliver revet af gavebåndet. Hvis insektet bliver på båndet, slipper det væk (se figur 4), og det kunstige frøspyt hjalp ikke nok til at fange insektet. Hvis insektet derimod bliver revet af gavebåndet (se figur 5), hjalp det kunstige frøspyt med at fange insektet.



Figur 4. Plastikfluen bliver på gavebåndet og kan tages ud af det kunstige frøspyt. Det svarer til at en flue undslap før dens kamp og musklerne i frøens tunge gjorde frøens spyt tykt og dermed svært for fluen at undslippe.



Figur 5. Plastikfluen rives af gavebåndet og forbliver i det kunstige frøspyt. Det svarer til at fluen blev fanget da dens kamp og musklerne i frøens tunge gjorde frøens spyt tykt og svært at slippe fra.

Efter at have fanget insektet fortsætter eleverne med at forske ved at tilsætte små mængder vand til blandingen og teste med insektet indtil blandingen ikke længere kan fange insektet.

For at rapportere deres resultater og dele dem med resten af klassen optager hver elevgruppe fem sekunders video med deres mobiltelefon. Videoen skal vise hvordan deres kunstige frøspyt hjælper med at fange et plastikinsekt.

Didaktisk kommentar: Eleverne kan vælge at vise at deres plastikinsekt bliver “fanget”, at det “undslipper”, eller begge muligheder med forskellige blandinger. At lave og dele korte videoer stiller eleverne til regnskab for deres arbejde fordi alle skal se alles videoer. Hensigten med denne offentlige deling af videoer er at motivere eleverne til at arbejde sig henimod og indfange deres resultater (se Hidi & Harackiewicz, 2000, om situationsbestemt interesse). For at lave deres videoer bliver eleverne nødt til at gentage deres forsøg flere gange. Formålet er her at forstærke deres opfattelse af det de har observeret. De delte videoer giver hele klassen og læreren en god idé om hvad der er blevet observeret, når de i den senere Forklar-fase skal give mening til resultaterne og forsøge at forklare deres observationer. Det centrale ved delingen af videoerne er at læreren fokuserer på at gøre elevernes observationer til en del af klassens delte viden. Hverken elever eller lærer skal forklare hvad der sker på dette tidspunkt, så hvis der kommer kommentarer som har karakter af forklaringer, skal læreren udskyde dem til Forklar-fasen.

Forklar

Eleverne diskuterer i arbejdsgrupper hvad de tror der sker med det kunstige frøspyt når de tilsætter mere og/eller mindre vand. Læreren bør opfordre eleverne til at bruge både deres observationer fra videoerne samt fingrene til at føle på blandingen og forsøge at finde mulige forklaringer.

Læreren cirkulerer under diskussionerne og leder efter muligheder for at spørge eleverne om hvornår blandingen bliver mere som et fast stof, og hvornår det føles mere som en væske. Eleverne kan måske ikke foretage alle de slutninger der er nødvendige i en forklaring af fænomenet. Læreren kan her guide eleverne til at komme frem til at insektet må påvirkes af en kraft fra blandingen afhængig af blandingens tykthed, at blandingen bliver mere tyk, nærmest størknet, når insektet forsøger at bevæge sig hurtigt, og at kraften på plastikinsektet dermed øges så blandingen kan rive det af gavebåndet. I stedet for at fortælle dem dette bør læreren lade eleverne trække deres plastikinsekter og egne fingre gennem en passende tyk blanding gentagne gange så de kan mærke at den bliver mere tyk og nærmest størkner når de trækker hurtigt, og mere væskelignende når bevægelsen er langsommere. Alle elever bør få mulighed for at mærke dette med deres egen skål med pulver blandet med vand.

Lad eleverne fortælle i plenum om deres idéer om hvad der får blandingen til at ændre sine egenskaber så den kan hjælpe til at trække et insekt af båndet. Idéer kan omfatte temperaturændringer, kemiske reaktioner, viskositet osv.

Didaktisk kommentar: Lærerens opgave er i Forklar-fasen at hjælpe eleverne med at bruge deres videoer til at finde ud af hvad der er anderledes ved det kunstige frøspyt når det “fanger”, hhv. ikke “fanger” insektet. For at forklare deres observationer i videoerne og deres yderligere undersøgelser af blandingen skal eleverne i nogle tilfælde revurdere det de har observeret, afklare deres sprog og også arbejde sammen. Se Bobek & Tversky (2016) for uddybning af elevens brug af visuelle forklaringer samt Roth & Lawless (2002) for hvordan sprog kan udvikle sig fra at være upræcist til mere klart.

Endnu et spørgsmål som læreren kan stille eleverne, er om frøens tunge spiller nogen rolle i at få dens spyt til at opføre sig som det kunstige frøspyt gjorde? Eleverne er nu nødt til at bruge beholderen med blandingen som en model af spyt i frøens mund og begrunde hvordan og hvornår kraften der trækker plastikinsektet af gavebåndet, frembringes af frøens mund og insektets kæmpe. Eleverne kan også komme frem til hvordan frøspyttets egenskaber tillader frøen at sluge insektet. Her kan læreren stille spørgsmålet: Var der noget ved tungen og dens bevægelse der gjorde det muligt for spyttet at frigive insektet?

Afslutningsvis skal eleverne kunne bruge deres plastikinsekter og fingre til at forklare hvordan frøens spyt hjælper med at fange insekter; ved at blive mere som et fast stof når det presses af et insekt der kæmper i spyttet, og af musklerne i frøens tunge. Dette sker indtil frøen har trukket insektet ind, hvorefter insektet ikke kæmper, og frøens muskler ikke presser, således at spyttet bliver mere væskeagtigt, og insektet kan sluges.

Sent i processen introducerer læreren begrebet som beskriver det fænomen som eleverne har beskæftiget sig med, nemlig ikke-newtonske væsker. Eleverne bliver guidet til at kunne forklare at blandingen er en ikke-newtonsk væske fordi den ændrer sin viskositet (tykthed) når den påvirkes af en kraft. Blandingens egenskaber har arbejdet med, er en type af ikke-newtonsk væske som bliver tykkere ved påvirkende kraft. Der findes også non-newtonske væsker som bliver tyndere ved påvirkende kraft, eksempelvis maling.

Didaktisk kommentar: Faciliteringen af elevernes tilskrivelse af mening til resultaterne af deres undersøgelser af det kunstige frøspytts egenskaber er udfordrende for både læreren og eleverne. Denne del af undersøgelsesprocessen kan være frustrerende (Gormally et al., 2009). Men fordi alle har set alle videoer, har diskuteret, har mærket blandingens egenskaber og har forsøgt at komme med forklarende hypoteser, vil der være bevægelse mod en fælles forståelse i klassen. I stedet for at ty til at forklare

ting for eleverne kan læreren fremme denne bevægelse med spørgsmål der hjælper eleverne med at genkende vigtige ændringer i deres blandinger, og hvordan disse ændringer kan hjælpe med at forklare resultaterne. Selvom det er vanskeligt selv at finde ud af tingene, er fordelene større fordi eleverne sandsynligvis vil føle sig – og være – bedre i stand til at deltage i en videnskabelig proces og sandsynligvis vil være i stand til at overføre det de har lært, til nye situationer (Gormally et al., 2009). Når eleverne udvikler deres egen forståelse, er det centralt at læreren validerer forklaringer og eventuelt giver fyldigere forklaringer så klassens forståelse af frøspytets funktion kan fremmes yderligere.

Forlæng

Eleverne anvender i Forlæng-fasen det de har lært om hvordan det kunstige frøspyt fungerer, på en anden væske de kan møde i deres hverdag. Stoffet er kviksand. Læreren viser en video af en person der sidder fast i kviksand, men viser ikke at vedkommende kommer ud – eksempelvis starten af <https://www.youtube.com/watch?v=snTNnCPNSUk>.

Lad eleverne brainstorme om hvordan personen kan komme op af kviksandet, baseret på det kunstige frøspytts egenskaber som de fandt frem til i Forsk- og Forklar-faserne. Få eleverne til at dele deres flugtstrategier, og lad eleverne sammenligne dem med et insekts mulighed for at komme væk fra frøen. Det at kæmpe i kviksand er som et insekt der forsøger at lette fra en spytfuldt frøtunge; det bliver mere solidt og sværere at flygte fra. Evnen til at slippe fri af kviksand gennem langsomme snarere end hurtige bevægelser er således analog med plastikfluen der ikke slipper fra det kunstige frøspyt.

Bemærk at der er forskellige forklaringer på hvorfor kviksand er svært at komme ud af, på internettet, og de er ikke alle i overensstemmelse med forklaringsmodellen anvendt her. Det er vigtigt at eleverne ikke slår op på nogen internetsider på dette tidspunkt da det kan ødelægge deres forståelsesmæssige forbindelse mellem det kunstige frøspyt og kviksand.

Didaktisk kommentar: At anvende begrebet ikke-newtonsk i en situation som eleverne personligt kunne opleve, motiverer både elevernes interesse og engagerer dem kognitivt når de sammenligner det kunstige frøspyt med kviksand.

Feedback

I Forudsætning- og Fang-fasen giver læreren formativ feedback til eleverne, fx ved verbalt at befordre elevernes indledende forklaringer og tilskynde til flere observationer og idéer. I Forsk-fasen får eleverne feedback gennem den dialog der skabes ved at læreren bliver ved med at cirkulere og spørge eleverne og får dem til at undersøge

ting uden at give dem løsninger. Indledende spørgsmål om hvad de laver, kan følges op med mere detaljerede eller afklarende spørgsmål. At engagere sig i disse dialogiske interaktioner lægger grundlaget for et rigt læringsmiljø hvor eleverne lærer at argumentere for deres idéer. I Forklar-fasen får eleverne feedback på deres aktuelle forståelse gennem lærerens spørgsmål og svar på deres idéer. Her er videoerne afgørende artefakter der hjælper med at facilitere diskussionen.

Det internationale udgangspunkt for 6F

6F-modellen tager udgangspunkt i "The Biological Science Curriculum Study (BSCS) 5E model" udviklet i 1980'erne i USA (Bybee et al., 2006; Bybee, 2009). Rodger Bybee m.fl. beskriver hvordan de teoretiske idéer som 5E-modellen baserer sig på, er udviklet i begyndelsen af det 20. århundrede af den tyske filosof og pædagog Johann Friedrich Herbart (Bybee et al., 2006). Herbart argumenterer for at såvel oplevelser af naturen som sociale interaktioner er essentielle for læring i naturvidenskab, og at de må tage udgangspunkt i og relatere sig til elevens eksisterende viden. Et århundrede senere bliver dette en del af BSCS's 5E- og vores 6F-model i Forudsætning-, Fang- og Forsk-faserne hvor elevernes forudgående viden danner basis for aktiviteter hvor de sammen med andre udforsker naturvidenskabelige fænomener. Rækkefølgen af faserne kan således spores tilbage til Herbarts beskrivelse af en sekventiel strategi i tilrettelæggelse af læring.

I begyndelsen af det 20. århundrede foreslog John Dewey en række faser for reflektiv tænkning; definering af problemet og hypotesedannelse, idéer til mulige forklaringer, afprøvning og afklaring (Dewey, 1997, først publiceret i 1920). Dette arbejde førte til den første læringscyklusmodel publiceret af Heiss m.fl. (Heiss et al., 1950) og senere Karplus og Thier (Karplus & Thier, 1967). Deres læringscyklus indeholdt tre faser, udforskning, opfindelse og opdagelse, som svarer til 5E- og 6F-faserne Forsk, Forklar og Forlæng. Baseret på Karplus og Thiers model har BSCS's 5E-model en Fang-fase (med en indbygget Forudsætning) og en evaluering i slutningen af læringscyklussen (Bybee et al., 2006). Vi har i vores udvikling af 6F-modellen taget udgangspunkt i BSCS's 5E-model og inspireret af Eisenkraft (2003) tilføjet forudsætning som selvstændig fase. Derudover har vi yderligere erstattet evaluering med feedback for at tydeliggøre fokus på den formative feedback i undersøgelsesbaseret undervisning. Nylig forskning viser at formativ feedback i undersøgelsesbaseret undervisning er gavnlig – særligt for de elever der har svært ved denne tilgang til læring (Evans et al., 2018). For disse elever er kontinuerlig formativ feedback fra både lærere og andre elever med til at øge deres vedholdenhed. Samtidig er lærere der får formativ feedback fra deres elever gennem undersøgelsesbaserede forløb, mere motiverede til at forbedre deres undervisning løbende. Dele af den øgede motivation hos lærerne hænger sammen med en øget

self-efficacy som er resultatet af konstruktiv formativ feedback (Evans et al., 2014).

6F-modellen: læring og begrundelser

6F-modellen bygger på konstruktivistisk læringsteori og idéen om at man lærer naturvidenskab gennem en undersøgende tilgang (Bybee et al., 2006). Samtidig betragter vi 6F-modellen som “en pædagogisk strategi, der angiver principper for undervisning og læreplaner” (Kruse, 2013, s. 2), og vi kan indpasse 6F-modellen i *både* mental-konstruktivistiske og sociokulturelle skoler inden for konstruktivisme.

Fra et mental-konstruktivistisk perspektiv kan 6F-modellen betragtes som en undervisningsmodel designet til at vække en kognitiv ubalance hos den enkelte elev, som gennem den opgave der arbejdes med, skal bringes tilbage til ligevægt. Det sker gennem ændring eller opbyggelse af skemastrukturer eller i relationer mellem skemastrukturer. Skemastrukturer kan her indbefatte både Piagets klassiske deklarative og procedurale skemaer (Winsløw, 2006), relationer mellem Lakoff og Johnsons billedskemaer (Lakoff & Johnson, 1980) og Fauconnier og Turners konceptuelle blandings-analogier (Fauconnier & Turner, 2002). Ofte vil man kunne beskrive elevernes arbejde med skemastrukturer som en akkommodativ proces (eleven opbygger nye kognitive skemaer) der afsluttes i Forklar-fasen. Forlæng-fasen er typisk designet til en mere assimilativ proces (eleven indlemmer viden i eksisterende kognitive skemaer), hvis den nye viden antages at kunne anvendes relativt uproblematisk i en ny situation.

Fra et sociokulturelt perspektiv giver 6F-modellen anledning til at deltage i dialoger og diskussioner om det der skal læres, at bruge artefakter (fx grafer, udstyr eller symboler) til at mediere sådanne dialoger og diskussioner, mens designet af det enkelte forløb som et hele angiver en vej for eleven til at internalisere den viden der opstår i arbejdet med det faglige. Især Forsk-fasen indeholder elementer af hvad Vygotsky (1978) ville kalde leg: Man prøver, fejler måske og opbygger viden – hele tiden i et socialt fællesskab. Der kan foregå stilladsering (Dolin & Kaspersen, 2017), både mellem lærer og elev og blandt elever (peer-feedback), og over tid kan man opbygge et praksisfællesskab (Wenger, 2000) omkring det at lære naturvidenskab, hvor eleverne føler at de deler et fælles mål, sammen lærer at gøre det bedre og som en integreret del af det at lære naturvidenskab kommunikerer meningsfuldt med hinanden og læreren.

6F-modellen har i modsætning til mere åbne typer af undersøgelsesbaseret tilgang i naturfagsundervisningen et klart udgangspunkt: Gennem tilrettelæggelse af undervisningen i 6F-modellen skaber læreren en situation hvor eleverne udforsker fænomener og opnår læring af et forudbestemt fagligt indhold gennem diskussioner og lærerinstruktion. Det betyder at 6F-forløb som oftest er placeret i midten af et kontinuum spændende fra demonstrationsforsøg til helt åbne elevstyrede forløb (Llewellyn, 2014). Med 6F-modellen vil læreren stille spørgsmål og tilrettelægge akti-

viteter hvor eleverne kan arbejde med det faglige indhold og begynde at konstruere svar sammen med læreren i relation til de læringsmål der er opstillet. Baseret på forskning tilbyder 6F-modellen således en undervisningsform der ligger mellem traditionelle kogeboogsøvelser der er svære at begrunde læringsmæssigt, og helt åbne undersøgelsesbaserede øvelser hvor elevernes spørgsmål alene er styrende, der både tidsmæssigt og i relation til at opnå bestemte læringsmål passer dårligt i de danske ungdomsuddannelser.

Baseret på 6F-modellens teoretiske ophav betragter vi den som en undervisningsmodel der kan anvendes på alle undervisningsniveauer, og den har efter vores opfattelse en stor rækkevidde i relation til forskellige betydninger af hvad det vil sige at lære naturvidenskab, inkluderende at lære begreber og begrebslige sammenhænge (Minner et al., 2010), at lære at undersøge en problemstilling naturvidenskabeligt gennem samspillet mellem eksperiment, model og teori (Etkina, 2007), at argumentere naturvidenskabeligt (eksempelvis Nielsen, 2013), at lære om hvordan videnskaben producerer viden, og hvilken sandhedsstatus denne viden har (Dolin, 2017). Det afgørende er at der er en sammenhæng mellem læringsmål, det grundlæggende naturvidenskabelige spørgsmål som skal drive elevernes interesse i lektionen, og de aktiviteter eleverne skal lave (se også Krogh & Andersen, 2016).

6F-modellen på ungdomsuddannelserne

Der findes os bekendt meget lidt systematisk empiri der kan belyse brugen af 6F-modellen som undervisningsmodel i de danske ungdomsuddannelser. På teoretisk pædagogikum anvendes 6F-modellen i varierende omfang på de fagdidaktiske kurser inden for naturfagene, og den anvendes ligeledes på master i scienceundervisning (MiSU) og i andre efteruddannelsessammenhænge.

Fra vores egne studerende (89 studerende i perioden 2008-2019) har vi gennem årene hørt om deres forskellige muligheder og udfordringer ved at anvende 6F-modellen i deres arbejde som gymnasielærere. Det er dog først for nylig vi har fået et mere systematisk overblik over dette, da en af vores tidligere studerende, Jakob Holm, valgte at skrive speciale om netop dette (Holm, 2018). Hans overordnede interesse var at undersøge i hvilken grad tidligere studerende der har taget det videregående fagdidaktiske kursus, anvendte 6F-modellen i deres nuværende undervisningspraksis, samt hvilke muligheder og udfordringer lærerne oplever ved anvendelse af en undersøgelsesbaseret tilrettelæggelse af deres undervisning.

Undersøgelsen viste at de undersøgte lærere (observation og interviews af seks lærere) i forskelligt omfang brugte 6F-modellen i deres undervisning, både som hele undersøgelsesbaserede forløb, men oftest som dele af undervisningen, eksempelvis Forudsætning- og Fang-faserne. Deres brug af 6F-modellen varierede med det sociale

miljø i klassen, vidensniveauet hos eleverne samt deres egen tilgang til undervisning. Lærerne oplevede særligt udfordringer i relation til tidsforbrug og brugen af formativ feedback og navnlig i store klasser (Holm, 2018). Andre specialer der har undersøgt enkelte lærere og undervisningsforløb, peger ligeledes på tidsforbruget, ikke som generisk for 6F-modellen, men i samspillet med den skolepraksis der eksisterer; eksempelvis at “det kan være udfordrende at nå de planlagte faser inden for tidsrammen af et modul” (Raabe, 2019, s. 82), hvilket peger på skemastrukturen som udfordrende, samt at det også er “tidskrævende at forberede og planlægge undersøgelsesbaseret undervisning” (Raabe, 2019, s. 82) – ikke fordi det tager lang tid, men fordi læreren har en oplevelse af at være ene om at praktisere 6F-modellen på sin skole og derfor ikke kan udveksle og sparre med de andre lærere (Raabe, 2019).

Samlet set finder Holm (2018) at lærerne oplevede flere fordele end ulemper ved brugen af 6F-modellen, især det motiverende aspekt. Kombinationen af interviews og klasserumsobservationer i flere af specialerne belyser at selvom der er en forståelse hos de undersøgte lærere af at de anvender 6F-modellen som undervisningsmodel, så er der (store) uoverensstemmelser med den her i artiklen præsenterede 6F-model. Det peger på vanskelighederne ved empirisk at undersøge udfordringerne ved brugen af 6F-modellen.

Kruses (2013) syntese af studier der har undersøgt effekten af undersøgelsesbaseret undervisning, kan anvendes som et udgangspunkt for en diskussion af hvornår undersøgelsesbaserede undervisningsstrategier synes mest effektive i forhold til både motivation og læring. Vi vil dog fraråde at fokusere undervisningen af kommende undervisere i ungdomsuddannelserne udelukkende på læsning af effektstudier. Det er bedre at fokusere på at lade kandidaterne kontinuerligt designe, anvende og reflektere over deres egen brug af 6F-undervisningsmodellen. Og så vil vi hilse systematiske studier af brugen af 6F-modellen som undervisningsmodel i de danske ungdomsuddannelser mere end velkommen.

Referencer

- Bobek, E. & Tversky, B. (2016). Creating visual explanations improves learning. *Cognitive Research: Principles and Implications*, 1(27).
- Brodersen, P. & Hjelmberg, M. (2016). Scenarieorienteret planlægning i matematik. Matematiklæreres opmærksomhed på sikre og usikre elevers motivation. *MONA* (2), 26-45.
- 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.

- Dolin, J. & Kaspersen, P. (2017). Læringsteorier. I: Dolin, J., Ingerslev, G.H. & Jørgensen, H.S. (red.) *Gymnasiepædagogik* (s. 156-208). København, Danmark: Hans Reitzels Forlag.
- Dewey, J. (1997). *How we think*. Courier Corporation.
- Eisenkraft, A. (2003). Expanding the 5E model. *The Science Teacher*, 70(6), 56-59.
- Etkina, E. & Van Heuvelen, A. (2007). Investigative science learning environment – a science process approach to learning physics. *Research-based reform of university physics*, 1(1), 1-48.
- Evans, R., Luft, J., Czerniak, C. & Pea, C. (red.). (2014). *The Role of Science Teachers' Beliefs in International Classrooms: From teacher actions to student learning*. Cham: Springer.
- Evans, R., Clesham, R., Dolin, J., Hošpesová, A., Jensen, S.B., Nielsen, J.A., Stuchlíková, I., Tidemand, S. & Žlábková, I. (2018). Teacher Perspectives about Using Formative Assessment. I: Dolin, J. & Evans, R. (red.) *Transforming Assessment, Through an Interplay Between Practice, Research and Policy* (s. 227-248). Cham: Springer.
- Fauconnier, G. & Turner, M. (2002). *The way we think: Conceptual blending and the mind's hidden complexities*. New York, NY, US: Basic Books.
- Fowler, E.J., Kleinteich, T., Franz, J., Jaye, C., Fischer, D.A., Gorb, S.N., Weidner, T. & Baio, J.E. (2018). Surface chemistry of the frog sticky-tongue mechanism. *Biointerphases* (13), 06E408.
- Frisdahl, K. (red.) (2014). *Kompendium: Inquiry Based Science Education – IBSE. Termer, metoder, tankegange og erfaringer. Undersøgelsesbaseret undervisning i naturfag og matematik*. Skriftserie 36. Institut for Naturfagenes Didaktik, Københavns Universitet.
- Gormally, C., Brickman, P., Hallar, B. & Armstrong, N. (2009). Effects of inquiry-based learning on students' science literacy skills and confidence. *International journal for the scholarship of teaching and learning*, 3(2), article 16.
- Harlen, W. (2011). Udvikling og evaluering af undersøgelsesbaseret undervisning. *MONA* (3), 46-70.
- Heiss, E.D., Obourn, S. & Hoffman, C.W. (1950). *Modern science teaching*. New York: Maxmillian.
- Hidi, S. & Harackiewicz, J.M. (2000). Motivating the academically unmotivated: A critical issue for the 21st century. *Review of educational research*, 70(2), 151-179.
- Karplus, R. & Thier, H.D. (1967). *A new look at elementary school science: Science curriculum improvement study*. Chicago: Rand McNally.
- Krog, L.B. & Andersen, H.M. (2016). *Fagdidaktik i naturfag*. Frederiksberg, Danmark: Frydenlund.
- Kruse, S. (2013). Hvor effektive er undersøgelsesbaserede strategier i naturfagsundervisningen? *MONA* (2), 24-48.
- Lakoff, G. & Johnson, M. (1980). *Metaphors we live by*. Chicago, US: University of Chicago Press.
- Llewellyn, D. (2014). *Inquire within*. Thousand Oaks, California: Corwin Press.
- 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(4), 474-496.
- Nielsen, J.A. (2013). Dialectical features of students' argumentation: A critical review of argumentation studies in science education. *Research in Science Education*, 43(1), 371-393.

- Noel, A.C., Guo, H.Y., Mandica, M. & Hu, D.L. (2017). Frogs use a viscoelastic tongue and non-Newtonian saliva to catch prey. *Journal of the Royal Society Interface*, 14(127), 20160764.
- Roth, W.M. & Lawless, D. (2002). Science, Culture, and the Emergence of Language. *Science Education*, 86(3), 368-385.
- Ulriksen, L., Jensen, S.B., Madsen, L.M. & Holmegaard, H.T. (2013): *Forstå, Fange og Fastholde – gymnasieelever, undervisning og interesse for naturfag*, Institut for Naturfagenes Didaktik, Københavns Universitet, Forum 100 %.
- Vygotsky, L.S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes* (M. Cole, V. John-Steiner, S. Scribner & E. Souberman., Eds.) (A.R. Luria, M. Lopez-Morillas & M. Cole [with J.V. Wertsch], Trans.) Cambridge, Mass.: Harvard University Press. (Original manuscripts [ca. 1930-1934]).
- Wenger, E.C. & Snyder, W.M. (2000). Communities of practice: The organizational frontier. *Harvard business review*, 78(1), 139-146.
- Winsløw, C. (2006). *Didaktiske elementer – en indføring i matematikkens og naturfagenes didaktik*. Frederiksberg: Biofolia.
- Østergaard, L.D., Sillasen, M., Hagelskjær, J. & Bavnhøj, H. (2010). Inquiry-based science education – har naturfagsundervisningen i Danmark brug for det? *MONA* (4), 25-43.

Specialer og bacheloropgaver ved IND der anvender 6F-modellen

- Christensen, N.H. (2013). Effekten af Inquiry Based Science Education hos gymnasiefremmede elever. Speciale. Institut for Naturfagenes Didaktik, Københavns Universitet.
- Damsgaard, L. & Madsen, L.B. (2017). Undersøgelserbaseret naturfagsundervisning på GUX-Nuuk. Studenterserie nr. 56. Speciale. Institut for Naturfagenes Didaktik, Københavns Universitet.
- Frandsen, C.B. (2019). Undersøgelserbaseret undervisning i idrætsfaget på gymnasieskolen. Speciale. Institut for Naturfagenes Didaktik, Københavns Universitet.
- Holm, J.R. (2018). The implementation of Inquiry-based Teaching – An assessment of Newly Educated Danish Science Teachers Implementation of Inquiry-based Teaching. Studenterserien nr. 70. Speciale. Institut for Naturfagenes Didaktik, Københavns Universitet.
- Nymark, A. (2015). Climate change and ozone – A socioscientific inquiry for Danish High Schools. Speciale. Institut for Naturfagenes Didaktik, Københavns Universitet.
- Persson, M.C.B. (2013). Kvantekemi i gymnasiet – tilrettelæggelse, udførelse og evaluering af et undervisningsforløb. Studenterserie nr. 29. Bachelorprojekt. Institut for Naturfagenes Didaktik, Københavns Universitet.
- Persson, M.C.B. (2017). Chemical demonstrations using inquiry-based teaching: Facilitating chemistry teachers' use of IBSE. Speciale. Institut for Naturfagenes Didaktik, Københavns Universitet.
- Raabe, I. (2019). Undersøgelserbaseret naturfagsundervisning – elever, muligheder og betingelser. Speciale. Institut for Naturfagenes Didaktik, Københavns Universitet.

Kloster, M.S.B. (2019). Inquiry-Based Science Education (IBSE) – lærernes syn på anvendeligheden af inquiry-baseret undervisning til at imødekomme faglige mål og kernestof i læreplanen for biologi C-niveau (STX). Speciale. Institut for Naturfagenes Didaktik, Københavns Universitet.

English abstract

This article provides an insight into how high school teachers can organize and conduct inquiry-based teaching within the natural sciences. The article has its focus on the 6F model that we use in our preparation of future high school science teachers at the University of Copenhagen. We describe the development and use of the 6F model and outline an example of a 6F lesson targeted for the subjects "introducing natural science" and Biology. The article intends to increase knowledge of the 6F model with the aim of both informing the dialogue about inquiry teaching as well as extending the use of inquiry-based teaching in Danish high schools.

Oplevelseslæring og BioFabLab



Connie Svabo,
Roskilde Universitet



Martin Malthé Borch,
Roskilde Universitet

Abstract: Artiklen beskriver RUC BioFabLabs tilgang til oplevelseslæring der forbinder STEM faglighed med FabLab-bevægelsens demokratisering af teknologi. Inspireret af sandkassetilgange fra teknologi-udvikling og med inddragelse af arbejdsmetoder der prioriterer den enkeltes nysgerrighed og integrerer den lærendes perspektiv med det faglige stof, lader BioFabLab de studerende forfølge egne interesser og samtidig blive klogere på naturvidenskabelig faglighed indenfor biologi, kemi og bioteknologi. To eksempler illustrerer, hvordan de studerende 'prototyper' sig frem, når de skaber biosten ud af sand og urea eller omsætter husholdningsaffald til hønsefoder gennem biologisk fabrikation.

Introduktion

Behov for interesse i naturvidenskab

I naturvidenskabsdidaktikken er der en stor orientering imod hvordan man kan arbejde med at fastholde elevens og studerendes interesse for naturvidenskab. Baggrunden er at mange børn og unges interesse for naturfag og naturvidenskab falder i takt med deres vej igennem uddannelsessystemet. De naturvidenskabelige uddannelser står over for to store problemkomplekser: hvordan man fastholder interessen for naturfag og naturvidenskab blandt elever på grundskoleniveau og i de gymnasiale uddannelser, samt hvordan man fastholder de studerende som er påbegyndt en naturvidenskabelig uddannelse på universitetet.

Undersøgelser viser at europæiske unge oplever at naturvidenskab ikke har nogen relevans i deres hverdag (Sjøberg et al., 2006), og ifølge rapporter fra den danske regering i 2016 og 2018 er Danmark et af de lande der har oplevet størst frafald blandt studerende på de naturvidenskabelige uddannelser (Seidelin, 2019, s. 14). Det ansporer til nytænkning: Det er nødvendigt at udvikle nye måder at lære naturvidenskab på (Seidelin, Wahlberg & Holmer, 2018, s. 1).

Oplevelseslæring i BioFabLab

Denne artikel præsenterer et udviklingsarbejde som tager afsæt i studenterdrevne projekter i laboratoriemiljøer der mest af alt minder om et køkken eller et drivhus. Udviklingsarbejdet præsenterer perspektiver for kreativ undervisning i naturvidenskab.

Vi beskriver Roskilde Universitets BioFabLab og nogle af de naturvidenskabeligt og teknologisk orienterede undervisningsaktiviteter der er forankret dér, og teori-rammesætter disse aktiviteter som oplevelseslæring. Artiklen argumenterer for at oplevelse og læring er to sider af samme sag, og synliggør hvordan undervisere og studerende selv kan *oplevelseslære* ved at arbejde udforskende og eksplorativt med bioteknologi i et biologisk fabrikationslaboratorium.

Artiklen præsenterer BioFabLabs praksis som den indgår i universitetets studieaktiviteter. Undervisningsaktiviteterne er ikke dybdegående undervisning i specifikke biologiske emner som mikrobiologi, fysiologi eller enzymkinetik. BioFabLab-aktiviteterne indgår i de studerendes tværfaglige projekter hvor læringsmålene på bachelorniveau, jf. kvalifikationsrammen for videregående uddannelse, bl.a. er at de studerende skal kunne vurdere teoretiske og praktiske problemstillinger samt begrunde og vælge relevante løsningsmodeller, håndtere komplekse og udviklingsorienterede situationer, selvstændigt indgå i fagligt og tværfagligt samarbejde, identificere egne læringsbehov og strukturere egen læring i forskellige læringsmiljøer.

Metode: didaktisk udviklingsarbejde

Udviklingsarbejdet har fundet sted i perioden fra slutningen af 2017 til sommeren 2019. Udviklingsarbejdet trækker på en klynge af forskningstilgange inden for human- og samfundsvidenskab som alle prioriterer praksis som kilde til viden. Fælles er at de prioriterer *“gøren”* og det eksplorative *“at prøve ting af”* som en del af den akademiske vidensproduktion. Grundtanken er at en værdifuld måde at lære og vide noget på er gennem *gøren i praksis og refleksion herover* (Chapman & Sawchuk, 2012; Leavy, 2009; Koskinnen et al., 2011; Schön, 1992). Denne form for læring og vidensproduktion indebærer ofte at en kreativ proces, en eksperimentel æstetisk komponent eller et kunstnerisk arbejde integreres som en del af et projekt. Den pædagogisk og didaktisk orienterede forskningstilgang *design-based research* (Christensen et al., 2011) indgår også i disse praksisorienterede metodologier.

En af artiklens forfattere, Martin Malthe Borch, er initiativtager til og grundlægger af BioFabLab RUC og underviser på de rapporterede undervisningsaktiviteter. Martin er uddannet civilingeniør i bioteknologi og master i interaktionsdesign. Den anden forfatter, lektor Connie Svabo, forsker i oplevelsesdesign og arbejder i krydsfeltet mellem oplevelse, æstetik og videnskab, bl.a. som leder af forskningscenteret Experience Lab på Roskilde Universitet. Samarbejdet mellem de to forfattere tager udgangspunkt i et ønske om at fremme oplevelsesorienterede tilgange til (formidling af og læring om) natur og naturvidenskab.

Artiklen præsenterer ikke en undersøgelse hvor vi står uden for feltet, men formidler tværtimod et udviklingsarbejde hvor vi er indlejret i feltet. De kvalitetskriterier

som er relevante for en vurdering af forskningen, er efter vores mening (og med inspiration fra Brinkmann & Tanggaard, 2013, s. 523) særligt *transparens* og *gennkendelighed*. Det empiriske grundlag for artiklen er undervisernes oplevelser samt studenterrapporter og evalueringer. De empiriske eksempler tjener til at illustrere et teoretisk perspektiv som understreger sammenhængen mellem oplevelse og læring, og fortæller om studenterdrevne projekter i en naturvidenskabelig og teknologisk laboratoriekontekst.

En grundantagelse i udviklingsarbejdet er at det biologiske fabrikationslaboratorium muliggør andre engagementsformer end det traditionelle biologiske laboratorium. Det didaktiske udviklingsarbejde er gennemført i overensstemmelse med den pragmatiske filosofi som bl.a. informerer FabLab-bevægelsens tilgang til teknologi. Denne pragmatik har et enkelt og emancipatorisk udgangspunkt: at gøre det muligt for alle mulige brugere at få adgang til et teknologisk fabrikationsmiljø og -udstyr, hvilket muliggør at studerende, kunstnere, iværksættere og andre interesserede kan skabe noget de har lyst til (Haldrup et al., 2018). Denne pragmatiske tilgang står i kontrast til skolastiske tilgange til læring.

Teori

Ikke en skolastisk tilgang

Skolastiske tilgange anser læring som noget der kommer “udefra”, hvor en elev eller studerende tilegner sig en på forhånd given mængde af viden. Denne viden kan fx findes i et pensum eller hos undervisere. Eleven eller den studerende skal tilegne sig den eksisterende viden og betragtes som et “tomt kar” hvori viden skal fyldes.

“Læring er her en tilegnelse af noget som allerede findes i bøger og i hovederne på de *ældre*, og hvor dét der undervises i, betragtes som værende statisk i sin kerne. Stoffet undervises som havde det en færdig pakkeform, med ringe inddragelse af måden hvorpå det oprindeligt blev udviklet, og uden hensyn til fremadrettede forandringshorisonter. Denne undervisningsform er i høj grad fremkommet i et samfund hvor man troede at fremtiden ville være meget lig fortiden, og bruges dog alligevel fortsat som grundlag for uddannelsestilrettelæggelse, nu i et samfund hvor forandring er reglen snarere end undtagelsen”. (Dewey, 1938, s. 19, forf. oversættelse)

Dewey – og mange andre – kritiserer denne læringstilgang. Denne tilgang til læring erstattes bl.a. af mere situerede, relationelle og dynamiske tilgange til læring (Dewey, 1938; Vygotski, 1962; Lave & Wenger, 1991). Ikke desto mindre er det stadig relevant at være bevidst om den skolastiske forståelse da mange nutidige læringspraksisser fortsat er orienteret mod “*indlæring*” og eksempelvis søger at sandsynliggøre nye

undervisningsmetoders effektivitet ved at isolere de specifikke metoder og kvantitativt sandsynliggøre deres læringsmæssige effekt. Dette ses eksempelvis når brugen af virtual reality til læring af naturvidenskab promoveres og testes for teknologiens "indlærings effekt" (se fx Makransky, Terkildsen & Mayer, 2019).

Et af de steder hvor dissonansen mellem kognitivt indlæringsorienterede tilgange og pragmatiske, situerede og relationelle tilgange træder tydeligt frem, er i diskursen om uformelle læringsmiljøer, eksempelvis museer, science centre, eksperimentarier mv. Museerne er i stigende grad begyndt at åbne op for leg og oplevelse i museumsrummet, men af og til dukker indlæg op i den offentlige debat hvor en aktør argumenterer "imod forfladigelse" og "for læring, viden og faglighed". Oplevelse bliver således stillet op som værende i modsætning til læring, viden og faglighed. Det er som om man tror at hvis man oplever noget, lærer man ikke noget. Det er en problematisk misforståelse. Den er problematisk fordi den adskiller to fænomener som i høj grad er sammenflettede (Dewey, 1938; Kolb, 1984). Ved at tage udgangspunkt i en forståelse af læring og viden som adskiller den lærendes oplevelse fra det lærte, *begrænses* de formidlings- og undervisningsmæssige *muligheder*. Man kan ikke lære noget uden at opleve noget.

Læring og oplevelse hænger sammen

Deweys arbejde er et vigtigt fundament for oplevelseslæring – både filosofisk og metodologisk. Det er en væsentlig pointe hos Dewey at læring og oplevelse *altid* hænger sammen. Ikke sådan at forstå at alle oplevelser giver relevant læring, men sådan at forstå at oplevelse altid er i spil i relation til læring. Inden for uddannelsesfilosofi og læringspraksis kobles læring og oplevelse bl.a. i den lærings- og uddannelsesstilgang som på engelsk benævnes *experiential learning and education* (Kolb, 1984). Som her formuleret af Smith og Knapp i *Sourcebook of Experiential Education*:

"Oplevelsesbaseret uddannelse er en filosofi og metodologi som eksplicit arbejder med den lærendes engagement og direkte oplevelse samt refleksion over denne og med det formål at øge viden, udvikle færdigheder og kvalificere evnen til at foretage værdibaserede skøn." (Smith & Knapp, 2011, s. 3, forf. oversættelse)

Oplevelseslæring kan findes i traditionel undervisning, alternativ uddannelse, uden-dørs adventureuddannelse, stedsspecifik læring, karrierelæring, terapi, socialt arbejde samt medarbejder- og karriereudvikling (Smith & Knapp, 2011; Roberts, 2012). Det har relation til den "human potential movement" som voksede frem i 60'erne, 70'erne og 80'erne, og til "humanistic education movement". Oplevelseslæring udgør grundlaget for "wilderness learning", udendørs- og miljølæring, som er meget almindelig i USA og Canada. Det er også beslægtet med "adventure education movement" hvor man

bl.a. arbejder med reb og holdudfordringer, ekspeditioner, rappelling, rygsækture, klatring, sejlads, miljøbevidsthedsaktiviteter og “community service learning” (Smith & Knapp, 2011).

Der er her fokus på aktiviteter som prioriterer “direct experience”. Det er et broget felt, og der har været omfattende diskussioner af læringseffekterne af nogle af disse aktiviteter. Det er relevant at have kritikken af oplevelseslæringsaktiviteterne in mente. Kritikken opsummeres af Roberts der som en svaghed fokuserer på et manglende filosofisk eller teoretisk grundlag for oplevelseslæringsaktiviteterne. Der findes mange, forskelligartede oplevelseslæringspraksisser, og det teoretiske og filosofiske grundlag for disse aktiviteter er i nogle tilfælde tyndt, men det nødvendige grundlag kan ifølge Roberts netop findes hos Dewey (Roberts, 2012, s. xi).

Dewey: Oplevelse er vekselvirkning mellem individ og omgivelser

Oplevelse foregår i en vekselvirkning mellem individ og omgivelser. Dewey understreger at oplevelse både foregår i et menneske (i den forstand at vilje og formål er forankret i individet) og har en aktiv, udvekslende dimension. På den måde kan man sige at oplevelse både kan anskues som et individuelt og et situeret, relationelt og dynamisk fænomen. Dewey skriver:

“Oplevelse foregår ikke bare inden i et menneske. Det foregår dér, for oplevelse betyder noget for udvikling af holdninger til videbegær og formål. Men det er ikke hele historien. Hver oplevelse har en aktiv side som til en vis grad forandrer de objektive forhold under hvilke oplevelsen finder sted.” (Dewey, 1938, s. 39, forf. oversættelse)

Ved at beskæftige sig med oplevelseslæring bliver det muligt både at adressere og tage udgangspunkt i hvad der foregår hos det enkelte menneske (hos den lærende), og hvad der foregår i omgivelserne, altså hvad den tidligere viden på et område er, og hvad underviseren prioriterer, lige såvel som hvordan de fysiske omgivelser og materialer indgår og medskaber læringssituationen.

Omgivelser som oplevelseslæringsinspirator

Situationen, herunder de fysiske omgivelser, spiller en vigtig rolle i forhold til læring. Med udgangspunkt i Dewey kan de fysiske og sociale omgivelser for en læringssituation aktivt medtænkes som bidragyder til læringsoplevelse. Dewey gør opmærksom på hvordan “enviroming conditions” (omgivende betingelser) er med til at skabe oplevelse, og opfordrer til at undervisere forstår og medtænker hvilke “omgivelser” der kan være med til at skabe vækst (lærerige oplevelser) – og hvordan de kan tilrettelægges for læring. Heri er en vigtig begrundelse for at eksperimentere med og udvikle de “omgivelser” som naturvidenskab, herunder biologi, læres i. Også

derfor giver det god mening at forstå *adventure education*-programmer og andre "ude i felten"-praksisser som oplevelseslæring. Dewey påpeger at undervisere skal være bevidste om at situation og omgivelser er med til at skabe læringsoplevelsen. Det betyder bl.a. at undervisere kan bruge omgivelserne til at tilbyde oplevelser som muliggør relevant udvikling: "*Først og fremmest skal de vide hvordan de kan bruge omgivelserne – fysiske og sociale – til at uddrage alt hvad de har at bidrage med til at skabe værdifulde oplevelser*" (Dewey, 1938, s. 42, forf. oversættelse).

Dewey fremhæver at omgivelser, situation, interaktion, oplevelse og læring spiller tæt sammen (Dewey, 1938, s. 42). Det har den implikation at skole- og læringsmiljøer er vigtige i forhold til læring. Omgivelserne rummer rige oplevelseslæringsmuligheder.

Denne indsigt er ikke ny. Den er en af begrundelserne for at man søger at skabe interesse og læring gennem uformelle læringsmiljøer som udstillinger og aktivitetscentre. Uformelle læringsmiljøer og aktivitetsbaserede lærings- og oplevelsessituationer muliggør kropslige og sansede indgangsvinkler til en forståelse af natur og naturvidenskab. Med denne artikel tilføjer vi det biologiske fabrikationslaboratorium til de potentielle miljøer for oplevelseslæring.

Laboratoriet som miljø for læring og oplevelse

Traditionelt set er et laboratorium et videnskabeligt miljø hvis funktion, teknologi og apparatur er en integreret del af skabelsen af videnskabelige sandheder (Latour & Woolgar, 1979; Law, 1993). Læringsoplevelser i laboratorier er i høj grad defineret af videnskabelige procedurer, apparatur og sikkerhedsprocedurer. Sådanne laboratorie-baserede læringsoplevelser er langt fra hverdagslige forståelses- og praksisformer; de er ikke alment tilgængelige. Med udgangspunkt i FabLab-bevægelsen og dens demokratiserende intention om at gøre digitale teknologier tilgængelige for en bredere offentlighed har man imidlertid på Roskilde Universitet udviklet en anden type af laboratorie-baseret læringsmiljø gennem udviklingen af et BioFabLab i rammerne af FabLab RUC.

FabLab RUC

FabLab-bevægelsen udspringer af et globalt gør det selv-elektronikmiljø med radioamatører og elektronikkubber. Siden opstod "makerspaces" der mere bredt anvendte digital teknologi (Davies, 2017; Turner, 2006), før begrebet Fabrication Laboratories (FabLabs) blev gjort populært gennem Massachusetts Institute of Technology (MIT)'s fortælling om værksteder der kan bygge næsten alt. MIT er en central drivkraft i FabLab-bevægelsen og har bl.a. været med til at udvikle *The Fab Charter* som opridser FabLab-konceptet.

Hvert enkelt FabLab er forskelligt, men hovedprincipperne bag FabLab RUC er:

- Alle uanset forudsætning har adgang, og det er gratis at bruge maskinerne.
- Det skal være nemt at bruge – bare kom og del maskinerne, tiden og pladsen med de andre brugere.
- Brugerne skal ikke retfærdiggøre deres baggrund for at bruge laboratoriet – alle idéer er gyldige.
- Der er ikke noget formelt testbaseret certificeringssystem, men læring foregår gennem mesterlære, peer-learning og “learning-by-doing”-principper.
- Farlige maskiner og udstyr kan bruges efter passende mundtlig instruktion eller gennem demonstration alt efter udstyret.

Det er et åbent værksted for alle, både studerende, forskere, virksomheder og den enkelte borger i almindelighed, og der er konstant fokus på aktivt og effektivt at mindske barriererne for adgang. I FabLab RUC kan brugere udvikle og bygge prototyper samt forstå og anvende den alment tilgængelige teknologi så de kan bruge den som de har lyst. FabLab RUC åbnede i 2013 på baggrund af fem års forarbejde og i parallel udvikling med den humanistisk-teknologiske bacheloruddannelse (Haldrup & Svabo, 2012; Haldrup et al., 2018).

Kernen af det gode projekt i FabLab er den enkeltes nysgerrighed og undersøgelse af et mulighedsrum i forhold til det materiale og den teknologi man står med i hænderne. Intentionen er at krop og tanke integreres. Det er et legende og undersøgende perspektiv på design (Hoby, 2014), og der tales i den sammenhæng også om at udviklings- og arbejdsprocesser foregår som en “samtale” med de materialer man arbejder med (Schön, 1992). Det handler om at være nysgerrig samt træne måden at spørge på og vide på.

BioFabLab

BioFabLab står for Biologisk FabrikationsLaboratorium og er en tilføjelse til FabLab. Forskellen mellem BioFabLab og et almindeligt biologisk laboratorium er at man i BioFabLab tager afsæt i det mere hverdagslige, det vil sige biologiske processer og redskaber som er tilgængelige for lægmand (m/k). Varianter af et sådant biologisk laboratorie minder mest af alt om et køkken og et drivhus. Med BioFabLab er målet at udvide de materialer og metoder man arbejder med i FabLab. Det skal være muligt at arbejde med biologiske medier, levende biologi, kemi og biologisk laboratorieudstyr. I BioFabLab er udgangspunktet de levende biologiske materialer og organismer, hvor det i FabLab er elektronik, computere, digital fabrikation som 3-d-print, laserskæring og CNC-fræsning der er udgangspunktet.

Empiriske eksempler

I det følgende beskriver vi to projekter som konkret viser hvordan oplevelseslæring foregår i BioFabLab.

Fluelarver fra madaffald til kyllingefoder

Projektet blev foretaget af fire tredjeseleverstuderende. Tre fra den samfundsvidenskabelige bacheloruddannelse og en fra den humanistisk-teknologiske bacheloruddannelse HumTek. Vejleder var Ane Kirstine Åre, ph.d. og ansat ved Institut for Mennesker og Teknologi.

Projektets formål var at undersøge om importeret soja brugt til dyrefoder i dansk landbrug kunne erstattes med insekter dyrket på kildesorteret organisk affald med henblik på at styrke bæredygtigheden og næringsrecirkulationen af produktionen. De studerende undersøgte det sociotekniske system, sammenlignede proteinkvalitet og lavede forsøg med dyrkning af melorme, fårekylinger og soldaterfluelarver på organisk affald og brugte industrielt hønsefoder som kontrolfoder.

De studerende konkluderede at det er teknisk muligt at substituere sojaprotein med fluelarver, men at der er politiske og regulative forhindringer på nuværende tidspunkt.

Nuværende lovgivning begrænser anvendelsen af insekter til foder, og manglende transparens gør det svært for forbrugerne at handle politisk og stille krav til produktionspraksis. Konkret oplevede de studerende gennem laboratoriarbejdet at fårekylingerne og melormene voksede meget begrænset, mens fluelarvernes masse voksede 16 gange i løbet af 15 dage. De testede også om høns ville spise larverne (det ville de!), og fik vigtig indsigt i de mange komplicerede forhold der gør sig gældende i en biologisk produktionsproces. Det var bl.a. håndtering af fugtproblemer, larver der kravler væk eller sidder fast, larver der forpupper sig eller flyver væk, vandindhold i og håndtering af de forskellige foderfraktioner og foder der rådner hvis det er utilstrækkelig udluftet. De opnåede gode, men ikke optimale vækstkurver med en simpel forsøgsopstilling. De studerende fik også meget ud af at tale med ormeleverandøren om hvor nyt dette felt er. Han gav udtryk for egne bekymringer, visioner og synspunkter. Tilsammen gav det indsigt i kompleksiteten af det system de undersøgte. Med deres egne ord var det *“fra start en udfordring at forudse hele forsøgets forløb, hvorfor perioder blev meget travle”*. Særlig begejstret var gruppen for at de fik skabt deres egen empiri og data. *“Det har generelt været virkelig positivt at opleve, hvilke muligheder der findes for at forfølge ens interesse og eksempelvis lave forsøg”* (Breum et al., 2019).

Materialer og metode: Der blev brugt en metalreol pakket ind i dampspærreplast og en plastikkasse til hvert enkelt forsøg. Til fugtstyring blev brugt en indkøbt luftfugter koblet sammen med en automatisk fugtmåler. Midt i forsøget blev denne fugtighedsmetode dog erstattet af en håndvandforstøver der blev brugt i hver kasse for

bedre at kunne håndtere forskellene i fugten i forhold til de forskellige vækstmedier. Temperaturen blev styret af en hårtørret tilsluttet en temperaturstyring med stikdåse.

Projektet er dokumenteret på FabLabs hjemmeside hvor det er muligt at se billeder og downloade de studerendes rapport: <http://fablab.ruc.dk/bsfl/>. Fablab.ruc.dk indeholder også guidelines til selv at bygge automatiseringen eller anden elektronisk styring.

Generelle BioFabLab-refleksioner: Eksemplet viser hvordan studenterinteresse, omgivelser og undervisningsaktivitet spiller sammen i konkret oplevelseslæring. Eksemplet viser en bevidst didaktisk prioritering af *at få gjort noget* frem for nødvendigvis at gøre det fagligt set helt perfekte. I dette eksempel og ofte når det gælder biologi, tager det lang tid at dyrke organismerne hvilket skaber et tidspres når man skal nå at udføre et projekt på et semester eller endnu kortere tid. Det at få ormene i hænderne, få en oplevelse af biologiens fugtighed og kompleksitet og stadig lykkes med at dyrke dem bidrager til en mere kropslig kompleks læring samt glæde og motivation. I projektet benyttes en simpel forsøgsopstilling som de studerende selv har samlet af plastik-kasser, en gammel reol og en håndfugter. Den simple opstilling gør behovet for vores støtte som teknologivejledere minimalt, og det giver de studerende øget selvstyring og handlekraft da de selv kan forstå, bruge, skære, klippe, tape og ændre det de har brug for, på opstillingen.



Illustration 1. *Biosten som kystsikring. a) Billede af gruppens korte introduktionsguide til emnet, b) en prøve undersøges, c) diagram over det hjemmedesignede dyrknings- og forsøgs-kammer.*

Biosten som kystsikring

Gruppen bestod af seks andetsemester-HumTek-studerende. Ud over teknologivejledning fra FabLab blev gruppen vejledt af Tina Henriette Kristiansen, ekstern lektor ved Institut for Mennesker og Teknologi, og Inger Louise Berling Hyams, ekstern lektor ved Institut for Kommunikation og Humanistisk Videnskab.

Projektets motivation var med de studerendes egne ord at “(...) undersøge bæredygtige løsninger og teknologier”, og de valgte selv biosten som deres teknologiske fokus. Biosten er et populært navn for en biologisk cementeringsproces. Bakterier dyrkes i en blanding af sand, calciumsulfat og urea. Bakterierne producerer et enzym der hydrolyserer urea. Dette forøger pH hvilket fører til at der udfældes calciumcarbonat (kalk) der binder sandet sammen og dermed danner et sandstenslignende materiale. Gruppen producerede deres egne “biosten” på en forsøgsopsætning der var lavet af dem selv i samarbejde med studentermedhjælperne i BioFabLab. De fik selv fat i bakterierne (*S. pasteurii*) og udførte flere vækstforsøg. I deres rapport præsenterer de perspektiver for teknologien i forhold til at skabe arkitektur med organiske former og dyrke sandskamler eller andre designobjekter.

Læring: De studerende fik en god oplevelse med at blande mange forskellige teknologier og materialer i form af elektronik, programmering og bakterier, og de fungerede selv som opsamlende bindeled mellem vejlederne fra forskellige discipliner som biologi, design og teknologi. De erfarede og skriver i deres rapport:

“... at biosten ikke er særligt svært at lave, så længe man har forberedt sig grundigt. Biosten kan laves uden for laboratoriet og sågar i ikke-sterile forhold og kan dermed produceres direkte på en given lokation. Da *S. pasteurii* ikke er en sygdomsfremkaldende bakterie, kan forsøget laves hvor som helst, selv hjemme på køkkenbordet, såfremt der er adgang til de kemikalier og remedier...” (Breum et al., 2019, s. 1)

Materiale og metode: For at lave biosten skal man først have bakterien fra en bakteriesamling. Bakterien blandes med sand, calcium og vækstmedie der er steriliseret i en trykkoger. Efterfølgende pumpes en ureaopløsning i små mængder gennem sandet. De studerende anvendte en meget simpel arduinostyret peristaltisk pumpe til dette. Arduino er et open source-programmeringssprog beregnet til at arbejde med computerprocesser på en tilgængelig måde som kan bruges til hurtig prototypeudvikling. Elektronikdelene har vi på lager, og de er købt billigt online. De HumTek-studerende bliver introduceret til elektronik, programmering og lodning så de selv kan forestå sådan en opstilling. Vi har lagt vejledninger til elektronik og kodeeksempler ud på FabLabs hjemmeside, og gruppen har også selv udarbejdet en kort vejledning med materialelister der kan findes på FabLabs hjemmeside eller på studieporteføljeportalen Thirdroom: <http://fablab.ruc.dk/biostone-as-coastal-protection/> og <https://ruc-thirdroom.dk/project/kystsikring-med-bio-stone/>.



Illustration 2. Biostenforsøgsopstillingen. Laboratorieglass, engangssprøjter, syltetøjsglas og hjemmebygget elektronik.

Generelle BioFabLab-refleksioner: Denne gruppe nåede at lave flere dyrkningsforsøg. De fik styr på teknologien, på den mere klassiske forståelse og havde tid til at modificere opstillingen flere gange. De nåede ind i en kreativt skabende proces hvor nysgerrigheden for hvordan dette biostensmateriale ville se ud, og hvordan det ville hænge sammen, blev stillet. De demonstrerede at man kan pumpe bakterier og medie ud i ikkesterilt frit sand, og derved udviklede de idéen om kystsikring. Selvfølgelig var opstillingen var temmelig kompleks. Den bestod af elektronik, bakterier, sand og vækstmedie, hvoraf det sidste også skulle håndteres sterilt.

Analyse

Formålet med BioFabLab er ikke at uddanne biologer eller bioteknologer, og det her beskrevne skal derfor ikke læses som en erstatning for eksisterende undervisning i biologi. BioFabLab er ikke et miljø i konkurrence med de traditionelle, analytiske naturvidenskabelige uddannelser. Det er et miljø der forsøger at forstå og udvikle hvordan man kan bringe biologi, levende materialer og økologi til andre discipliner. Formålet er at skabe et rum hvor legende, eksplorativ og eksperimenterende udforskning af naturvidenskab gøres tilgængelig for lægmand og studerende med udgangspunkt i deres egen nysgerrighed. Det betyder bl.a. at undervisningsaktiviteter ikke i første omgang handler om at kopiere en protokol eller udføre det forsøg der er stillet frem – eller om at bruge et bestemt stykke laboratorieudstyr eller en maskine på en bestemt

måde. Det handler snarere om at gøre det muligt at bygge en ny maskine eller åbne og ændre den vi har, og om at se på den biologiske viden og de teknologier vi har, og i kombination med andre fagligheder at syntetisere og fremstille noget der ikke har eksisteret eller har været tænkt før.

Eksemplerne illustrerer en didaktisk og uddannelsesmæssig udforskning af laboratoriet som miljø for læring der tager afsæt i den lærendes engagement med og forståelse af velkendte miljøer (køkken eller drivhus) og materialer (planter, mad, svampe, insekter). Undervisningsaktiviteterne finder sted som en integreret del af ECTS-givende studieaktiviteter hvor læringsmålet ikke er biologien, men hvor biologien og laboratoriet bliver miljøet og rammen for læringen.

De studerende tilegner sig basale laboratoriefærdigheder og viden inden for undervisningsaktiviteternes overordnede læringsmål samt viden om specifikke tværfaglige krydsfelter. Aktiviteterne er læringsorienterede i den forstand at den lærendes engagement gøres til afsæt for en konstruktivt skabende praksis samt en refleksion over denne. De studerende engageres direkte i laboratoriemiljøet, og underviserne indgår i dialog med de studerende med det formål at udvikle de studerendes viden, færdigheder og kompetencer. De studerende får mulighed for at arbejde med fagområdernes metoder og redskaber og udvikler derved deres evne til at indgå i fagligt og tværfagligt samarbejde samt deres kompetence til at identificere egne læringsbehov og strukturere egen læring. Dette er ifølge kvalifikationsrammen for videregående uddannelse mål for læringsudytte på bachelorniveau (jf. fx https://ufm.dk/uddannelse/anerkendelse-og-dokumentation/dokumentation/kvalifikationsrammer/andre/dk-videregaaende/kvalifikationsramme_dk_videregaaende_uddannelse_20080609.pdf).

Der tages afsæt i processer, redskaber og materialer som er mere "hverdagslige" end "videnskabelige", og som er tilgængelige. Det videnskabelige laboratoriemiljø smelter sammen med de hverdagslige miljøer som kilde til forståelse, viden og indsigt. Det almindelige bliver en indgangsvinkel til at forstå mere komplicerede, komplekse og abstrakte sammenhænge, fx biologiske og teknologiske processer. Det er med til at genfortolke og udvide de studerendes forståelse af hvad et laboratorium er, og det åbner både for den faglige kompleksitet der ligger i at arbejde med biologisk materiale, og giver de studerende konkrete faglige erfaringer med dette. De studerende lærer samtidig hvilke udfordringer der fx kan være i at få biologiske organismer til at vokse på planlagte måder.

Oplevelseslæring indebærer en vekselvirkning mellem eksisterende viden og egen interesse, engagement og motivation. Man bliver kastet ud på dybt vand med den viden man kommer med, og skal få det til at blive til noget med en kort tidsfrist. De konkrete fabrikationer udgør omdrejningspunktet for sammenhængende vekselvirkninger mellem oplevelse og refleksion.

Et vigtigt element er at de studerende stifter bekendtskab med åbne og eksplorative

tilgange til læring og videnskabelse (Koskinen et al., 2011, s. 24; Shanks & Svabo, 2018). Dette indebærer at man arbejder legende og med udgangspunkt i egen og andres nysgerrighed, og at processen er lige så vigtig som det afsluttende produkt (Kiib, 2004; Svabo, 2016). Det er her man opdager det der overskrider hvad man kunne tænke sig til, eller hvad teorien beskriver (Haldrup et al., 2018). Det er også her man lærer af sine fejl.

Denne tilgang er særlig udviklet inden for design- og teknologiudvikling og kaldes nogle gange for en "sandkassetilgang" (på engelsk *rapid-prototyping*) hvor man eksperimenterer med udviklingsprocesser uden nødvendigvis at gå dybt ind i den bagvedliggende videnskab. Kendte eksempler er teknologiudviklingskulturen i Silicon Valley og omkring Stanford Universitet, hvor *design thinking* og dens iterative *build to think*-processer, som anvendes i alt fra teknologi- til forretningsudvikling, er nøgleord, samt *demo or die*-kulturen ved MIT Media Lab. Tilgangen viser at "det er muligt at udvikle viden med og gennem forhåndenværende ting, uden komplekse, teoretiske retfærdiggørelser – bare ved at slippe fantasien løs i værkstedet" (Koskinen et al., 2011, s. 24, forf. oversættelse). Sandkassetilgangen prioriterer hands-on, eksplorative aktiviteter og indebærer ofte tværfaglighed og hybride (sammensatte) fabrikationer.

Udviklingen foregår i hurtige iterationer, men styrken ligger i vekselvirkningen. Det er ikke optimalt at *blive* i et rapid prototyping-univers. Man kan godt bygge en model af en motor eller en flyvinge med pap og gaffatape, men for at bygge en jumbojet kræves der også grundig analytisk og systematisk forskning. Ideelt set oplever de studerende en kombination af forskellige måder at arbejde på. På den ene side den analytiske kortlægning med minutiøs notering i notesbogen og labbogen – og på den anden side den åbne og skabende udfoldelse.

Kunsten er her at skabe en bevidsthed om hvornår man befinder sig i den åbne, kreative proces, og hvornår man befinder sig i den analytiske eller instrumentelle og målorienterede proces. Dette kan skabes ved tydelighed i processen eller ved tydelighed i det fysiske rum som den studerende befinder sig i. FabLab er det kreative, skabende rum der er i kontrast til kontoret eller gruppe-lokalet hvor det er det kritiske og analytiske der er i fokus. To forskellige rum hvor vejen til succes kræver forskellig arbejdsmetode og tilgang.

Med denne artikel – og med det biologiske fabrikationslaboratorium på RUC – kobles naturvidenskabelig, bioteknologisk læring med *rapid prototyping* og sandkassetilgange fra design- og teknologiudvikling.

Perspektivering og konklusioner

Udfordringer

En af udfordringerne er om laboratorierne faktisk er så åbne og tilgængelige som de er tænkt. Nogle studerende fortæller fx at det kan være vanskeligt at afkode hvordan

man kommer i gang med at bruge FabLab. Hvordan undgår man at gå i vejen eller forstyrre medarbejderne eller andre brugere? Hvordan får man den viden der skal til, før man kan færdes i dette rum? På mange måder bevæger man sig ind i et åbent og eksplorativt felt som man selv skal navigere i, og hvor der ikke er givet så mange svar på forhånd. Det er en del af intentionen med denne arbejdsform at man blødgør grænser mellem fagområder, og at man ikke har et fast korpus af viden som man skal tilegne sig før man kan få lov til at eksperimentere. Ulempen er at det kan skabe usikkerhed hos studerende som ikke er vant til at løsninger ikke er givet på forhånd, men hvor aktiviteten er nysgerrighedsdrevet, og målet ligger i selve den materielle udforskning og bearbejdning.

Voksende interesse fra andre fagområder

Det er vores oplevelse at der er en stor interesse for at være kreativt skabende med biologiske materialer, medier og organismer. Mange af dem der henvender sig til BioFabLab, laver ikke biologisk forskning, men undersøger hvad biologien og bioteknologien kan inden for deres domæne, og i den sammenhæng har et åbent og uformelt laboratorie som vægter gør det selv- og hverdagslige tilgange, stor appel.

Arkitekter, designere og kunstnere vil gerne arbejde kreativt og undersøgende med biologien og have mulighed for at stille spørgsmål om vores relation til naturen og andre arter gennem materialerne. En fornemmelse af denne interesse kan fås ved at undersøge “Bioart & Design Award” eller “Biodesign Challenge”. I projektet *Grow your own cloud* spekulerer designere fx i hvordan man i fremtidens datacentre kan gemme information i planternes eller træernes DNA (Clarke et al., 2019), og i kunstinstallationen “Microbial Machine” arbejder kunstner Naja Ankarfeldt (2019) med bakterielt dyrkede tekstiler. Der har endvidere de sidste år været flere udstillinger der arbejder med samfundets forståelse af biologien, og her undersøges biologien i et krydsfelt mellem kunst, forskning og teknologi. Et par eksempler er “OU\ /ERT” på Transpalette, Contemporary Art Centre i Bourges, Frankrig, “Hybrid Matters” i Nikolaj Kunsthall og “MATTER(S) matter(s): Bridging Research in the Arts and Sciences” på MSU Broad Museum, USA.¹

Vanskeligt at skabe prototyper med biologiske materialer

Der er brug for en vis faglig viden i denne type af interessedrevne projekter da det kan være vanskeligt at få biologisk materiale til at leve og overleve. Man kan ikke sætte biologien på pause og gemme forsøget til næste uge. Biologien skal konstant holdes levende hvilket stiller krav både til et BioFabLab og til brugeren i forhold til kontinuitet

1 OU\ /ERT: https://www.academia.edu/40511785/OU_ER_T_Phytophilia_-_Chlorophobia_-_Situated_Knowledges_English_Press_Release_Hybrid_Matters: [https://exhibitions.hybridmatters.net/nikolaj_matter\(s\)_matter\(s\)](https://exhibitions.hybridmatters.net/nikolaj_matter(s)_matter(s)): <https://broadmuseum.msu.edu/exhibitions/matters-matters>

og vedholdenhed. Derfor arbejder BioFabLab p.t. med udvikling af modelorganismer for biologiske redskaber og materialer som BioFabLabs brugere selv kan arbejde med. Det kan fx være alger, bakterier, gær, dafnier, myrer, udvalgte planter osv.

Konklusion

Gennem de sidste to år er BioFabLab blevet etableret i rammerne af FabLab RUC.

Det er lykkedes at knytte an til en global trend hvor biologien inddrages og undersøges i andre fagområder, og der har været interesse fra både studerende, forskere i andre discipliner, specielt design og arkitektur, og universiteter uden for Danmark.

Vi har her præsenteret to projekter der illustrerer hvordan studerende der ikke studerer biologi, har kunnet inddrage biologiske organismer, bakterier og orme i deres projektarbejde. Det er lykkedes at give dem biologien i hænderne tidligt i deres projektfase og give dem mulighed for selv at skabe og modificere forskellige forsøgsopsætninger. De har fået en forståelse af hvordan biologien fungerer, hvor hurtigt det vokser, hvor rent vi skal arbejde, og hvad temperatur og fugtighed betyder. De har i projektet vekslet mellem deres teoretiske akademiske arbejde og den oplevelsesbaserede undersøgelse, og begge former for læring og videnskabelse har derfor været til stede i deres arbejde. Vi vil den næste tid arbejde videre på de biologiske værktøjer, organismer og metoder vi kan give de studerende i hænderne.

Udviklingsarbejdet i og omkring BioFabLab er med til at synliggøre hvordan man kan arbejde eksplorativt og interessedrevet med naturvidenskab og teknologi blandt universitetsstuderende på en hands-on- og studenterdrevet måde.

En af de problemstillinger som er dukket op i de interne diskussioner af den naturvidenskabelige læring der foregår i BioFabLab, er spørgsmålet om uddannelsesniveau. Er BioFabLab kun relevant for studerende på bachelorniveau og lavere? Er BioFabLab primært relevant for *ikke*-naturvidenskabsstuderende? Hvordan kunne nogle af styrkerne i uformel lablæring sættes i spil i gymnasiet? I folkeskolen?

I relation til undervisningspraksis i gymnasiet og folkeskolen er præsentationen af udviklingsarbejdet om BioFabLab en åben invitation til dialog og videns- og erfaringsudveksling. Dels er det muligt for undervisere at dykke dybere ned i tankegange bag FabLab og BioFabLab og hvert enkelt projekt. Dels kunne der være mulighed for at arbejde videre med oplevelseslæring i større fælles udviklingsprojekter – eller blot at komme forbi og arbejde med egne projekter!

Referencer

- Ankarfeldt, N. (2019). *Microbial Machine*. Besøgt den 18/12 19 på <http://cargocollective.com/najarydeankarfeldt/microbial-machine>.
- Brady, E. (2003). *Aesthetics of the Natural Environment*. Cornwall: Edinburgh University Press.

- Breum, H.S., Løvenskjold, M.I., Bogdahn, C.K., Breum, A., Bodé, A.K.D. & Larsen, H. (2019). Biosten som kystsikring. Besøgt den 13/11 19. Studenterrapport. Link til rapport: <https://ruc-thirdroom.dk/wp-content/uploads/2019/05/Biosten-som-kystsikring.pdf>.
- Brinkmann, S. & Tanggaard, L. (2013). *Kvalitative metoder – en grundbog*. København: Hans Reitzel.
- Chapman, O. & Sawchuk, K. (2012). Research-Creation: Interventions, Analysis and “Family Resemblances”. *Canadian Journal of Communication*, vol. 37, s. 5-26.
- Christensen, O., Gynther, K. & Petersen, T.B. (2011). Design-Based Research – introduktion til en forskningsmetode i udvikling af nye e-læringskoncepter og didaktisk design medieret af digitale teknologier, LOM Læring & Medier, Issue 9/2012 development. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice Hall.
- Clarke, C. & Seyfried, M. (2019). Grow Your Own Cloud. Besøgt 18/12 19 på <https://growyourown.cloud/>.
- Davies, S. (2017). *Hackerspaces – Making the Maker Movement*. Polity Publishing.
- Dewey, J. (1938). *Experience and Education*. New York: Simon & Schuster.
- Haldrup, M. & Svabo, C. (2012). Humanistiske Teknologi- og Designstudier. I: Enevoldsen, T. & Jelsøe, E. *Tværvidevidenskab i Teori og Praksis*. Hans Reitzels Forlag, s. 201-221.
- Haldrup, M., Hoby, M., Samson, K. & Padfield, N. (2015). Remix Utopia – Eleven Propositions on Design and Social Fantasy. Nordes: Nordic Design Research Conference, vol 6.
- Haldrup, M., Hoby, M. & Padfield, N. (2018). The bizarre bazaar: FabLabs as hybrid hubs. *CoDesign: International Journal of CoCreation in Design and the Arts*, 14(4), 329-344.
- Hoby, M. (2014). *Designing for Homo Explorens*, PhD thesis, Malmö: Malmö University.
- Kiib, H. (2004). PBL in architecture and design: problem and play based learning. I: L. Kolmos, Fink, F. & Krogh, L. (red.), *The Aalborg PBL model*, s.197-209. Aalborg: Aalborg Universitetsforlag.
- Kolb, D.A. (1984). *Experiential learning: experience as the source of learning and development*. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice Hall.
- Koskinen, I., Zimmerman, J., Binder, T., Redström, J. & Wensveen, S. (2011). *Design Research Through Practice. From the Lab, Field, and Showroom*. Massachusetts: Elsevier/Morgan Kaufmann.
- Latour, B. & Woolgar, S. (1986). *Laboratory life: The construction of scientific facts*. New Jersey: Princeton University Press.
- Lave, J. & Wenger, E. (1991). *Situated Learning: Legitimate Peripheral Participation*, Cambridge: Cambridge University Press.
- Law, J. (1993). *Organizing Modernity: Social Ordering and Social Theory*. New Jersey: Wiley-Blackwell.
- Leavy, P. (2009). *Method Meets Art: Arts-based Research Practice*. New York: Guilford Publications.

- Makransky, G., Terkildsen, T.S. & Mayer, R.E. (2019). Adding immersive virtual reality to a science lab simulation causes more presence but less learning. *Learning and Instruction*, 60, 225-236. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2017.12.007>.
- Roberts, J.W. (2012). *Beyond Learning by Doing – Theoretical Currents in Experiential Education*. NY & London: Routledge.
- Schön, D.A. & Wiggins, G. (1992). Kinds of seeing and their functions in designing. *Creativity and Innovation Management*, vol. 1, issue 2.
- Seidelin, L., Wahlberg, M. & Holmer, M. (2018). Using Live-Stream Video from an Artificial Reef to Increase Interest in Marine Biology. *Journal of Marine Science and Engineering*, 6(47), 2. <http://dx.doi.org.ep.fjernadgang.kb.dk/10.3390/jmse6020047>.
- Seidelin, L. (2019). Live-stream video of artificial reefs: A teaching tool to increase students' interest in natural science. Ph.d.-afhandling, SDU.
- Shanks, M. & Svabo, C. (2018). Scholartistry: Incorporating Scholarship and Art. *Journal of Problem Based Learning in Higher Education*, 6(1). Link: <https://doi.org/10.5278/ojs.jpblhe.v6i1.1957>.
- Sjøberg, S. & Schreiner, C. (2006). Elevernes forhold til naturfag og teknologi: Et nordisk og internationalt perspektiv basert på ROSE-prosjektet. I: L. Bering, J. Dolin, L.B. Krogh, J. Sølberg, H. Sørensen & R. Troelsen (red.), *Naturfagsdidaktikkens mange facetter*. København: Danmarks Pædagogiske Universitets Forlag.
- Smith, T.E. & Knapp, C.E. (2011). *Sourcebook of Experiential Education – Key thinkers and their contributions*. NY & London: Routledge.
- Svabo, C. (2016). Performative Schizoid Method: Performance as Research. *PARTake: The Journal of Performance as Research*, vol. 1, issue 1, side 1-21.
- Turner, F. (2006). *From Counterculture to Cyberculture*, The University of Chicago Press.
- Vygotsky, L.S. (1962). *Thought and Language*. Cambridge, MA: MIT Press.

English abstract

This article describes Roskilde University BioFabLab's practice of experiential learning in which STEM topics are integrated with the FabLab movement's democratization of technology. Inspired by sandbox approaches to technology development, priority is given to curiosity and the interest of the learner. BioFabLab enables students to pursue their own interests and at the same time learn Biology, Chemistry and Biotechnology. Two examples illustrate how the students prototype their way to learning, as they create biostone from sand and urea or transform household waste to chicken feed through biological fabrication.

Forskningslignende laboratorieaktiviteter for 1. års studerende på universitetet – muligheder og udfordringer



Birgitte Lund Nielsen, VIA UC og STLL, AU



Rikke Frøhlich Hougaard, STLL, AU



Mikkel Krægpøth, Marselisborg Gymnasium

Abstract: *Forskningsbaseret undervisning er en hjørnesten i universitetsundervisning, herunder både arbejdet med forskningens indhold og forskningsmetode. I dette studie undersøges hvordan førsteårs studerende vurderer udbyttet fra arbejdet med autentisk forskning. Baseret på data fra gentaget spørgeskema på to førsteårskurser i henholdsvis bioteknologi og kemi identificeres positive udbytter knyttet til at møde forskere i et autentisk forskningsmiljø og til at indgå i forskningslignende aktiviteter med en vis autonomi. Der ses dog også tegn på positiv effekt af en tydelig rammesætning og feedback. Udfordringer er særligt knyttet til mødet med kompleks teori tidligt i studieforløbet. Resultaterne perspektiveres til laboratorieundervisning i gymnasieskole og læreruddannelse.*

Introduktion

Tidligere undersøgelser på Science & Technology (ST) på Aarhus Universitet har eksemplificeret hvordan laboratorieøvelser kan kvalificeres ved stilladsering af de studerendes kritiske refleksioner over data og metode og faglige dialoger mellem studerende og med laboratorie-underviserne (Nielsen & Hougaard, 2018). Videreudvikling af kogebogslignende tilgange i laboratorieundervisning i retning af det mere undersøgelsesbaserede er ligeledes diskuteret internationalt (Hofstein & Kind, 2012; Reid & Shah, 2007). I det fortsatte arbejde med laboratorieundervisningen på ST er vi blevet inspireret af Healeys (2005) forståelse af forskningsbaseret undervisning der refererer både til de studerendes aktive undersøgelser og deres arbejde med forskningsbaseret indhold. Der er internationalt interesse for hvordan studerende allerede på bacheloruddannelsen kan arbejde med forskningslignende aktiviteter:

“... med tilstrækkelig støtte og opmuntring kan mange flere studerende – og på et tidligere tidspunkt i deres studium – blive engageret i udforskende aktiviteter end undervisere typisk tror er muligt...” (Healey & Jenkins 2018, s. 54)

Den særlige opmærksomhed på første år på videregående uddannelse, både i Danmark og internationalt, er typisk begrundet i overvejelser om at hindre for stort frafald. Tinto (2017) insisterer på at se denne udfordring fra de studerendes perspektiv og refererer i stedet for fastholdelse til hvordan man kan understøtte vedholdenhed, self-efficacy og de studerendes oplevelse af at høre til. Nyere dansk forskning problematiserer bl.a. det store fokus på hjælpefag på bachelordelen (Holmegaard, Madsen & Ulriksen, 2014). Måske kan mødet med forskning allerede tidligt i studiet være med til at inspirere de studerende i relation til de aspekter der fik dem til at vælge faget i første omgang.

I denne artikel præsenteres og diskuteres data fra ét gennemløb af to 1. års kurser på laboratorie-intensive studieretninger på ST. Kurserne er forskellige, men adresserer begge studerendes møde med institutternes forskning.

Baggrund

To meget forskellige kurser på ST

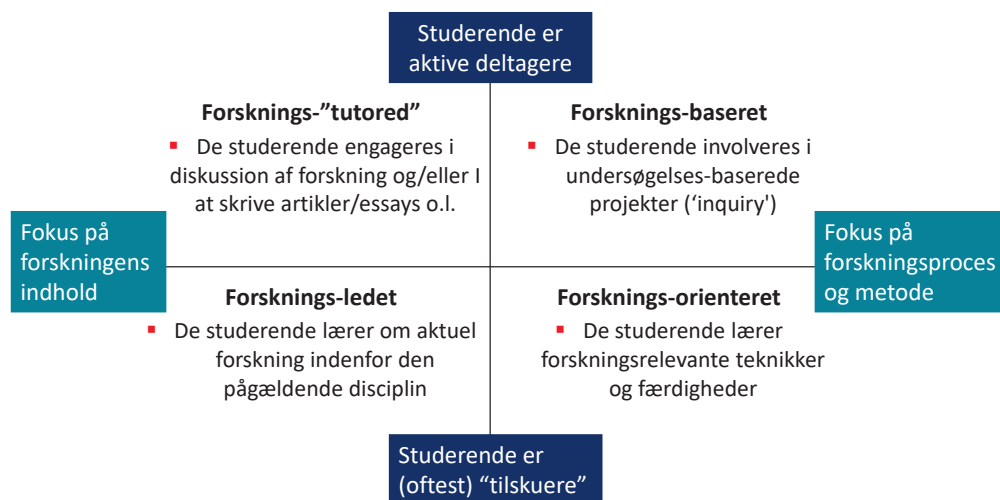
Der er på ST en række kurser hvor studerende på første studieår inviteres ind i autentiske forskningsmiljøer, bl.a. “Introduktion til forskning i kemi” (IFK). Det videnskabelige personale anser kurserne som vigtige, måske netop fordi de studerende introduceres til instituttets forskning. Men underviserne på IFK har oplevet udfordringer med at få involveret de studerende pga. den store kompleksitet i frontforskningen. Lignende dilemmaer er oplevet på Institut for Ingeniørvidenskab hvor kurset “Bioteknologisk projekt I” (BTP) udbydes som en del af bachelordelen af civilingeniøruddannelsen i bioteknologi. Samarbejdet omkring de to cases blev således initieret af underviserne, og vi kunne se et potentiale for udvikling, herunder i at sammenligne studerendes udbytte og oplevelser på tværs af de to kurser der i udgangspunktet er væsentligt forskellige. Fælles er dog intentionen om at involvere de studerende både i en forskningslignende proces og anvendelse af forskningslitteratur.

Forskningsbaseret undervisning og laboratorieundervisning

Studerendes inddragelse i en forskningslignende proces handler om nogle af de samme aspekter som i den naturfagsdidaktiske forskning diskuteres under overskrift af “inquiry” eller på dansk undersøgelsesbaseret. Bl.a. er graden af åbenhed i de undersøgelser elever/studerende involveres i, ofte blevet diskuteret med reference til at frihedsgrader/åbenhed både kan handle om de spørgsmål der undersøges, om den anvendte metode og om undersøgelsens svar. Undersøgelsesbaseret naturfagsunder-

visning er beskrevet i en række iterative modeller der alle har faser som kan minde om faserne i (nogle) autentiske forskningsprojekter – fx er IBSE eller 5E modeller udbredte (Østergaard, Sillasen, Hagelskjær & Bavnhøj, 2010). Et eksempel på en model der refererer til teknologi-undervisning, er FITS modellen der illustrerer læring gennem design (Breukelen, Michels, Schure & de Vries, 2016). I figur 2 har vi beskrevet de to kursers læringsdesign i faser med overskrifter inspireret herfra: 1) Forberedelse, 2) Eksperimentelt design, 3) Undersøgelse og 4) Afrapportering.

Forskningsbaseret uddannelse fremhæves i formålet i universitetsloven (§ 2), og “forskningsbaseret undervisning” bruges udbredt om universitetsundervisning, uden det altid fremstår klart hvad der menes med dette. Ifølge Healey (2005) er det en afgørende diskussion om der er fokus på forskningens indhold eller på processer og metode, og hvorvidt det er underviserens formidling eller studerendes aktiviteter (figur 1).



Figur 1. Forskningsbaseret undervisning, figur oversat og tilpasset fra Healey (2005).

Healey (2005) bruger begrebet “forskningsbaseret” specifikt om den øverste højre kvadrant der handler om de studerendes undersøgelsesbaserede aktiviteter (figur 1). Når det gælder laboratorieintensive fag som her, refererer det forskningsbaserede i Healeys forståelse altså stort set til det samme som når Hofstein og Kind (2012) i diskussion af læring i laboratoriet fremhæver at de studerende skal stilladseres i at arbejde “inquiry-oriented”. Healey (2005) anvender andre benævnelser som “forskningsledet” om en forelæsning hvor indholdet handler om frontforskning, eller “forsknings-tutored” om gruppeprocesser med studerendes diskussion af primær forskningslitteratur. I forhold til vores særlige interesse i laboratorieundervisning er kvadranterne til højre oplagt interessante, men med et blik for hvordan og hvorvidt der kan skabes et me-

ningsfuldt møde mellem de studerendes undersøgelser i laboratoriet og anvendelse af forskningslitteratur (kvadranterne til venstre i figur 1). Indenfor det laboratedidaktiske felt refererer fx Reid og Shah (2007) til “forskningslignende” metoder hvor de studerende planlægger og reflekterer over procedurer og data og udfordres til både at tænke, argumentere, afveje evidens og relatere deres eksperimenter til indholdet/den bagvedliggende faglige forskning. Vi har valgt at bruge “forskningslignende” med denne reference, hvilket i princippet indebærer arbejde relateret til alle fire kvadranter (figur 1).

I forhold til førsteårs studerendes arbejde med det forskningslignende bidrager Healey og Jenkins (2018) med en diskussion af hvordan man kan definere “undergraduate research”. De tager afsæt i denne definition:

“... en undersøgende eller udforskende aktivitet, der forstås af studerende, og fører til et originalt intellektuelt eller kreativt bidrag til disciplinen.” (Healey & Jenkins, 2018, s. 54)

Healey og Jenkins (2018) foreslår dog en bred forståelse af hvad et originalt bidrag kan være, og henviser til at man godt kan tale om “læring gennem forskning og undersøgelse” for *de studerende* selv om den viden som produceres, ikke nødvendigvis er ny viden *for forskersamfundet*.

En anden gren i forskningen om “forskningsbaseret undervisning” handler om hvordan det akademiske personale forstår begrebet (Robertson, 2007; Visser-Wijnveen et al., 2010). En pointe herfra er at undervisere typisk er meget dedikerede når de taler om forskningsbaseret undervisning, men de taler ikke altid om det samme. Begrebet bruges både om 1) undervisning forestået af en forsker med transmission af forskning til studerende, 2) inddragelse af institutionens egen forskning i undervisningen og 3) at udfordre hvordan de studerende forstår “viden” og det at konstruere ny viden mere overordnet set. Det kan nævnes at i akkrediteringsøjemed evalueres graden af forskningsbaseret i høj grad på baggrund af omfanget af aktive forskeres andel i undervisningen. I forhold til punkt 2) er det interessant at der indtil videre ikke er påvist nogen simpel sammenhæng mellem en institutions forskningsmæssige “ranking” og undervisningens kvalitet (Brew, 2001). Man kan ikke som udgangspunkt regne med at internationalt anerkendt forskning også giver god undervisning. Hvordan man laver god forskningsbaseret undervisning, er iflg. Healey og Jenkins (2018) et pædagogisk-didaktisk spørgsmål der handler om at stilladsere de studerendes arbejde med forskningsindhold, metode og proces.

Muligheder og udfordringer i studerendes arbejde med forskningsartikler diskuteres i andre dele af litteraturen. Her konkluderes at det kan være en stor udfordring for studerende at læse og forstå primær forskningslitteratur (Fujimoto, 2011; Hoskins et al., 2011; Krontiris-Litowich, 2013). Der henvises til eksempler på hvordan man kan

stilladsere dette arbejde, fx gennem journal clubs eller ved at henlede de studerendes opmærksomhed særligt på data og repræsentation af disse (Hoskins et al., 2011).

Vedholdenhed, self-efficacy og oplevelse af at høre til

Arbejdet med primær forskningslitteratur og selvstændig undersøgelse i laboratoriet rummer altså nogle muligheder, bl.a. for at de studerende møder fagets kerne som ofte er det der inspirerede dem til at søge ind på uddannelsen i første omgang. Tinto (2017) problematiserer at det alt for ofte er op til de studerende selv at opdage de meningsfulde koblinger, og fremhæver at disse er afgørende på førsteårskurserne der er porten til de videre studier. Men det er ikke uden udfordringer, og der er i høj grad brug for støtte og stilladsning fra undervisere og vedholdenhed fra de studerende. Man kan anskue vedholdenhed ud fra teorier om indre-styret motivation (Filak & Sheldon, 2003; Ryan & Deci, 2017), herunder de studerendes grundlæggende behov for 1) at opleve kompetence, dvs. at kunne mestre det forventede, 2) at opleve et vist niveau af autonomi og 3) det Ryan og Deci (2017) kalder "relatedness" som handler om oplevelsen af at høre til i en social og faglig kontekst. "Relatedness" og "sense of belonging" kan både afhænge af de studerendes erfaringer med at håndtere det faglige og sociale før de kommer på universitetet, og deres oplevelse af et fagligt og socialt fællesskab med medstuderende og undervisere når de starter på studiet (Tinto, 2017). Det handler altså om samarbejde om det faglige, men i høj grad også om sociale og relationelle faktorer udenfor de egentlige studieaktiviteter. Der er både internationalt og i dansk kontekst undersøgelser der handler om dette (fx Gregersen & Ulriksen, 2019). Det der fokuseres på i herværende artikel, er dog udelukkende den faglige undervisning.

Med baggrund i ovenstående har vi formuleret følgende forskningsspørgsmål.

Forskningsspørgsmål

- Hvordan er de to kurser IFK og BTP på 2. semester designet, hvilke aktiviteter og opgaver engageres de studerende i relateret til 1) forberedelse, 2) eksperimentelt design, 3) undersøgelse og 4) rapportering?
- Hvad fremhæver de studerende fra de to kurser i forhold til eget læringsudbytte, muligheder og udfordringer på kurserne og oplevelse af at mestre det forventede?

Metode

Vi har som uddannelsesudviklere været involveret i (mindre) ændringer i designet af de to kurser i samarbejde med institutterne, og resultaterne af undersøgelsen er præsenteret på institutterne og indgår i redesign af kurserne fremadrettet. Den overordnede ramme for undersøgelsen er således en designbaseret forskningstilgang

(Barab & Squire, 2004) med en iterativ tilgang til at designe, analysere udbytte og redesigne ud fra dette.

Metodisk er anvendt et før- og efter-spørgeskema med både likert-skala spørgsmål og åbne refleksioner. Før-spørgeskemaet indeholdt spørgsmål om de studerendes erfaringer fra første semester, deres baggrund for valg af fag, oplevelse af at kunne mestre kravene og af at høre til på hhv. universitetet og det specifikke studie. Items om "mestring" var oversat fra Trujillo og Tanner (2014). Disse blev gentaget i efter-spørgeskemaet. Svarformat var grad af enighed i relation til spørgsmålene "*jeg forventer at kunne ...*" (før) og "*jeg oplevede at kunne ...*" (efter). De konkrete spørgsmål fremgår af figur 6 nedenfor. Efter-spørgeskemaet indeholdt desuden spørgsmål om de studerendes erfaringer fra det pågældende kursus, deres oplevede udbytte og de udfordringer de måtte have mødt. Der er i spørgsmål om udbytte anvendt lidt forskellige formuleringer på de to kurser, tilpasset den forskellige kontekst. Endvidere har undersøgelsen af IFK involveret observation og gentagne interviews, analyseret som del af et speciale (Krægpøth, 2019).

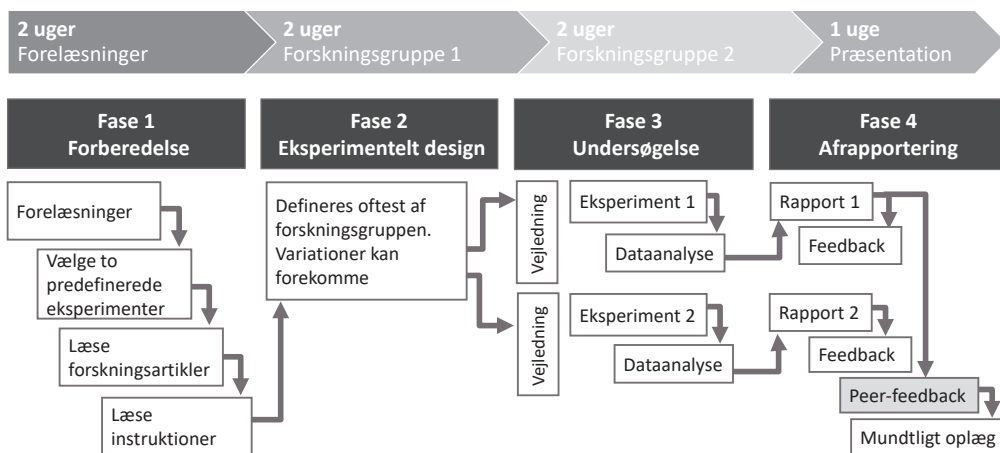
Før-spørgeskema blev besvaret elektronisk i februar 2019, med 34 svar fra IFK og 35 svar fra BTP. Dette svarer til de studerende der aktivt deltog i undervisningen, idet de fik mulighed for at besvare spørgeskemaet på en undervisningsgang hvor vi var med. Efter-spørgeskemaet blev besvaret i maj-juni 2019, med 26 fra IFK og 20 fra BTP. Link til dette blev efter kursusafslutning sendt til den mailadresse de studerende havde opgivet ved besvarelse af før-spørgeskema. Der var altså svarprocenter på hhv. 76 % og 58 % på efter-spørgeskemaet. Den lave svarprocent skyldtes bl.a. at indsamling af efter-data faldt tidsmæssigt sammen med eksamensperiode og sommerferie. Vi har gennemført en ikke-svar analyse, herunder har vi undersøgt hvorvidt der i svar på før-spørgeskema var forskel mellem dem der har svaret i efter-spørgeskemaet, og dem der er frafaldet. Disse forskelle er så forsvindende små at vi vurderer at det er holdbart at sammenligne før og efter, dog med et generelt forbehold i fortolkningen grundet det meget lille datagrundlag. Et eksempel er figur 3 hvor fordelingen af svar om oplevet læringsudbytte fra forskellige undervisningsformater i før-spørgeskema ikke ændres synligt hvis de frafaldne i efter-spørgeskema fjernes fra analysen af data fra før-spørgeskema. Dataanalyse bestod af frekvensanalyse på lukkede/likert skala spørgsmål, mens de åbne refleksioner blev analyseret med tematisk analyse (Braun & Clarke, 2006). Tematisering af de åbne refleksioner illustreres med citater der er udvalgt så bredden i type af udsagn fremgår. Dvs. nogle temaer bygger på flere udsagn end andre.

Resultater

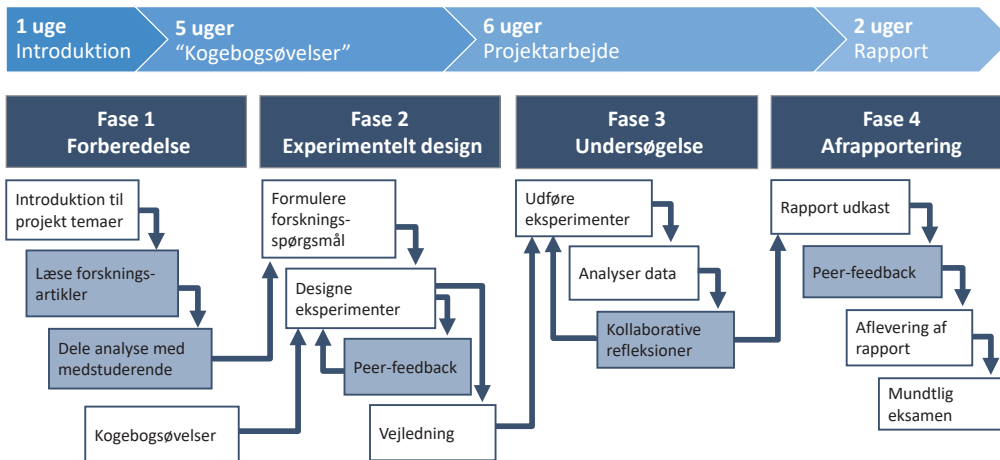
Design af de to kurser

Som udgangspunkt for en sammenligning af de to læringsdesigns har vi i figur 2 ind-delt de studerendes arbejde i fire faser, inspireret fra Breukelen et al. (2016). De fire faser afspejler de overordnede faser i et typisk forskningsprojekt. De studerendes arbejde foregår dog ikke nødvendigvis strengt trinvis, men kan foregå som en iterativ proces.

A



B



Figur 2. En skematisk repræsentation af de studerendes aktiviteter og opgaver i løbet af de to kurser A. "Introduktion til forskning i kemi" og B. "Biotechnologisk projekt". Lyseblå og grå bokse repræsenterer kollaborative aktiviteter.

Introduktion til forskning i kemi (IFK)

Intentionen med kurset er at de studerende skal få tidlige erfaringer med og indsigt i instituttets frontforskning. Læringsmålene knytter sig primært til at de studerende introduceres til den kemiske forskningstradition og indlemmes i samarbejde med aktive forskere. Kurset strækker sig over 7 uger og er organiseret med en forberedelsesfase (Fase 1) hvor de studerende hører om den lokale frontforskning gennem forelæsninger med forskere fra instituttet. Forskningsgrupperne udbyder en række eksperimenter relateret til egen forskning. Eksperimenterne varierer således i både fagligt tema og eksperimentelle metoder, og den didaktiske rammesætning af fase 2 og 3 defineres af de enkelte forskningsgrupper. Hver gruppe af studerende tildeles 2 projekter, delvist på baggrund af egne ønsker. I de to eksperimenter som refereres til her, arbejdede de studerende med henholdsvis 1) "Groning af en-krystals topologiske isolatorer" og 2) "Undersøgelse af proteinstrukturer ved en biomateriel overflade med femtosekund laserlys". I begge tilfælde var udgangsmaterialet og metoden på forhånd defineret af forskningsgruppen og beskrevet i en kagebogslignende protokol. De studerende var således ikke engagerede i aktiviteter relateret til eksperimentelt design (Fase 2). I undersøgelsesfasen (Fase 3) arbejdede de studerende med to på hinanden følgende, men oftest ikke relaterede, eksperimenter i to forskellige forskningsgrupper under vejledning af forskere og/eller ældre studerende. I eksperiment 1) arbejdede de studerende med en kemisk forbindelse som indgår i forskningsgruppens aktuelle forskning. De studerende fik til opgave at klargøre udgangsmaterialet (materialeprøven) til måling med røntgen-diffraktometer ud fra detaljerede instruktioner. Underviserne foretog selve målingen, og de studerende blev inddraget i dataanalysen. I eksperiment 2) arbejdede de studerende med en spektroskopisk metode (Fourier-transform infrarød spectroscopy) som forskningsgruppen benytter. De studerende var involveret i prøveforberedelse, målinger af spektre og databehandling ud fra underviserens anvisninger undervejs.

I fase 4 (rapport) beskrives hvert eksperiment i en rapport som afleveres og vurderes af forskere fra den pågældende forskningsgruppe. Som afslutning på det samlede forløb præsenteres ét af de to eksperimenter mundtligt for den kursusansvarlige underviser og medstuderende. Som forberedelse til den mundtlige præsentation er der rammesat peer-feedback hvor de studerende giver feedback på medstuderendes præsentation ud fra kriterier fastlagt af underviseren.

Bioteknologisk projekt (BTP)

Kurset er 14 uger langt og organiseret hovedsageligt som projektbaseret læring. Læringsmålene knytter sig primært til at træne færdigheder i eksperimentelt projektarbejde. I fase 1 afprøvede de studerende en række eksperimentelle metoder (fx DNA-oprensning og gel-elektroforese) som er relevante for det efterfølgende projek-

tarbejde. I denne fase vælger de studerende (i grupper) selv et tema for det efterfølgende projektarbejde, baseret på en præsentation af tre mulige problemstillinger (“biosyntese af Indigo”, “Kur mod Phenylketonuria” eller “Udvikling af antibiotisk peptid”). Underviseren tildeler hver gruppe en forskningsartikel relateret til det valgte tema. Artiklen læses og analyseres på baggrund af en skabelon. Denne analyse deles med medstuderende via e-læringsplatformen så grupperne samlet set har flere artikler at trække på som baggrundsinformation for projektet og rapporten. I fase 2 (Eksperimentelt design) udarbejder hver gruppe et udkast til a) en introduktionstekst hvor problemstillingen begrundes, og b) en projektplan. Fælles for projekterne er at de involverer kloning af et gen, men ellers er det op til grupperne selv at udvælge og designe relevante eksperimenter indenfor den valgte problemstilling. På baggrund af peer-feedback på a) og feedback fra underviseren på b) færdiggøres de to tekster. I fase 3 (Undersøgelse) udfører de studerende deres eksperimentelle arbejde, baseret på den reviderede projektplan. Undervejs i denne fase præsenteres delresultater for både underviser og medstuderende så der løbende laves justeringer. I den afsluttende fase 4 (Afrapportering) udarbejder hver gruppe et udkast til projektrapporten, og der rammesættes peer-feedback. Kurset afsluttes med aflevering af den tilrettede rapport og en mundtlig eksamen baseret herpå.

Udbytte, udfordringer og muligheder som de studerende fremhæver

Inden vi ser nærmere på data om de studerendes oplevede udbytte fra efter-spørgeskema, følger her først kort nogle citater fra før-spørgeskema, fra det åbne spørgsmål om hvad der i første omgang fik dem til at vælge hhv. deres studie og det særlige projekt. Her to studerende fra BTP om valg af studie:

“Jeg har været interesseret i genteknologi siden jeg så Jurassic park første gang, og har siden fulgt med i hvad der sker indenfor genetik”

“Bioteknologien og dens metoder interesserer mig meget.”

Og nogle citater fra IFK hvor de studerende som nævnt skulle vælge to forskningsgrupper:

“... komme ud i en forskningsgruppe der havde at gøre med en retning inden for kemi jeg var interesseret i, så jeg kunne have et indtryk af hvordan hverdagen bliver senere på uddannelsen når man arbejder i forskningsgrupper.”

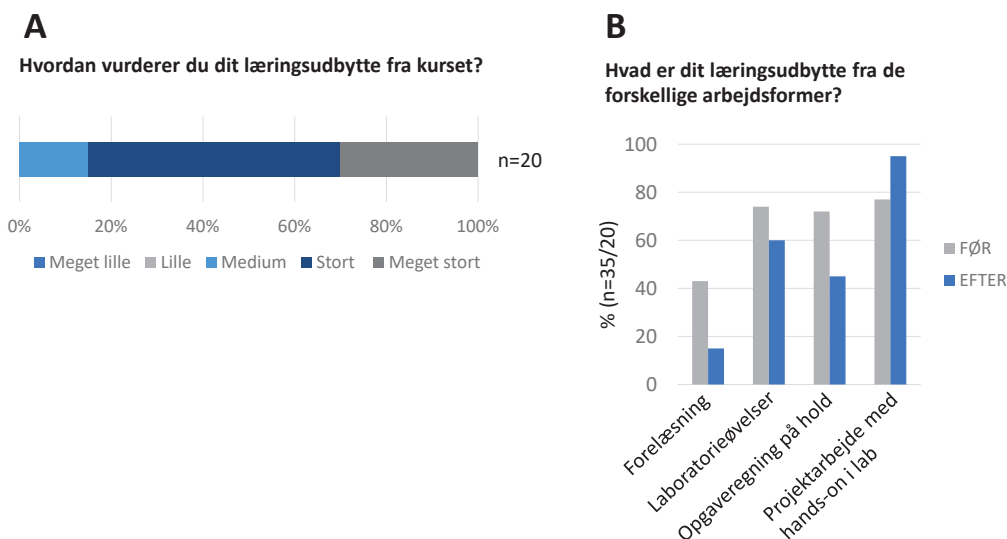
“Jeg valgte den retning som det jeg forventer jeg vil beskæftige mig med i fremtiden.”

“Jeg gik efter de emner jeg fandt mest interessant for mig...”

De studerendes refleksioner indikerer at kurserne giver god mulighed for at de møder det de ser som kernen i faget, og det de selv vil med faget. Et andet tema fra de åbne refleksioner handler om at være blevet inspireret i gymnasiet – det vender vi tilbage til i perspektivering. Men hvordan var så deres oplevelser efter gennemførelse af kurset?

Bioteknologisk projekt

Som det fremgår af figur 3, vurderede 85 % af de studerende deres læringsudbytte fra kurset som stort eller meget stort.



Figur 3. A: Oplevet læringsudbytte af BTP (efter-spørgeskema). B: Oplevet læringsudbytte fra forskellige undervisningsformer. Repræsentationen viser summen af "stort" og "meget stort" som % af det samlede antal besvarelser (N= 35 før, N=20 efter).

De studerende er endvidere i både før- og efterspørgeskema blevet spurgt mere overordnet om deres læringsudbytte fra forskellige typer af undervisningsformater. Figur 3B viser en repræsentation af hvor mange der har svaret "stort" og "meget stort" i relation til fire typer af undervisning. En stor andel, mere end 70 %, vurderer deres læringsudbytte fra både laboratorieøvelser og projektarbejde med hands-on i laboratoriet højt i før-spørgeskemaet, og en endnu større andel, over 90 %, svarer stort eller meget stort om læringsudbytte fra projektarbejde med hands-on i lab efter forårssemestret hvor dette kursus var placeret.

Et centralt tema i de studerendes åbne refleksioner over hvad der har fungeret godt på kurset, handler om autonomi, men i mange udsagn tydeligvis afbalanceret i relation til muligheden for stilladsering og feedback:

“Graden af selvstyring gjorde at man tænkte meget mere på hvad man gjorde, og hvorfor man gjorde det. Man satte sig ind i tingene på en helt anden måde end man ellers ville have gjort. Alligevel var det muligt at spørge om hjælp hvis der var noget der drillede.”

“... projekt hvor man havde meget diskussion og eget ansvar.”

“... få lov til selv at vælge en retning i projektet og derigennem selv skulle opsøge viden for at kunne gennemføre det.”

“Vi har stort set kun været i laboratoriet hvor vi i starten havde en forsøgsvejledning, hvor vi i sidste del af forløbet selv skulle designe forsøg med hjælp fra vores lærer. Det synes jeg var super godt, og jeg har fået meget ud af selv at skulle tænke på hvordan nogle forskellige ting kan undersøges i et laboratorie.”

“At vi havde nogle små-opgaver hen ad vejen (fx skrivning og rettelse af andres introduktioner/udkast til rapporter). På denne måde fik man effektivt lært hvad man skulle gøre, og også hvad der eventuelt kunne forbedres.”

De studerende er altså meget positive overfor den progression der har været frem mod at lave en selvstændig undersøgelse, men flere har dog også oplevet udfordringer i relation til at designe egen undersøgelse, herunder en erkendelse af at man ikke altid får de forventede resultater:

“Selvom det har været spændende at skulle designe sit eget forsøg, har det også været svært – specielt når man ikke altid får de forventede resultater. Jeg synes dog stadig at kurset har været rigtig godt.”

Flere har i den forbindelse savnet mere direkte undervisning i (den svære) teori:

“Kunne godt have brug for lidt mere hjælp til starten hvor vi skulle finde ud af hvad vi selv ville undersøge. Her kunne det have været godt med lidt introducerende teori for at være lidt bedre rustet.”

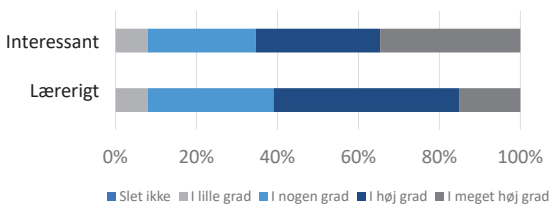
“Der har ikke rigtig været teori ‘undervisning’.”

Introduktion til forskning i kemi

De studerende har ligeledes oplevet et relativt stort læringsudbytte fra dette kursus. Spørgsmålene har som nævnt været en smule anderledes pga. den anderledes organisering (de studerende var med i to projekter). I figur 4 er vist nogle svar relateret til det første projekt de deltog i. Der var ikke markante forskelle mellem de to projekter.

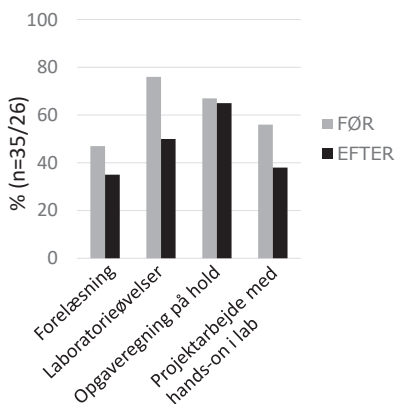
A

I hvilken grad har arbejdet med projektet været



B

Hvad er dit læringsudbytte fra de forskellige arbejdsformer?



Figur 4. A: De studerendes svar på spørgsmålene: I hvilken grad har arbejdet med projektet været hhv. interessant og lærerigt? Antallet af besvarelser $N=26$. B: De studerendes oplevede udbytte af forskellige arbejdsformer repræsenteret ved summen af "i meget høj grad" og "i høj grad" besvarelser som procent af det samlede antal besvarelser ($N=35$ før, $N=26$ efter).

De studerende fremhævede særligt oplevelsen af at have været i et autentisk forskningslaboratorium med avanceret udstyr m.m. og indsigten i forskernes arbejde.

"Vi har fået et kendskab til de instrumenter og maskiner man bruger i fremstilling, karakterisering og analyse af kemiske forbindelser. Hvordan de forskellige metoder bruges i praksis, er klart mit største udbytte."

"Og så er det også fedt at være i lab, for man bliver mere og mere tilpas og ved hvor ting er, og hvordan man skal opføre sig."

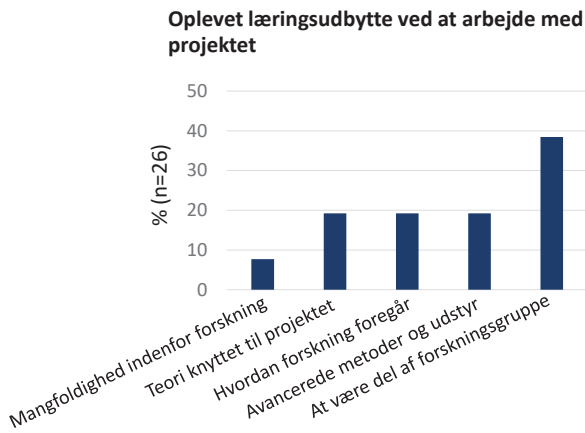
"Få en ide om hvad man laver i forskningsgrupperne ..."

"Hvordan tingene fungerer i et forsker laboratorium ..."

"Indblik i hvordan forskning foregår. Det vigtigste jeg har lært ved projektet, er bearbejdelsen af data. Hvordan man bruger programmer til at kvantificere og analysere rå data, og hvordan man efterfølgende bearbejder data og fortolker den så man får noget ud der måske/måske ikke giver mening i forhold til ens hypotese."

Den positive læringsoplevelse ved at være en del af en forskningsgruppe fremgår også af andre svar hvor de studerende fra IFK før og efter er spurgt om hhv. deres forventning til og oplevelse af at arbejde med forskningslignende aktiviteter. Det fremgår at de studerende i højere grad end forventet er kommet til at være en del af

en forskningsgruppe, og at de også har oplevet netop dette som mere lærerigt end forventet (Krægpøth, 2019).



Figur 5. Tematisk kodning af de studerendes refleksioner over spørgsmålet “Beskriv hvad du selv oplever som de vigtigste ting du har lært ved at arbejde med projektet”.

De udfordringer som fremhævedes, handlede om at kunne forstå teorien i dybden og kunne skrive en rapport:

“Det vi lavede, og det niveau de styrede det på, var lige en anelse for højt i forhold til det vi kan lige nu desværre. Så man fik aldrig helt forståelsen af hvad man lavede, men bare at man gjorde som de sagde, og så skulle det nok virke.”

“Niveauforskel mellem fagligheden af forskning og den daglige undervisning ... svært at forstå teorien bag øvelserne man laver, hvilket dermed gør det svært at skrive rapporten.”

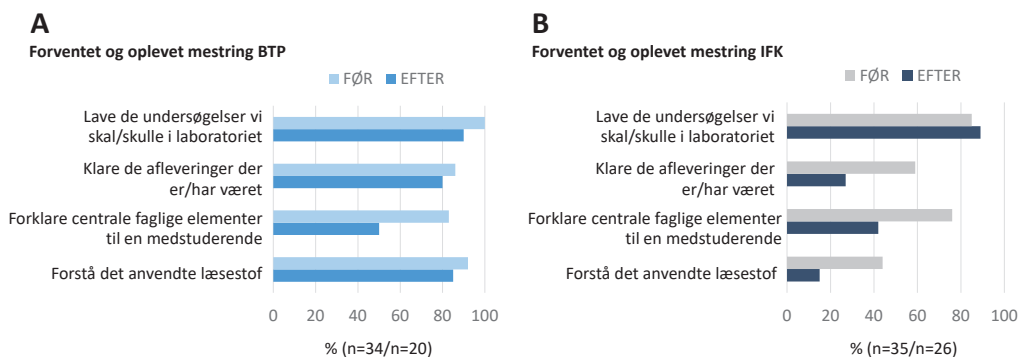
“Det har været svært at forstå teorien bag øvelserne samt at udføre databehandling af vores resultater da vi mangler forståelse for hvad det egentlig er vi laver.”

“At skrive projektet. Det var langvarigt, og det var svært at bestemme hvad der skulle med, og hvad der ikke skulle med, så det tog meget tid og var svært.”

Så de studerende har tydeligvis oplevet udfordringer med teorien og det faglige niveau. Men interessant nok er de i deres refleksioner et andet sted i spørgeskemaet blevet mere nuancerede i deres forståelse af hvad der skal til for at lykkes indenfor forskning i kemi, så de i efter-spørgeskema i mindre grad henviser til fagfaglighed, men derimod i højere grad til faktorer som kreativitet, vedholdenhed og selvstændighed (Krægpøth, 2019). Det giver en yderligere dimension til svarene fra figur 5 om udbytte ift. at forstå hvordan forskning foregår, og hvordan man fungerer i en forskningsgruppe.

Oplevelse af mestring: Sammenligning før og efter og mellem kurser

De studerende er før og efter de to kurser blevet spurgt om henholdsvis deres forventning om og deres oplevelse af at kunne mestre forskellige elementer (figur 6). For BTP ses et lille fald fra forventet til oplevet mestring i de tre spørgsmål om at arbejde i laboratoriet, klare afleveringer og forstå læsestof, men et større fald når det gælder oplevet mestring ift. at forklare centrale begreber til medstuderende. Det skal bemærkes at niveauet af både forventet og oplevet mestring er meget højt på BTP. For IFK ses en lille stigning ift. at mestre de undersøgelser de skulle lave i laboratoriet, men derimod et relativt stort fald i oplevet mestring ift. afleveringer, at forklare til medstuderende og forstå det anvendte læsestof. Generelt er oplevet mestring lavere på IFK end BTP.



Figur 6. Forventet og oplevet mestring, hhv. hvad man forventer at kunne før, og hvad man oplever at kunne efter. Besvarelsene er repræsenteret som summen af antallet af besvarelsene "Enig" og "Meget enig" i procent af det samlede antal besvarelser.

Et fald i oplevet mestring i slutningen af første studieår kan forventes da der typisk ses et fald i studerendes self-efficacy henover det første år på deres studie (Tinto, 2017). Men det er alligevel tankevækkende når man sammenholder med det relativt store oplevede udbytte. Det oplevede høje udbytte afspejles dog i det trods alt relativt høje niveau af oplevet mestring, på tværs af spørgsmål for BTP og for IFK i relation til at lave undersøgelser i laboratoriet. I relation til det sidste fremhævede nogle af de studerende i interviews at de opgaver de fik i laboratoriet, var ret enkle, og at der var det de kaldte en usynlig kagebog hvor de fik forklaret hvad de skulle gøre (Kræggpøth, 2019). Generelt må det dog konkluderes at der har været områder hvor de to kurser er blevet oplevet som mere udfordrende end forventet. Overordnet set bekræfter resultaterne billedet af at det er teorien som har været en udfordring på begge kurser. Det kan fx have betydning for de studerendes svar når de skal vurdere om de føler sig i stand til at forklare centrale faglige elementer til en medstuderende, hvor der er et fald fra før til efter på begge hold.

De studerende har endvidere i en likert kategori vurderet hvorvidt de oplever at have været med i det de selv vil kalde et forskningslignende projekt. På BTB svarede 53 % enig eller meget enig, og 26 % i nogen grad, mens der fra IFK var lidt færre der svarede enig eller meget enig, nemlig 43 %, mens 35 % svarede i nogen grad. På IFK blev de studerende også spurgt til deres mulighed for at præge retningen af de to projekter de var med i. I relation til det første projekt hvor svarene er repræsenteret ovenfor, oplevede kun 20 % af de studerende at de i høj grad eller meget høj grad var med til det, mens 47 % svarede i lille grad eller slet ikke (resten svarede i nogen grad, og 4 % ved ikke). Der er nogle åbne refleksioner der indikerer at dette (graden af åbenhed) har betydning for hvorvidt de studerende oplevede projektet som forskningslignende.

Som nævnt under metode er de studerende også spurgt om deres oplevelse af at høre til på institutterne. Vi går ikke nærmere ind i disse data her da resultaterne ikke kan relateres direkte til kurserne. Men det kan nævnes at de studerende fra begge kurser i relativt høj grad oplevede tilhørsforhold til de respektive institutter både ved afslutning af 1. og 2. semester.

Opsamling og konklusion

På de to førstearskurser IFK og BTP er de studerende blevet engageret i arbejdet med forskningslitteratur, eksperimenter og med dataanalyse og rapportering på data. Men kurserne har været designet meget forskelligt. Analysen af data fra ét gennemløb af de to kurser har vist et relativt stort oplevet læringsudbytte der på centrale områder kan relateres til de forskellige læringsdesigns. Fx fremhæver de studerende på BTP at der blev gradvis bygget op til deres selvstændige undersøgelser med et antal mere lukkede øvelser og feedback på disse, og de fremhæver positivt den relativt høje grad af autonomi i sidste del af forløbet. De studerende fra IFK fremhæver særligt at have oplevet arbejdet i en forskningsgruppe og det avancerede udstyr der netop er i et forskningslaboratorium.

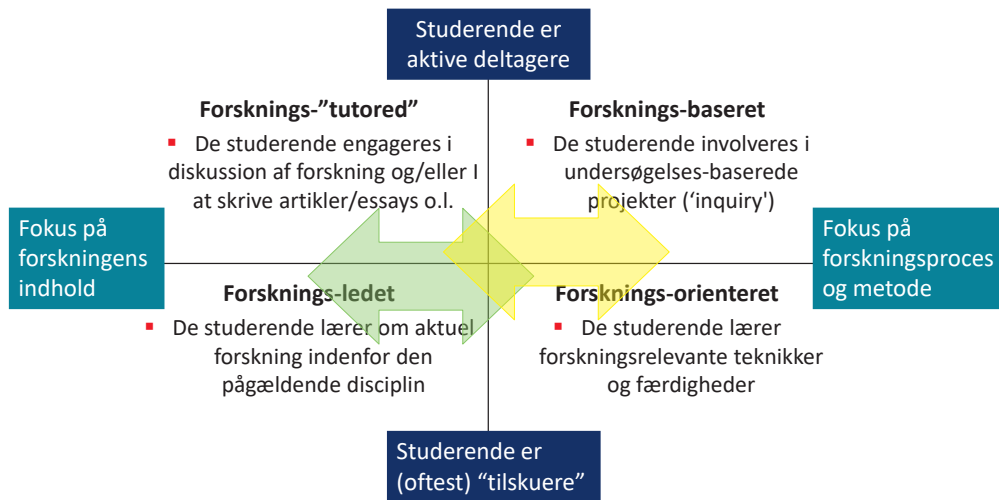
Begge hold af studerende har også oplevet udfordringer. Særligt efterlyser de støtte til for alvor at kunne forstå og anvende (den svære) teori. Der er også på begge hold "små-frustrationer" som indikerer en reel autentisk forskningsoplevelse, herunder at man ikke altid får de forventede resultater, og en spirende forståelse af at forskning fordrer kreativitet og vedholdenhed. De studerende fra IFK har oplevet at kunne mestre de opgaver de fik i laboratoriet, men de fremhæver også at de har fået en del elementære opgaver, og at der ikke har været så højt niveau af åbenhed, men mere en usynlig kogebovsvejledning (Krægpøth, 2019). De har i mindre grad end de studerende fra BTP selv oplevet at være med i et forskningslignende projekt. I forhold til oplevet mestring når det gælder om at forstå læsestof og lave rapporten, er der et relativt stort fald fra før til efter for studerende fra IFK. De studerendes refleksio-

ner kan forstås med reference til motivationsforskningen (Ryan og Deci, 2017). De studerende fra BTP har oplevet og værdsat autonomi og har også i relativt høj grad følt sig kompetente og oplevet at kunne mestre det forventede. Men denne positive oplevelse af autonomi må ses i lyset af den stilladsering de også fremhæver positivt, og af faldet i oplevet mestring når det gælder at kunne forklare den bagvedliggende teori til medstuderende. Det sidste indikerer en erkendelse af at det er krævende at arbejde med forskning. De studerende fra IFK har oplevet mindre grad af autonomi, men de har så til gengæld oplevet at kunne mestre de relativt enkle ting de skulle lave i laboratoriet. Netop underviser-stilladseringen er både i egen tidligere forskning (Nielsen & Hougaard, 2018) og internationalt (Hofstein & Kind, 2018; Reid & Shah, 2007) fremhævet som afgørende når man indfører mere åbne undersøgelsesbaserede elementer i et laboratoriekursus, og dette gælder altså også i høj grad de studerendes meningsfulde kobling til autentisk forskning.

På hvilke måder forskningslignende?

På hvilke måder fungerer de to kurser så som en forskningslignende læringsoplevelse?

Dette sammenlignes i figur 7 i en fortolkende, lidt grovkornet, analyse med brug af modellen fra Healey (2005).



Figur 7. Illustration af fokus i de to kurser i modellen fra Healey (2005). Gul pil: BTP. Grøn pil: IFK.

Den gule pil placeres til højre og med mest vægt over den vandrette akse baseret på de studerendes udsagn om at styrken ved BTP har været deres egne undersøgelser i laboratoriet. De har i relativt høj grad haft en oplevelse at mestre at kunne lave et forskningslignende projekt i laboratoriet, også selv om de, modsat de studerende fra kemi,

reelt har arbejdet i et undervisningslaboratorium og ikke i et forskningslaboratorium. De studerende fra IFK har så til gengæld været i et autentisk forskningslaboratorium, hvad de også værdsætter, men baseret på deres udsagn og refleksioner har i højere grad været tilskuere og/eller haft opgaver med relativt lav kompleksitet. De er dog undervejs blevet undervist om den aktuelle forskning, mens de deltog i forskningsgrupperne; derfor placeres den grønne pil med vægt til venstre og under den vandrette akse.

Fremadrettet anbefales det at arbejde særligt med udfordringen relateret til “den svære teori”. Et første skridt kan være at italesætte at forskellige (laboratorie) kurser på 1. år har forskellige mål, herunder at de studerende ikke nødvendigvis forventes at forstå de forskningsartikler de læser, i alle detaljer. Man kan pege på et startsted i de studerendes læsning og bestemte elementer de skal fokusere på, for derfra at bygge op i progression og stilladsere dem i at “knække genren”. Dette er der fx gode resultater med i den såkaldte C.R.E.A.T.E. tilgang (Consider, Read, Elucidate the hypotheses, Analyze and interpret the data, and Think of the next Experiment) (Hoskins et al., 2011). Målet er ved stilladseret læsning af primær forskningslitteratur at afmystificere for de studerende hvad der præsenteres og hvordan, herunder at stilladsere de studerendes forståelse af hvilke primære data der er anvendt, og hvordan disse data er repræsenteret.

Perspektivering

Undersøgelsen handler om førsteårsstuderende på universitetet, men der er relevante pointer også i relation til undervisning i gymnasieskolen og på professionsuddannelser. Som nævnt er der flere studerende der i deres refleksioner over valg af studie henviser til oplevelser fra gymnasiet:

“Jeg var hernede i forhold til min SRP for at fremstille antabus og synes det var meget spændende og sjovt.”

“Jeg valgte bioteknologi fordi jeg havde det som linje i gymnasie, og jeg havde en rigtig dygtig lærer som gjorde mig interesseret i bioteknologi, cellebiologi og mikrobiologi.”

Disse citater eksemplificerer at det man kan kalde forskningslignende tilgange, i stigende grad er blevet en del af gymnasieundervisning, her eksemplificeret ved studieretningsprojektet (SRP) der typisk refererer til flere kvadranter i modellen (figur 1). Studerende kommer altså på universitet med oplevelsen af i en eller anden grad at have refereret til forskning og litteratur om dette mens de gik i gymnasiet, og til at have lavet en større selvstændig undersøgelse. Det vil være ærgerligt ikke umiddelbart at bygge videre på disse spirende kompetencer når de starter på universitetet.

Et andet forhold er hvad forskningslignende vil sige på andre typer af videregående uddannelse, som fx læreruddannelse hvor én af forfatterne har sin hovedansættelse.

Forskningslignende arbejde kunne på en læreruddannelse i og for sig godt handle om at de studerende i undervisningsfaget Biologi lavede et projekt som BTP. Men en vigtig pointe fra undersøgelsen er imidlertid netop det autentiske og betydningen af at et selvstændigt undersøgende projekt refererer til det man gerne vil med sin uddannelse. Så i den kontekst vil en progression i det forskningslignende fra første studieår og frem mod lærerstuderendes professionsbachelor som udgangspunkt handle om aktive undersøgelser i skolen, fx med fokus på *elevernes* laboratoriearbejde der så kan reflekteres ved at de studerende stilladseres i at læse primær litteratur fra uddannelsesforskning. Det ene behøver dog ikke udelukke det andet.

Fremadrettet vil vi anbefale fortsatte diskussioner af progression både på langs af overgangen fra ungdomsuddannelse til videregående uddannelse og på tværs ift. forskellige typer videregående uddannelse.

Referencer

- Alvunger, D. & Wahlström, N. (2018). Research-based teacher education? Exploring the meaning potentials of Swedish teacher education. *Teacher and Teaching theory and practice* 24(4), 332-349.
- Barab, S. & Squire, K. (2004). Design-based research: Putting a stake in the ground. *The Journal of the Learning Sciences* 13(1), 1-14.
- Braun, V. & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology*, 3, 77-101.
- Breukelen, D.H.J., Michels, K.J., Schure, F.A. & DeVries M.J. (2016). The FITS model: An improved learning by design approach. *Australasian Journal of Technology Education*.
- Brew, A. (2010). Imperatives and challenges in integrating teaching and research. *Higher Education Research & Development*, 29(2), 139-150.
- Filak, V.F. & Sheldon, K.M. (2003) Student Psychological Need Satisfaction and College Teacher-Course Evaluations. *Educational Psychology*, 23(3), 235-247.
- Fujimoto, Y. et al. (2011). Helping university students to 'read' scholarly journal articles: the benefits of a structured and collaborative approach. *Journal of University teaching & learning practice*, 8(3), 1-12.
- Gregersen, A.F.M. & Ulriksen, L. (2019). *Narratives and expectations: First-year students' transition into higher education*. Paper, ESERA 2019 conference.
- Healey, M. (2005). Linking research and teaching: exploring disciplinary spaces and the role of inquiry-based learning. I: Barnett (red.). *Reshaping the university: New relationships between research, scholarship and teaching*, s 67-78. Open University Press.
- Healey, M. & Jenkins, A. (2018). The role of academic developers in embedding high-impact undergraduate research and inquiry in mainstream higher education: twenty years of reflection. *International Journal for Academic Development*, 23(1), 52-64.

- Hofstein, A. & Kind, P.M. (2012). Learning in and from science laboratories. I: B.J. Fraser, K.G. Tobin and McRobbie, C.J. (red.). *Second international handbook of science education*, 189 – 207. Dordrecht: Springer.
- Holmegaard, H., Madsen, L.M. & Ulriksen, L. (2014). A journey of negotiation and belonging: Understanding students' transitions to science and engineering in higher education. *Cultural Studies of Science Education* 9(3), 755-786.
- Hoskins, S.G. et al. (2011). The C.R.E.A.T.E. approach to primary literature shifts undergraduates' self-assessed ability to read and analyze journal articles, attitudes about science and epistemological beliefs. *CBE – Life Science Education*, 10, 368-378.
- Krontiris-Litowich, J. (2013). Using primary literature to teach science literacy to introductory biology students. *Journal of Microbiology & Biology Education*, 14(1), 66-77.
- Krægpøth, M. (2019). *Forskningserfaringer på første år*. Specialeafhandling Aarhus Universitet.
- Nielsen, B.L. & Hougaard, R.F. (2018). *Scaffolding students' reflective dialogues in the chemistry lab: Challenging the cookbook*. In ESERA 2017 proceedings.
- Reid, N. & Shah, I. (2007). The role of laboratory work in university chemistry. *Chemistry Education Research and Practice* 8(2), 172-185.
- Ryan, R.M. & Deci, E.L. (2017). *Self-determination theory*. New York: Guilford Publications.
- Tinto, V. (2017). Reflections on Student Persistence. *Student Success* 8(2), 1-8.
- Trujillo, G. & Tanner, K.D. (2014). Considering the role of affect in learning: Monitoring students' self-efficacy, sense of belonging, and science identity. *CBE: Life Science Education* 13, 6-15.
- Visser-Wijnveen, G.J. et al. (2010). The ideal research-teaching nexus in the eyes of academics: building profiles. *Higher Education Research & Development* 29(2), 195-210.
- Østergaard, L.D., Sillasen, M.K., Hagelskjær, J. & Bavnhøj, H. (2010). Inquiry-based science education: Har naturfagsundervisningen i Danmark brug for det? *MONA: Matematik og Naturfagsdidaktik*, 4, 25-43.

English abstract

Research-based teaching is a cornerstone of university teaching including work with content from research and research-methods. The present study examines first-year students' outcomes from working with authentic research. Based on repeated questionnaires answered by students from two first year courses in chemistry and biotechnology, respectively, positive perceived outcomes are identified in relation to meeting researchers in an authentic environment and being involved in activities with a certain degree of autonomy. Scaffolding and feedback however also seem to be important. Challenges are about making sense of the complex theory at this early stage of their studies. Reflections on the results are made with reference to laboratory teaching in secondary school and in teacher training.

SUN-projektet og skoleudvikling



Brian Krog Christensen,
uddannelseschef,
Silkeborg Gymnasium
(fhv. fagkonsulent i
naturvidenskab, UVM)

Kommentar til Lars Brian Krogh, Nina Waaddegaard & Keld Nielsen: "SUN-projektet: Skolebaseret udvikling af naturfag og kapacitet i gymnasiet", MONA, 2019(3).

Hvilket undervisningsmateriale bruger du til arbejdet med det globale kulstofkredsløb i naturgeografi C? Har du en god vejledning til et elektroforeseforsøg for et biologi A-hold? Hvor mange lektioner brugte du sidste år til arbejdet med elektriske kredsløb i fysik B? Kan du forklare mig hvordan koffein påvirker centralnervesystemet? Dette kunne være eksempler på spørgsmål stillet blandt gymnasielærere i forbindelse med det daglige, uformelle samarbejde om naturfagene. Formaliseres samarbejdet i en faggruppe, og nedsættes nogle grupper af lærere der skal vælge et område til udvikling, kunne typiske lærerinitierede indsatser være fælles planlægning af undervisning i et klimaforløb eller afholdelse af en workshop eftermiddag hvor der udvikles forsøg med elektronisk dataopsamling. Alle de nævnte spørgsmål og temaer for samarbejde mellem lærere kan være relevante, og de kan i høj grad opleves som nyttige når man som lærer skal have en dagligdag med planlægning og afvikling af undervisning til at hænge sammen.

Men hvis man ønsker at skabe øget læring og udvikling for eleverne, er det vigtigt at holde netop dette mål for øje idet der ellers er risiko for at samarbejdet mere får karakter af studiekredslignende aktiviteter (Søndergaard, 2016), eller at samarbejdet mellem lærerne i sig selv bliver målet (DuFour et al., 2016, s. 145). Paul Cobb m.fl. har i det stort anlagte MIST-forskningsprojekt blandt andet undersøgt hvordan (amerikanske) lærere samarbejder om matematikundervisning, og hvorledes man kan udvikle mere udbytterig undervisning. En af konklusionerne i undersøgelsen er, jævnfør ovenstående eksempler, at lærere bruger en væsentlig del af deres samarbejdstid på at dele tips og tricks, fx i form af ideer til undervisningsaktiviteter og materialer, og på logistiske eller planlægningsmæssige forhold, hvor de for at fremme elevernes læring med fordel i højere grad kunne fokusere på samtaler om formålet med den nuværende og fremtidige undervisningspraksis (Cobb, 2018, s. 98). Andre typer af spørgsmål som med fordel kunne være genstand for lærernes interesse, kunne være: Hvordan udvikler

man self-efficacy for elever der er særligt udfordrede i naturfag, og hvordan får man dem til at anstrenge sig i arbejdet med svært stof? Hvilke læringsmæssige udfordringer har elever fra gymnasiefremmede miljøer i særlig grad, og hvordan imødekommes disse i naturfagsundervisningen? Hvordan kan man undervise i teknologiorienterede dele af kernestoffet på en måde der motiverer både drenge og piger og dermed fremmer grundlaget for læring? Undersøgelser viser at det fremmer udbyttet af arbejdet med sådanne spørgsmål hvis man på skolerne kan etablere en vedvarende proces hvor undervisere samarbejder i tilbagevendende cykler af fælles undersøgelse og handlingsforskning med henblik på at opnå bedre resultater (Qvortrup, 2017). Den arbejdsproces er et væsentligt kendetegn for professionelle læringsfællesskaber, og effekten af sådanne øges typisk gennem kvalificeret ledelsesmæssig opbakning mht. fastsættelse og fastholdelse af mål, processparring, ressourceallokering mv. (DuFour, 2016; Robinson, 2015). Men det stiller ganske store krav til såvel lærere som ledelse at få rammesat arbejdet på skolen således at samarbejdet om udvikling af undervisning naturligt sker i form af aktionslæringscykler hvor lærerne systematisk og med relevant sparring afprøver forskellige undervisningstiltag baseret på viden fra forskning i læring og didaktik, og hvor lærerne skaffer sig (eller forsøger at skaffe sig) empirisk belæg for effekten af de iværksatte interventioner. Mange skoler kan hverken på lærer- eller ledelsesniveau eller organisatorisk leve op til disse krav, og der er brug for en bevidst proces med fokus på at opbygge kapacitet i organisationen.

Det er her at SUN-projektet som beskrevet af Krogh, Nielsen og Waaddegaard i MONA 2019-3 forekommer særdeles relevant. I artiklen om SUN-projektet beskrives et ambitiøst system for skoleudvikling der på eksemplarisk vis omfatter eksternt faciliterede udviklingsindsatser i forhold til de enkelte deltagende lærere, faggrupper og ledelser. Centralt i SUN-projektet står en såkaldt Inquiry Cirkel der med læringsmål på elevniveau i centrum beskriver en aktionslæringsproces hvor lærerne undersøger elevernes kompetencer før en intervention (1), der afdækkes læringsbehov for lærerne (2), og baseret på lærernes udvikling af viden og kompetencer (3) iværksættes undervisningstiltag (4) der som afslutning på cirklen evalueres ved at søge empirisk belæg for udviklingen i forhold til læringsmålene (5). I artiklen beskrives det som centralt i SUN-projektet at lærerne internaliserer arbejdet i den cirkulære proces og oplever værdien af den empiribaserede tilgang og på den måde får ritualiseret arbejdsmåden. Denne væsentlige ide i SUN-projektet om ritualisering er prisværdig. For projektet handler på mange måder om en kulturpåvirkning af gymnasiesektoren som ifølge Schein for alvor kan få en effekt hvis det at samarbejde i aktionslæringscykler bliver en grundlæggende antagelse om lærergerningen (Hatch, 2006, s. 185 ff.). Det handler altså om at komme i en tilstand hvor det at arbejde i aktionslæringscykler ikke er forbundet med særlige udviklingsprojekter, men hvor det i stedet bare er sådan man naturligt (sam)arbejder i gymnasiet.

I artiklen om SUN-projektet beskrives nogle af de tiltag der indgik i projektet med henblik på at skabe den omtalte kulturforandring. Blandt andet præsenteres et redskab til karakteristik af faggruppesamarbejdet på de i projektet involverede gymnasier. Ideen er at de enkelte medlemmer af faggruppen på en skala fra 1 til 5 vurderer i hvilken grad faggruppens arbejde lever op til en række "idealbeskrivelser", som fx "undervisningstiltag (er) informeret af fagdidaktisk forskning og evidens". For at afprøve udviklingsredskabet i en anden sammenhæng end SUN-projektet og for at få en overordnet og kvantificeret vurdering af faggruppesamarbejdet på Silkeborg Gymnasium er samtlige faggrupeledere blevet bedt om at udfylde vurderingsskemaet. Det blev af faggrupelederne oplevet som relevant, og det blotlagde (ikke overraskende) to områder hvor praksis i særlig grad kan udvikles: Undervisningen er ikke i så høj grad baseret på data/information om elever, og undervisningstiltag kan i noget højere grad baseres på fagdidaktisk forskning og evidens. Vurderingsskemaet vil blive brugt igen til at analysere udviklingen på skolen, og det vurderes relevant til brug af de enkelte faggrupeledere i forbindelse med udviklingsarbejdet i de enkelte fag.

SUN-projektet har nogle oplagte styrker i form af det forskningsinformerede grundlag der bl.a. kommer til udtryk gennem bestræbelsen på og struktureringen af kapacitetsopbygning på alle niveauer i organisationen og prioriteringen af at aktørerne i faggrupperne efter at have haft stor indflydelse på omdrejningspunkterne for undervisningsudviklingen har haft mulighed for at sparre med en konsulent med specialistindsigt. I artiklen om SUN-projektet konstateres det at der i den sidste del af projektet (SUN3) er skoler og faggrupper der har rykket sig meget, men der er også skoler hvor projektet har haft mindre effekt. I forhold til det sidste anføres nogle udfordringer som er ganske interessante og genkendelige, fx:

Lærerne der har deltaget i projektet, har primært været interesserede i udvikling af undervisning og har været mindre optaget af den overordnede kapacitetsopbygning i organisationen. Dette kan forklares af flere forhold. For det første er det velkendt at gymnasielærere som hovedregel er mest begejstrede for de dele af kompetenceudviklingsforløb der meget direkte giver input til den daglige og gerne nært forestående undervisning. For det andet er gymnasielærere typisk væsentligt mere interesserede i det fagnære end i organisatoriske eller didaktiske temaer. Dette korresponderer med gymnasielæreres uddannelsesmæssige baggrund hvor man står på (mindst) to ben. Det ene ben er en universitetsuddannelse i et eller flere (natur)fag, og det andet ben er en pædagogisk-didaktisk uddannelse af væsentlig kortere varighed som nogle gange ikke følges med helt samme engagement som universitetsuddannelsen. Typisk er de to ben hvorpå gymnasielæreren hviler, således langt fra lige stærke. Dette kommer fx til udtryk ved at lærerne tillægger det stor betydning at den fag-faglige viden der formidles til eleverne, er forskningsbaseret og udtryk for den seneste og bedste viden inden for et givet felt. Men lærerne tillægger det typisk ikke samme betydning at

måden hvorpå der undervises, på samme måde er forskningsinformeret. Den sidste påstand bekræftes bl.a. af en undersøgelse blandt tre faggrupper i SUN-projektet.

En anden udfordring i SUN-projektet har været at sikre udbredt ledelsesmæssig og organisatorisk medspil – både på det overordnede og faggruppenære niveau. Fx har man oplevet at lærere der ikke tog del i planlagte aktiviteter, ikke blev konfronteret af de overordnede ledelser. Dette kan dels være et resultat af den flade struktur som man traditionelt har på mange gymnasier, og som kan betyde at ledelsen mere har administrativ karakter end karakter af egentlig personaleledelse. Det kan også være et udtryk for at ledelsen sammen med lærerne ikke reelt tillægger udviklingsprojektet rigtig stor betydning. For hvis projektdeltagelsen blev prioriteret på samme niveau som eksempelvis afvikling af en lektion i biologi, så ville fravalg af projektdeltagelse vel blive påtalt på samme måde som hvis en lærer uden videre udeblev fra en undervisningslektion. Denne tilsyneladende nedprioritering af udviklingsprojektet står i modsætning til at det i artiklen om SUN-projektet konstateres at der er et behov for professionel udvikling i naturfagene som blandt andet skulle være affødt af et stort ydre forandringspres. Men hvori består dette påståede store ydre forandringspres? Politikere tilkendegiver med jævne mellemrum at de gerne vil have styrket fagligheden. Men det foregår i relativt forblommede vendinger der i begrænset omfang er forpligtende for skolerne. Gymnasireformen har medført nogle behov for justeringer af praksis, men det kan næppe betegnes som omkalfatrende og genererer ikke et stort pres. Fra de videregående uddannelser hvortil gymnasierne leverer studerende, sendes der af og til et signal om at de studerende ikke helt har de ønskede kompetencer ved påbegyndelsen af studierne. Men "klagesangen" om fagligt forfald har sektoren hørt gennem masser af år uden at det reelt har givet anledning til en oplevelse af forandringspres. Så måske hænger det manglende dybtføjte engagement fra nogle lærere og ledelser i SUN-projektet sammen med at store dele af gymnasiesektoren i bund og grund gennem mange år har haft mulighed for at køre videre ad nogenlunde samme "aktivitetsmæssige" spor. Gennem de seneste år har det største pres på gymnasierne affødt af ydre forhold formodentligt været de gennemførte økonomiske besparelser. Og de kan absolut have været medvirkende til at lysten og ressourcen til forandringer og udvikling er blevet reduceret – både blandt lærere og ledelser.

I forhold til den (fag)nære ledelse har der, som sagt, ligeledes været udfordringer i SUN-projektet. Det er tankevækkende når der i artiklen om SUN-projektet står: "I SUN2 (dvs. anden del af projektets tre dele) blev bestræbelsen på at rekruttere særlige faglige koordinatore ... og aktivere dem som lokale forandringsagenter skudt i sæk." Det beskrives hvorledes det i projektet har været meget svært at få de såkaldte SUN-koordinatore eller fag-facilitatore til at påtage sig et lederskab i forhold til fagkollegerne idet de ikke følte sig kompetente eller ikke oplevede at have legitimitet til at lede. Her er det interessant at den terminologi der anvendes i SUN-projektet, afspejler

eller formodentligt bevidst er tilpasset gymnasieområdets flade struktur. Man vælger nemlig betegnelser som “koordinator” og “facilitator” frem for det der reelt er brug for – nemlig projektledere. Det er velkendt (Mikkelsen, 2011) at det er befordrende for udviklingsprojekter at de ledes af personer der er uddannet i håndtering af den modstand mod forandringer der ofte forekommer, og som er trænet i at tage de svære samtaler med projektdeltagere der fx ikke engagerer sig i projektet, ikke opfylder aftaler eller direkte modarbejder projektet. Men det er faktisk ikke tilstrækkeligt at have en uddannet projektleder der forstår sig på forandringsprocesser. I det tidligere omtalte MIST-forskningsprojekt fandt man at det typisk var af afgørende betydning for udviklingsgrupper der virkelig skabte positive forandringer for eleverne, at de indeholdt eller vekselvirkede med personer med didaktisk ekspertise (Cobb, 2018).

I SUN-projektet konstateres det da også at kapacitetsudvikling sædvanligvis kræver mangesidigt medspil fra eksterne konsulenter. Det kan være svært at forestille sig hvordan man i gymnasiesektoren skulle kunne finde ressourcer til systematisk brug af eksterne konsulenter. Men det vil være oplagt at forsøge at investere i at faggruppeledere (for sådan bør de nok benævnes frem for “fagansvarlig”, “fagkoordinator” osv.) kan tage en masteruddannelse i scienceundervisning der inkluderer uddannelse i projektledelse. En sådan masteruddannet faggruppeleder vil (forhåbentligt) være i stand til kvalificeret at sparre med udviklingsgrupper der typisk kan have brug for input i forhold til spørgsmål som: Hvordan måler vi læringseffekten af den intervention vi planlægger? Hvad siger den seneste fagdidaktiske forskning om ...? Hvis det lykkes at komme derhen hvor flere efterlyser forskningsbaseret viden om undervisningstiltag, vil der formodentlig udbredes en oplevelse af at der mangler forskning inden for de mest relevante områder. For den mest relevante fagdidaktiske forskning i forhold til udvikling af naturfagene i gymnasiet vil naturligvis være forskning foretaget i en dansk gymnasiekontekst hvor det undersøges hvordan man bedst udvikler og engagerer elever med baggrund i en dansk grundskole. Her må man desværre konstatere at der er et misforhold mellem den ressource der allokeres til at gennemføre undervisning i STEM-fagene, og den ressource der bruges til at undersøge hvordan undervisningen kan gennemføres mest hensigtsmæssigt.

Det har været en af hensigterne med den foreliggende kommentar at påpege at SUN-projektet tager fat på nogle meget centrale og ganske betydelige udfordringer for gymnasierne. I artiklen om SUN-projektet i MONA 2019(3) fokuseres på designet af kapacitetsopbygningsprojektet, men det kunne også være ganske interessant at få indsigt i den elevempiri de deltagende lærere har indsamlet om eleverne, og som kort omtales i artiklen. Gymnasiesektoren kan nemlig have gavn af at blive inspireret af eksempler på vel gennemførte og effektfulde aktionslæringsforløb.

Referencer

- Cobb, P., Jackson, K., Henrick, E. & Smith, T.M. (2018): *Systems for instructional improvement – Creating Coherence from the Classroom to the District Office*. Cambridge: Harvard Education Press.
- DuFour, R., DuFour, R., Eaker, R. & Many, T. (2016): *Håndbog i professionelle læringsfællesskaber*. Frederikshavn: Dafolo.
- Hatch, M.J. & Cunliffe, A.L. (2006): *Organization Theory*. Oxford University Press.
- Mikkelsen, H. & Riis, J.O. (2011): *Grundbog i projektledelse*. Rungsted: Prodevo.
- Qvortrup, L. (2016): *Professionelle læringsfællesskaber*. Frederikshavn: Dafolo.
- Robinson, V. (2015): *Elevcentreret skoleledelse*. Frederikshavn: Dafolo.
- Søndergaard, J. (2016): *PLF'er i skolen: Hvad, Hvorfor, Hvordan*, SFI – Det Nationale Forskningscenter for Velfærd.

Naturfagscurriculum med fokus på modeller og modellering



Claus Michelsen,
Laboratorium for
Sammenhængende
Uddannelse og Læring,
SDU

Kommentar til Jørgen Løye Christiansen, John Andersson, Dorrit Hansen, Mari-Ann Skovlund Jensen, Lars Bo Kinnerup og Karin Marianne Lilius: "Brug af modeller og modellering i udskolingens naturfagsundervisning", MONA 2019-4.

Som mangeårig fortaler for en styrkelse af arbejdet med modeller og modellering i naturfags- og matematikundervisningen gennem hele uddannelsessystemet har jeg med stor interesse læst artiklen om hvordan der arbejdes med modeller og modellering i naturfagene fysik/kemi, geografi og biologi i udskoling. Artiklen afdækker gennem ni semi-strukturerede interviews med naturfagslærere hvilke modeltyper lærerne er bevidste om der finder anvendelse i deres naturfagsundervisning. Det giver god mening at beskæftige sig med lærernes forståelse af modeller og modellering, specielt set i lyset af den nye fælles naturfagsprøve der kalder på såvel fagdidaktiske redskaber som fagfaglige ideer som lærerne kan anvende til at arbejde med det fælles i naturfagene. Her er modeller og modellering et oplagt redskab. For det første er modellering et af de fire fælles kompetenceområder i skolens naturfagsundervisning, og for det andet er modeller helt essentielle for produktion, udbredelse, accept og forklaring af naturvidenskabelig viden og et resultat af en modelleringsproces der fx kan være udført af videnskabsfolk eller elever. Netop modelleringsprocessens afspejling af den videnskabelige arbejdsmåde understreger potentialet i modelleringskompetencen til at understøtte en naturfagsundervisning som ikke kun handler om naturvidenskabens produkter i form af begreber, love og modeller, men også om en social praksis spørgsmål om naturen og dens fænomener. Som det understreges i en af artiklens hovedreferencer, Schwartz et al. (2009), så skal elevernes deltagelse i modelleringspraksis skabe forståelse og kunnen i at formidle denne forståelse. Artiklens afdækning af lærernes arbejde viser imidlertid at de modeltyper der i sig selv appellerer til elevernes aktive deltagelse, finder den laveste anvendelse. Det er umiddelbart et nedslående, men ikke overraskende resultat. Som det nævnes i artiklen, så

har den fælles faglige prøve størst fokus på at forklare fænomener og sammenhænge ved hjælp af modeller, ligesom prøven i stor udstrækning også er en udprøvning af elevernes evne til at anvende præfabrikerede modeller til faglig forklaring.

Der er tydeligvis et behov for at få sat en uddannelsespolitisk dagsorden der kan bryde denne praktisering af modelleringsundervisning så eleverne også får erfaringer med modellering som en proces. Når det er sagt, skal det understreges at proces- og produkt-aspektet af modelleringskompetencen ikke kan adskilles. Modelleringskompetencen handler både om at eleverne skal udføre aktiv modelbygning af et naturfagligt fænomen, og om at eleverne skal analysere grundlaget for og egenskaberne ved foreliggende modeller – det være sig elevernes egne eller andres modeller – og bedømme rækkevidden og holdbarheden af disse modeller. Som den hollandske naturfagsdidaktiker Piet Lijnse påpegede, handler det om både at arbejde med modeller af naturen og modellerens natur. Dette arbejde kan antage forskellige former, og der kan indgå forskellige typer af modellering. Vi kan skelne mellem ekspressiv modellering hvor eleverne ideelt konstruerer deres egne modeller og udtrykker deres egen opfattelse af verden omkring dem, og eksplorativ modellering hvor eleverne opdager, udforsker og tester en eksisterende model. Yderligere kan vi skelne mellem modellering hvor eleverne anvender kendte teorier og begreber eller genererer og tilegner sig nye begreber og teori (Lijnse 2008). Denne opdeling understreger på den ene side at ideelt set bør elevernes deltagelse i modelleringsaktiviteter have både en procedural og konceptuel overførselsværdi – altså eleverne skal både kunne anvende deres modelleringskompetence i nye situationer og tilegne sig nye teorier og begrebsstrukturer og anvende disse i nye situationer – og på den anden side tydeliggøres det at modelleringsundervisning er kompleks og kræver både udvikling af et koncept for modelbaseret undervisning og et kompetenceløft til lærerne. Da artiklen “Modeller og modellering i udskolingens naturfagsundervisning” på glimrende vis adresserer behovet for et kompetenceløft til lærerne, vil jeg i det følgende fokusere på udviklingen af et koncept for modelbaseret undervisning og specielt på almindelsesperspektivet i modelbaseret undervisning.

I den meget læseværdige artikel “Models and modelling: Routes to more authentic science education” argumenterer den britiske naturfagsdidaktiker John K. Gilbert for at et naturfagscurriculum med modeller og modellering som de centrale elementer vil gøre naturfagene mere autentiske. Et sådant curriculum vil have forskellige karakteristika der under de givne omstændigheder vil bringe undervisningen tættere på den naturvidenskabelige arbejdsmåde. For det første vil det troværdigt afspejle naturvidenskabens processer og den sociale accept af naturvidenskabernes produkter og derved give undervisningen en historisk og filosofisk dimension. For det andet vil det tydeliggøre den kreativitet der har gjort naturvidenskab til en af menneskehedens største kulturelle bedrifter. For det tredje vil det tilbyde eleverne et minimalistisk

netværk af ideer der kan give tilfredsstillende forklaringer på oplevede fænomener. Og for det fjerde vil det tydeliggøre teknologiske muligheder der kan danne grundlag for vellykkede økonomiske, samfundsmæssige og sundhedsmæssige løsninger (Gilbert, 2004). Denne beskrivelse giver et fundament for udvikling af et koncept for en modelbaseret undervisning hvor eleverne gennem aktiv deltagelse i en modelleringspraksis opnår viden om, holdninger til samt kompetencer og færdigheder i at identificere spørgsmål og problemer i den virkelige verden, kunne beskrive den naturlige og designede verden og drage evidensbaserede konklusioner. Yderligere får den modelbaserede undervisning et tydeligt almindelsesperspektiv. Gennem modellering skaber eleverne viden og synliggør deres tanker. I bedste fald skabes der også holdninger med en transformativ effekt hvor eleverne i en skoleekstern kontekst på eget initiativ engagerer sig og aktivt anvender deres naturvidenskabelige indsigt til at handle på en lokal problemstilling. Det kunne være i forbindelse med udsættelse af fiskeyngel i den lokale sø, eller at indsigt i modeller for bilers bremselængde fører til deltagelse i en kampagne for nedsættelse af hastigheden i et boligområde med mange børn.

Den amerikanske uddannelsesfilosof John Dewey skrev i sit hovedværk "Democracy and Education" at vi alle er født med evnen til at tænke, og det er derfor en af skolens centrale opgaver at fostre kritiske og gode tænkevaner (Dewey, 2016). Modellering handler om at tænke, har antiautoritære aspekter og styrker elevernes myndighed. Modelleringsprocessen inviterer eleverne til både en kritisk refleksion vedrørende anvendelse af modeller og til selv at formulere problemstillinger og søge løsninger og erkendelse. Den verdensberømte canadiske psykolog Steven Pinker peger i sin seneste bog, "Enlightenment now. The Case for Reason, Science, Humanism and Progress", på at fremskridt er et resultat af ideer og principper, og han argumenterer for behovet for en ny oplysningstid byggende på videnskab, fornuft, humanisme og fremskridt inkluderende de nye begreber entropi, evolution og information (Pinker, 2018). Oplysningstanken er et oplagt udgangspunkt for et nutidigt almindelsesprojekt der omfatter alle, har fokus på demokrati og retfærdighed og søger efter alle de bidrag til uddannelse der kan gøre verden bedre. Den oplyste borger i et demokratisk samfund har et handlingsansvar fordi livet sammen med andre borgere rejser problemer som skal løses af samfundslivet. I et nutidigt almindelsesprojekt vil modelleringskompetencen være det naturlige omdrejningspunkt som en kompetence der både er knyttet til aktive handlinger, til at kunne etablere et naturvidenskabeligt baseret beredskab der kan løse de udfordringer eller problemer man møder, og til at kunne værdsætte og reflektere over naturvidenskabernes og teknologiens rolle i samfundsudviklingen.

Referencer

- Dewey, J. (1916). *Democracy and Education*. Macmillan.
- Gilbert, J.K. (2004). Models and modelling: Routes to more authentic science education. *International Journal of Science and Mathematics Education* (2004) 2, s. 115-130.
- Lijnse, P. (2008). Models of/for Teaching Modeling. E. van den Berg, A.L. Ellermeijer, O. Slooten (Eds.), *Modelling in Physics and Physics Education*. AMSTEL Institute, University of Amsterdam, s. 20-33.
- Pinker, S. (2018). *Enlightenment Now. The Case for Reason, Science, Humanism and Progress*. Allen Lane.
- Schwarz, C.V., Reiser, B.J., Davis, E.A., Kenyon, L., Achér, A., Fortus, D., Schwartz, Y., Hug, B. & Krajcik, J. (2009). Developing a Learning Progression for Scientific Modeling: Making Scientific Modeling Accessible and Meaningful for Learners. *Journal of Research in Science Teaching*, 46, s. 632-654.

Et bud på en mere procesorienteret tilgang til modeller og modellering i skolens naturfagsundervisning



Sanne Schnell Nielsen,
Københavns
Professionshøjskole,
Institut for Læreruddannelse

Kommentar til Jørgen Løye Christiansen, John Andersson, Dorrit Hansen, Mari-Ann Skovlund Jensen, Lars Bo Kinnerup og Karin Marianne Lilius: "Brug af modeller og modellering i udskolingens naturfagsundervisning", MONA, 2019-4.

Artiklen "Brug af modeller og modellering i udskolingens naturfagsundervisning" omhandler en undersøgelse af 9 naturfagslæreres forståelse og anvendelse af modeller og modellering i deres egen undervisning. Undersøgelsen peger bl.a. på at de involverede lærere i deres undervisning først og fremmest anvender modeller til forklaring af faglige fænomener og sammenhænge. Desuden viser undersøgelsen at lærernes undervisningspraksis kun i begrænset omfang inddrager de aspekter af modellering (fx metaviden om modellering, udvikling af og forudsigelse med modeller) som ifølge forskningslitteratur (Nicolaou & Constantinou, 2014) og ministerielle styringsdokumenter er centrale ift. at udvikle elevernes modelleringskompetence.

Med andre ord: Undersøgelsen tyder på at der kun er delvis overensstemmelse mellem på *den ene side* beskrivelsen af modelleringskompetence-begrebet i de ministerielle styringsdokumenter og forskningslitteraturen og på *den anden side* naturfagslærernes undervisningspraksis. For at adressere denne problemstilling anbefaler artiklens forfattere at der i skolens naturfagsundervisning fremadrettet sættes større fokus på modellering som proces, herunder elevernes forståelse af de forskellige aspekter af selve modelleringsprocessen, modellers egenskaber og modellers rolle i videnskabsfaget. Det er en forståelse som forfatterne kalder "meta-modellering".

Jeg vil i denne kommentar gerne støtte op om forfatterens anbefalinger. Desuden

vil jeg gøre et forsøg på at udvide og uddybe artiklens bud på *hvorfor* og *hvordan* man kan arbejde mere proces-orienteret med modellering i skolens naturfagsundervisning.

Autentisk og bred forståelse af modeller og modellering

Artiklen har fokus på at sammenligne lærernes undervisningspraksis med de intentioner og krav som afspejles i Fælles Mål og den fællesfaglige naturfagsprøve relateret til modelleringskompetence-begrebet. Det er en meningsfuld indgangsvinkel da disse styringsdokumenter netop afspejler de intentioner som lærerne forventes at realisere i deres undervisning. Som jeg tolker det, så betyder dette fokus imidlertid at forfatternes undersøgelse og dermed anbefalinger primært bygger på en ifølge Lehrer og Schauble (2015) ikke særlig autentisk gengivelse af hvordan modeller og modellering anvendes i videnskabsfaget. Fx sammentænkes modellerings- og undersøgelseskompetence-begreberne kun i meget begrænset omfang. En samtænkning af de to kompetencer i naturfagsundervisningen er ifølge Passmore, Stewart & Cartier (2009) netop en forudsætning for en mere autentisk tilgang til hvordan videnskabsfaget praktiseres. Derudover vælger forfatterne at arbejde med en forholdsvis snæver modelforståelse som ikke inddrager elevernes egne data (Christiansen et al., 2019: S15, L16-23). Med udgangspunkt i ovenstående betragtninger vil jeg derfor komme med et bud på hvordan man kan uddybe og udvide forfatternes anbefalinger ift. at bidrage til en mere proces-orienteret tilgang til modeller og modellering i skolens naturfagsundervisning.

Proces-orienteret tilgang til modeller og modellering

Jeg vil i det følgende argumentere for *hvorfor* og *hvordan* en bredere og mere autentisk modelforståelse både kan bidrage til en mere proces-orienteret tilgang til modeller og modellering og samtidig give mulighed for at inddrage elevernes egne empiriske data.

Lehrer og Schauble (2015) argumenterer for en forståelse af modeller og modellering i skolens naturfagsundervisning som i høj grad afspejler hvordan modeller og modellering anvendes i videnskabsfaget. Det er en bred forståelse hvor modeller og modellering både indeholder og faciliterer andre aspekter af videnskabsfagets arbejdsmetoder. Det kan fx være modellens anvendelse til ide-generering omkring naturfaglige fænomener og sammenhænge baseret på empiriske observationer, formulering af spørgsmål som efterfølgende kan testes empirisk, organisering af data, genkendelse af mønstre i data, argumentation om årsagssammenhænge, forudsigelse og hypotesedannelse. En sådan forståelse vil kunne bidrage til en mindre deskriptiv tilgang til modeller og modellering i skolens naturfagsundervisning. En tilgang hvor modeller ikke kun anvendes og italesættes som etablerede videns-produkter, men italesættes og anvendes som en naturvidenskabelig arbejdsmetode – en metode eleverne kan anvende til at undersøge, blive klogere på og evaluere deres forståelse af og forudsigelser om forskellige naturfaglige fænomener i deres omverden. Det kan

fx finde sted i undervisningen hvis eleverne udvikler modeller baseret på deres egne ideer eller teorier og efterfølgende evaluerer og evt. reviderer modellerne baseret på deres egne observationer af fænomenet, ny viden eller nye formål.

Modeller værdsættes og anvendes som et læringsværktøj til tilegnelse af fagfaglig viden

Ifølge Lehrer og Schauble (2015) skyldes manglende overensstemmelse mellem ministerielle styringsdokumenter og undervisningspraksis delvis at lærerne har en tendens til at fortolke og assimilere de nye krav ind i en genkendelig og for dem meningsfuld praksis. Fx er lærernes implementering af modellering som proces i høj grad bestemt af deres værdsættelse af og eksisterende brug af modeller (Nielsen & Nielsen, 2019). En værdsættelse og brug som i høj grad har fokus på modellernes fagfaglige indhold og modellernes læringspotentialer ift. disse fagfaglige indholdsdele (ibid). Denne tilgang betyder at lærerne primært har erfaring med at italesætte og anvende modeller som *et videns-produkt* og ikke som en del af en naturvidenskabelig *proces* eller naturvidenskabelig arbejdsmetode. En produkt-orienteret og dermed meget deskriptiv anvendelse af modeller er en vigtig del af naturfagsundervisning ift. at fremme elevernes læring og kommunikation af det fagfaglige stof. Imidlertid er en udelukkende deskriptiv anvendelse ikke tilstrækkelig ift. at udvikle elevernes modelleringskompetence. Det kræver også at modellering som proces og metaviden om denne proces integreres i undervisningen (Nicolaou & Constantinou, 2014; Nielsen, 2015).

Skolens opskrift på en fagfaglig afkoblet universel naturvidenskabelig arbejdsmetode

Det er ikke kun lærernes direkte forståelse og tilgang til modeller som har betydning for hvordan lærerne fortolker og omsætter modelleringskompetence-begrebet til konkret undervisningspraksis. Lærernes implementering af modellering som proces er i høj grad også styret af hvordan lærerne generelt forstår samt underviser med og om naturvidenskabelige arbejdsmetoder (Windschitl, Thompson & Braaten, 2008). Historisk har skolens og dermed også lærernes tilgang til elevernes forståelse og brug af naturvidenskabelige arbejdsmetoder været præget af hvad Windschitl et al. (2008) beskriver som *den universelle naturvidenskabelige arbejdsmetode*. En tilgang som ifølge samme forfatter er stærkt præget af hvordan de fleste skoleeksperimenter foregår. Nemlig som en meget ensartet, skridt-for-skridt og opskriftsagtig proces der ofte er frakoblet elevernes fagfaglige forståelse. En procedure som ofte er kendetegnet ved følgende proces: opstilling af en hypotese efterfulgt af et praktisk eksperiment eller en feltundersøgelse, herefter en analyse af data og afslutningsvis formulering af en konklusion, ofte baseret på afvisning eller accept af hypotesen. Denne tilgang kan ikke alene bidrage til at eleverne får et meget snævert og misvisende billede af

hvordan der arbejdes i videnskabsfaget. Men ifølge Gouvea og Passmore (2017) kan skolens traditionelt høje vægtning af *den universelle naturvidenskabelige arbejds-metode* og store fokus på fagfagligt indhold sammen med lærernes tradition for en produkt-orienteret tilgang til modeller direkte modarbejde en implementering af en mere proces-orienteret og autentisk indgangsvinkel til modellering som proces.

Et bud på en mere autentisk og procesorienteret tilgang til modeller og modellering

Baseret på ovennævnte vil jeg derfor foreslå at vi i skolens naturfagsundervisning i højere grad sammentænker modellerings- og undersøgelseskompetence-begrebet i forbindelse med elevernes praktiske og undersøgende arbejde. Det kan fx ske gennem følgende aktiviteter:

- Eleverne anvender eksisterende modeller som udgangspunkt til at formulere fagligt funderede spørgsmål eller hypoteser som efterfølgende kan udforskes og testes empirisk eller teoretisk.
- Eleverne anvender den fagfaglige viden i eksisterende modeller til at pege på relevante variabler til eksperimenter i laboratoriet eller målparametre til undersøgelser i naturen.
- Eleverne tegner en model som illustrerer en proces eller forklarer et resultat af deres forsøg.
- Eleverne overvejer hvilke og hvordan data fra deres eksperimenter og undersøgelser kan repræsenteres vha. forskellige typer af modeller.
- Eleverne organiserer, fortolker og kommunikerer deres egne undersøgelsesresultater vha. en model som de selv udarbejder.
- Eleverne sammenligner og vurderer hinandens modeller af det samme fænomen de har undersøgt. Eleverne kan evt. efterfølgende udarbejde en konsensusmodel eller revidere deres egen model.
- Eleverne tegner en model af et fænomen før og efter at de har gennemført en praktisk undersøgelse, fx som en del af den formative evaluering.
- Eleverne fremstiller en model af et naturfagligt fænomen ud fra deres forforståelse og ændrer herefter modellen baseret på ny teoretisk eller empirisk viden. Efterfølgende kan eleverne anvende modellen til at formulere nye spørgsmål, hypoteser eller løse nye problemstillinger.
- Eleverne evaluerer og reviderer deres egne eller andres modeller så de tilpasses nye undersøgelser, problemstillinger eller formål.
- Eleverne sammenligner deres egne modelforsøg med det fænomen det repræsenterer, og finder ligheder og forskelle.

Jeg vil påstå at en sådan tilgang ikke kun vil indeholde gode potentialer for en mere autentisk og proces-orienteret tilgang til modeller og modellering. Jeg vil også mene at sammentænkningen af de to kompetencer omkring elevernes praktiske arbejde vil bidrage til en mere varieret og mindre “*universel*” og “*opskriftsagtig*” tilgang til skolens brug af naturvidenskabelige arbejdsmetoder. Derudover vil en øget brug af modeller og modellering kunne bidrage til en øget kobling mellem naturfagernes faglige viden og det praktiske arbejde, fx når eleverne anvender modeller som udgangspunkt til at formulere testbare og fagligt funderede hypoteser eller tolker deres data vha. modeller.

Derudover vil jeg påstå at en stærkere kobling mellem det praktiske arbejde, modeller og modellering indeholder gode potentialer for at bidrage til elevernes praksisbaserede forståelse for det som Christiansen et al. (2019) i deres artikel betegner som “*metamodellering*”. Fx:

- Modeller kan bruges til at planlægge undersøgelser som kan give ny viden.
- Modeller kan bruges til at stille relevante spørgsmål.
- Modeller er dynamiske og ændrer sig ved ny forståelse/viden.
- Forskellige modeller viser forskellige aspekter af det samme fænomen alt efter designerens tolkning af virkeligheden, formål og materialer.
- Modeller forenkler og repræsenterer kun udvalgte aspekter af virkeligheden.
- Modeller er udviklet for at visualisere, forklare, forstå, teste og udvikle ideer/viden.
- Modeller kan bruges til at forudsige udfaldet af undersøgelser, udvikling i fænomener over tid eller fænomenets udvikling i en ny situation.

Dertil kommer – og måske mit allervigtigste argument – at nye krav og intentioner i ministerielle styringsdokumenter i højere grad vil blive realiseret vedvarende i undervisningen hvis lærerne kan genkende aspekter i deres eksisterende praksis samt kan relatere de nye tiltag til elementer de allerede værdsætter i undervisningen (Jansen et al., 2014). Samtænkningen af de to kompetencer og koblingen til det praktiske arbejde vil i høj grad tage udgangspunkt i det som lærerne allerede gør (arbejder naturvidenskabeligt i forbindelse med det praktiske og undersøgende arbejde) og værdsætter (modellernes faglige indhold og læringspotentiale ift. dette indhold). Mit bud på en mere proces-orienteret tilgang til modeller og modellering vil derfor være en undervisning som i højere grad integrerer elevernes modellerings- og undersøgelseskompetencer omkring det praktiske arbejde.

Referencer

- Christiansen, J.L., Andersson, J., Hansen, D., Jensen, M.-A.S., Kinnerup, L. & Lilius, K.M. "Brug af modeller og modellering i udskolingens naturfagsundervisning", *MONA*, 4, 8-27.
- Gouvea, J. & Passmore, C. (2017). 'Models of' versus 'models for': toward an agent-based conception of modeling in the science classroom. *Science and Education*, 26(1-2), 49-63. <https://doi.org/10.1007/s11191-017-9884-4>.
- Janssen, F., Westbroek, H. & Doyle, W. (2014). The practical turn in teacher education: designing a preparation sequence for core practice frames. *Journal of Teacher Education*, 65(3), 195-206. <https://doi.org/10.1177/0022487113518584>.
- Lehrer, R. & Schauble, L. (2015). The development of scientific thinking. In: R.M. Lerner (Ed.), *Handbook of child psychology and developmental science*, 2(7), Cognitive Processes. New Jersey, USA: Wiley, pp. 671– 714.
- Nicolaou, C.T. & Constantinou, C.P. (2014). Assessment of the modeling competence: a systematic review and synthesis of empirical research. *Educational Research Review*, 13, 52-73.
- Nielsen, S.S. (2015). Fælles Mål og modelleringskompetence i biologiundervisningen – forenkling nødvendig for fortolkning. *MONA*, 4, 25-43.
- 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. <https://doi.org/10.1007/s11165-019-09900-1>.
- Passmore, C., Stewart, J. & Cartier, J. (2009). Model-based inquiry and school science: creating connections. *School Science and Mathematics*, 109(7), 394-402. <https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.2009.tb17870.x>.
- Windschitl, M., Thompson, J. & Braaten, M. (2008). Beyond the scientific method: model-based inquiry as a new paradigm of preference for school science investigations. *Science Education*, 92(5), 941-967.

Fagkulturer?



Arne Mogensen, fhv.
forskningsleder, VIA
University College

Kommentar til Steffen Elmose & Vivi Fog Wogensen: "Undersøgelse af model for kompetenceløft – med fokus på naturfagslæreres udbytte", MONA 2019-4.

I artiklen beskrives en model for efteruddannelse i undervisningsfag for lærere der i 2016-18 blev brugt for i alt 1.150 folkeskolelærere i alle fag i 9 nordjyske kommuner. Efter forberedende møder i foråret har lærerne skullet gennemføre to moduler à 10 ECTS i det efterfølgende studieår. Studiet var tilrettelagt så en dag på professionshøjskolen UCN hver anden uge har vekslet med en forberedelsesdag på egen skole. Undervejs – og inden den afsluttende kompetencemålsprøve – har der to gange været vejledning og supervision på skolen.

Deltagerne har deltaget i survey før, under og efter forløbet. Og et slutevalueringskema udsendt til 335 lærere i november 2018 blev besvaret af 61%. Besvarelser fra det første år viser at naturfagslærerne forholder sig mindre positivt til eget kompetenceløft-forløb end lærerne fra andre fag. Og forfatterne har den hypotese at designet måske ikke har kunnet tilgodese naturfagslærernes arbejdssituation mht. bl.a. fagteamsamarbejde og særlige arbejdsmetoder.

Skolekultur

Det er almindeligt med forventninger om at forløb med enkelte læreres kompetenceløft kan påvirke og påvirkes af læringsfællesskabet på skolen. Og man ved at effekten er størst og varig når indsatsen indlejres i skolens øvrige arbejde gennem vedholdende involvering af kollegiale grupper som fx fagteam (Driel et al., 2012).

Men skolekulturen kan være udfordrende. Her indgår bl.a. læreres værdier, normer og opfattelse af virkeligheden, og aspekter af kulturen udtrykkes gennem skolens ritualer, historier, myter, symboler, sprog og taler eller medarbejdernes jargon. Og ofte beskrives en skolekultur ved de dominerende kollektive normer, værdier og opfattelser der er opstået gennem de ansattes interaktion over tid.

Kulturen påvirker hvordan den enkelte lærer udfører undervisningsarbejdet inden for skolens kollektive arbejdsfællesskab. Og nogle skolekulturtræk vil givet påvirke

faglærere. Fx dokumenterede Boaler (Boaler, 2002) i sin afhandling om to London-skoler de forskellige skolekulturers indflydelse på elevernes resultater. Og Schön beskrev det som mistillid til faglig viden (Schön, 1983) når "*praktikere ofte er indblandet i konflikter mellem værdier, mål, formål og interesser*" (s. 17), hvor ønsket om nytænkning også mødes af begrænsninger i bl.a. tid og penge.

Fagkultur

Lave og Wenger betragter lærere som medlemmer af praksisfællesskaber i særlige arenaer (Lave & Wenger, 1991). Og Wenger har med McDermott og Snyder udviklet begreberne *stickiness* og *leakiness* (Wenger, McDermott & Snyder, 2002, 151) der måske kan forklare lidt af den forskel forfatterne har observeret.

Stickiness. Læringsfællesskaber som fagteam arbejder med en teknisk jargon, særlige metoder og faglokaler der kan støtte læringen for de praktiserende, men omvendt være en hindring "udefra". Det kan derfor tage år før viden breder sig i en organisation. Viden klistrer til praksis på uforudsete måder. Nye naturfagslærere kan opleve sig svagt støttet af kolleger hvis den ny viden og metoder ikke kobles klart til egen praksis.

Leakiness. Viden kan udveksles ("sive") gennem netværk på tværs af team og skoler. Det fordrer tid, lyst og reel adgang til de fora hvor den udveksles – men så "lækkes" den nemt. Mange naturfagslærere er hjulpet af faglige fora som Naturvidenskabernes hus, Astra, kommunale konsulenter, Naturvidenskabsfestival, elektroniske fora etc. Men her må man besidde et fagligt grundlag først, og det har de lærere næppe som netop er startet i et kompetenceløft-forløb.

Teamkolleger kan både støtte og hæmme den enkelte faglærer i klasserummet. Et team kan have fælles værdier og i hvert fald en social samhørighed på skolen. Men faglærere på samme skole deler ikke nødvendigvis holdninger, værdier og praksis selvom målene med deres undervisning kan ligne. Og det kræver tid til samtale og samarbejde at udvikle og sparre på hinandens idéer. Også i forløb med efteruddannelse. Der kan være særlige udfordringer knyttet til naturfagernes brug af uderum, udstyr og faglokaler.

Nogle rutiner viser faglæreres holdninger eller antagelser om hvad god fagundervisning er, hvad den skal føre til, og hvordan den udføres. Det kan vise sig som handle- og praksisviden der er baseret på anbefalinger eller egen erfaring. Naturfagslærere i kompetenceløft har brug for viden der sætter dem i stand til at navigere i komplekse naturfaglige sammenhænge, fleksibelt og imødekommende med forskellige elever i autentiske lektioner. Også *uden* om rutinerne.

Lærere handler altid i praksis, men måske med forskellige udgangspunkter. Nogle lærere vil foretrække at introducere nye emner med lærerstyret opslag i en fagbog og en demonstration eller et nøgleeksempel. Andre lærere vil lade elever selv danne en hypotese og så udføre et eksperiment før den fælles drøftelse i klassen.

Hvis man ikke afprøver begge tilgange i efteruddannelse af naturfagslærere, undergraver man bestræbelsen: at uddanne fagligt dygtige lærere der kan nå alle elever, og som kan repræsentere ideer på flere måder, forbinde indhold til en relevant kontekst og være indstillet på at se ting på flere måder.

Jeg har her nævnt nogle behov der muligvis er særlige for naturfagslærere, og som nok ikke blev mødt optimalt i den nordjyske model for efteruddannelse. Derfor tillader jeg mig til sidst at minde om et andet projekt – med andre erfaringer.

QUEST

Quest-projektet blev gennemført i 2012-14 af VIA og Aarhus Universitet i fem jyske kommuner med i alt 40 deltagende skoler. Formålet med Quest var strategisk kompetenceudvikling af alle deltagende naturfagsundervisere på skolerne, men dog ikke gennem udbud af ECTS-moduler i en bachelor. Modellen for forløbet (Q-modellen) sikrer at kompetenceudviklingen foregår i lærende fællesskaber så skolen og fagteamet udvikler sig samtidigt med den enkelte lærer. Det giver disse særlige træk:

- Kompetenceudviklingen er praksisnær og bygger på at lærerne arbejder aktivt med de faglige områder der giver mening i forhold til den situation de står i her og nu. Det skal give mening for lærerne at tilrettelægge og dele undersøgelser i egen praksis.
- Der arbejdes med afsæt i de resurser og kompetencer der allerede findes i lærergruppen og på skolen.
- Der arbejdes med en meget lang tidshorisont og en gradvis udvikling gennem varig fornyelse.

Ved projektets start var situationen på de fleste Quest-skoler at de ikke havde et aktivt fagteam, eller at møderne i fagteamet gik med traditionelle opgaver som indkøb, vedligeholdelse af lokaler og valg af lærebøger. Det var målet at fagteamet skulle arbejde med faglige og fagdidaktiske problemstillinger som fx undervisningsstrategier, sammenhæng i skolens undervisning på langs (progression) og på tværs (fællesfaglighed) og undersøgelser af elevernes læring. Desuden skulle arbejdet i fagteamet være afsæt for at arbejde sammen om planlægning og undervisning, fx i form af lektionsstudier (Mogensen et al, 2015). Udviklingen i arbejdet i skolernes fagteam blev fulgt nøje af forskning. Og efter 2,5 år var fagteamsamarbejde en realitet på ca. 90 % af skolerne.

Samlet viste følgeforskningen i Quest at Q-modellen bl.a.:

- Gav arbejdet i et fagteam ny mening og indhold. På de deltagende skoler blev der udviklet en kultur for videndeling af undervisningserfaringer og -aktiviteter.

- Imødekom lærernes opfattelse af hvordan man kan arbejde med udvikling alene og i fællesskab. Lærerne satte pris på at være ambitiøse sammen.
- Matchede lærernes professionelle selvforståelse og deres forventninger om praksistilknytning.
- Udviklede en funktionel rolle for kollegial faglig sparring. https://projekter.au.dk/fileadmin/Q-model-folder_web.pdf

Afsmitning?

Det har været interessant at læse hvor forskelligt professionshøjskolerne tilrettelægger efteruddannelse for lærere. Og de regionale forskelle giver mange erfaringer. Men måske kunne vi smitte mere af på hinanden? Netop nu udvikler undervisere fra VIA en tilgang til anderledes undervisning i matematik på skolens mellemtrin med inspiration fra Singapore. TRACK-projektet skal i det kommende skoleår følge de deltagende skolars matematiklærere og deres 4. klasser i et treårigt forløb hvor skolens øvrige matematiklærere involveres som i Q-modellen fra Quest-projektet. Netop nu inviteres interesserede skoler til at melde sig. Se mere på: www.via.dk/forskning/paedagogik-didaktik-og-laering/laering-og-undervisning/track.

Referencer

- Boaler, J. (1997) *Experiencing School Mathematics*, Open University Press.
- Driel, J.H., Meirink, J., Veen, K. & Zwart, R.C. (2012). Current trends and missing links in studies on teacher professional development in science education: a review of design features and quality of research. *Studies in Science Education* 48(2) 129-160.
- Lave, J. & Wenger, E. (1991). *Situated Learning – Legitimate Peripheral Participation*. Cambridge University Press.
- Wenger, E., McDermott, R. & Snyder, W.M. (2002). *Cultivating Communities of Practice*. Harvard Business School Press.
- Mogensen, A., Nielsen, B. & Sillasen, M. (2015). Processer der forandrer – fagteamsamarbejde efter QUEST-modellen. *MONA* (1) 24-48.
- Schön, D.A. (1991). *The reflective practitioner. How professionals think in action*. Ashgate.

Fag og didaktik i gymnasielæreruddannelsen



Eigil Dixen, fhv. rektor,
Egaa Gymnasium

Kommentar til Helle Mathiasen, Jesper Melchjorsen og Pia Møller Jensen: "Hvad skal gymnasielærere inden for sciencefagene kunne i morgen og på længere sigt?", MONA 2019-4.

Jeg blev som nu pensioneret rektor på Egaa Gymnasium ganske fornøjet da jeg læste ovennævnte artikel. Dels fordi den viser at den indsats som jeg på Egaa Gymnasium var med til at sætte i gang med en kraftig satsning på efteruddannelse i fagdidaktik, har givet så markante resultater. Og dels fordi artiklen på det mere generelle plan tager fat på at universiteterne må nytænke de kandidatuddannelser som ligger til grund for gymnasielærerjobbet, så de bliver "tosidige uddannelser med fag og didaktik som gensidigt befrugtende grundelementer".

Allerede i 2014 udbød Center for Scienceuddannelse på Aarhus Universitet i samarbejde med Københavns Universitet en masteruddannelse i scienceundervisning. Da de fleste sciencelærere under deres uddannelse på universiteterne højst har modtaget et mindre kursus i fagdidaktik, var der i gymnaset efter min vurdering et betydeligt behov for en forskningsbaseret efter- og videreuddannelse i netop fagdidaktik for sciencelærere.

Efter drøftelser med de relevante faggrupper i løbet af skoleåret 2014-15 endte det med at to af artiklens forfattere, nemlig Jesper Melchjorsen og Pia Møller Jensen, blev udpeget som særdeles velegnede kandidater til at tage masteruddannelsen. Dels dækker de tilsammen fagene matematik, fysik, kemi, biologi og biotek, altså en meget væsentlig del af de naturvidenskabelige fag, og dels så vi det som en stor styrke at de var to der kunne og gerne ville støtte hinanden gennem et langt 3-årigt efteruddannelsesforløb.

Problemet var selvfølgelig på den anden side at det var en kostbar affære at betale både kursusgebyr og tid for 2 lærere i en så omfattende efteruddannelse. For at få bestyrelsens accept af den betydelige investering udviklede vi projektet så de to lærere under uddannelsesforløbet også skulle videreformidle ny fagdidaktisk viden og evi-

densbaserede erfaringer til kollegerne – konkret ved efter hvert semester at holde en 3 timers workshop for alle sciencelærere på skolen og der formidle den oparbejdede viden – og samtidig igangsætte udviklingsforløb inden for sciencefagene.

På den baggrund er det naturligvis yderst tilfredsstillende at projektet har sat så markante spor på skolen. Det er min vurdering at projektet sammen med en række andre parallelt løbende kompetenceudviklingsprojekter, fx SUN-projektet som tidligere kort beskrevet i MONA 2018-1, har været med til at sikre et fortløbende fokus på at øge elevernes læring og var endnu et skridt på vejen mod at etablere professionelle læringsfællesskaber både internt og på tværs af faggrupper og samtidig styrke den generelle forandringskapacitet på hele skolen.

Derimod gik det i første omgang ikke så godt på Aarhus Universitet. Center for Scienceuddannelse blev nemlig undervejs – i forbindelse med en sparerunde – nedlagt så masteruddannelsen i stedet udelukkende blev varetaget af Institut for Naturfagernes Didaktik på Københavns Universitet. I betragtning af det store behov for netop forskningsbaseret efter- og videreuddannelse i fagdidaktik for sciencelærere fandt jeg denne prioritering meget uheldig. Jeg skrev derfor et brev til rektor på Aarhus Universitet, som måneder inden havde talt om et skæbnefællesskab mellem gymnasiet og universitetet, og påpegede det uheldige i denne besparelse som næppe ville styrke scienceundervisningen i gymnasiet og dermed – jævnfør skæbnefællesskabet – på sigt også skade universitetet.

Brevet blev heldigvis taget alvorligt, og jeg blev sammen med kolleger fra gymnasierne i området inviteret til drøftelser med repræsentanter for universitetet. Efter adskillige møder resulterede disse drøftelser i oprettelsen af en samarbejdsorganisation mellem gymnasierne og Aarhus Universitet: <https://www.au.dk/samarbejde/samarbejde-med-skoler-og-gymnasier/kontakt-au/samarbejdsorganisation/>.

I samarbejdsorganisationen argumenterede vi fra gymnasiernes side vedholdende for efter- og videreuddannelsesstilbud som ud over det fagfaglige også indeholder fagdidaktiske elementer. Et vigtigt initiativ handler om oprettelse af **AU Update** hvor forskere fra Aarhus Universitet og gymnasielærere i fællesskab har udviklet korte kompetenceudviklingsforløb for gymnasielærere – foreløbig inden for fagene dansk, engelsk, fransk/spansk/tyisk, religionsvidenskab, samfundsvidenskab og matematik, hvor der er fokus på faglig opdatering og konkrete undervisningsforløb på gymnasierne. Nærmere detaljer kan findes på: <https://www.au.dk/evu/for-gymnasielaerere/au-update/>.

På den baggrund hilser jeg det i høj grad velkommen at en bred kreds af repræsentanter for de gymnasiale uddannelser, universiteter, professionshøjskoler, sciencecentre mv., som det fremgår af artiklen, påpeger behovet for en ny kandidatuddannelse hvor ideen er at fag og didaktik løbende gennem uddannelsen aktualiseres og dermed giver kommende gymnasielærere inden for sciencefagene de nødvendige kompetencer, såvel faglige som pædagogiske og didaktiske.

Det er efter min mening på tide at denne diskussion tages alvorligt både på universiteterne og i Uddannelses- og Forskningsministeriet. Der må mere generelt iværksættes et arbejde for at udvikle en forskningsbaseret læreruddannelse så vi i Danmark får gymnasielærere som ikke kun på det fagfaglige område, men også på det didaktiske område agerer på baggrund af forskningsbaseret viden. Det vil give et løft af undervisningen i gymnasiet og dermed på sigt også gavne de videregående uddannelser. På længere sigt bør de samme principper også gælde for folkeskolelærere, selvom det er en langt mere omfattende omkalfatring af det danske uddannelsessystem.

En svær matematikopgave



Jeanette Marie Axelsen,
Midsjællands
Gymnasium, formand for
Matematiklærerforeningen

Kommentar til Klavs Kokseby Frisdahl, Niels Kristian Petersen, Julian Bybeck Tosev og Karen Mohr Pind: "Bliver elever bedre til matematik ved at tilføje flere emner til læreplanen?", MONA 2019-4.

I forbindelse med gymnasireformen 2016 med virkning fra august 2017 var det et politisk mål at styrke fagligheden i gymnasiet. Inden for matematik på STX har der siden opstarten været diskussioner om hvorvidt denne styrkelse af faget på især B-niveauet kan realiseres inden for de rammer der er blevet sat. Det seneste indlæg i denne diskussion i MONA er den artikel, herefter kaldet Frisdahl m.fl., jeg her vil kommentere.

I artiklen er påstanden at niveauet er faldet, og at årsagen skal findes i de ambitiøse læreplaner hvor der er for mange emner, krav om specifikke løsningsmetoder, mere brug af CAS og flere eksamensformer end tidligere. Dertil kommer at (næsten) alle skal have matematik på B-niveau, og faget er skåret i timer. Med afsæt i dette vil jeg i det følgende prøve at nuancere billedet lidt mere.

Nye rammer

I den nye reform er der en del strukturændringer, og de har haft nogle konsekvenser for matematiklærerne og eleverne – ikke bare på B-niveau, men på alle niveauer. Det nye grundforløb med indførelsen af en screening, bundne årsprøver samt et markant reduceret timetal – ikke i undervisningstiden, men i fordybelsestiden som er der hvor eleverne yderligere får mulighed for at arbejde med fagets skriftlighed. Fordybelsestiden er reduceret med 15 % for B-niveauet og ca. 18 % for A-niveauet. Underligt nok har C-niveauet bibeholdt sine 40 timer, og det endda selvom eleverne ikke skal til en skriftlig, men højst en mundtlig prøve i faget.

Grundforløbet blev i 2017 kortet ned til 3 måneder og for matematik udstyret med et krav om at emnet lineære funktioner skulle indgå i grundforløbet sammen med andre ikke i læreplanen dikterede emner. Kravet er begrundet i et ønske om at gøre overgangen fra grundskole til gymnasieskole lettere og at introducere tilgangen til

faget gennem et emne som eleverne har stiftet bekendtskab med før (Matematikkommissionen: *Af rapportering*, s. 16). I grundforløbet skal det gøres eleverne klart hvilken forskel der er på C-, B- og A-niveauet i undervisningen frem mod studieretningsvalget som for de fleste ligger omkring uge 40-41 (UVM i samarbejde med Matematiklærerforeningen: *Rapport om grundforløbet i matematik på stx*).

I Frisdahl m.fl. skrives der om screeningen i grundforløbet:

“Den obligatoriske prøve i matematik i grundforløbet er derfor reelt kun en vejledning til eleven om at vælge mellem matematik A eller B.” (Frisdahl m.fl., s. 103)

Det stilles her op som et problem at screeningen – opfattet som en prøve – kun kan bruges vejledende. Men faktisk var det hele ideen hvis man læser Matematikkommissionens anbefaling:

“Ifølge den politiske aftale af 3. juni 2016 skal eleverne i løbet af grundforløbet gennemføre en skriftlig screening i matematik. Resultatet af screeningen skal kunne anvendes i forbindelse med den obligatoriske evalueringssamtale, som eleven skal til ved afslutningen af grundforløbet med henblik på valg af studieretning.” (Matematikkommissionen: *Af rapportering*, s. 17)

Det er vigtigt at pointere at screeningen ikke er en prøve. Opleves screeningen som en prøve, så bliver fokus let at nå hen til prøven og klare den bedst muligt i stedet for det den er tænkt som, nemlig et grundlag for en vejledende samtale om valg af studieretning.

Til gengæld er det afkortede grundforløb måske et problem i en anden henseende. Mange elever kommer fra grundskolen med den selvopfattelse at de ikke kan matematik, med oplevelser af at det er svært, og at det ikke nytter noget. Det gælder især elever i studieretningsklasserne med matematik på B-niveau. Derfor er der meget relationsarbejde netop i matematik i grundforløbet for at få en større gruppe af elever “vundet” over på sin side, dvs. at få dem i gang med at arbejde med faget og ikke stejle bare ved tanken. Efter tre måneder skal dette relationsarbejde så starte forfra på især B-holdene når de endelige klasser ligger fast. Dette kan have sine omkostninger i tid og måske endda føles som om man starter forfra.

Læreplanerne 2017

I sensommeren 2019 fik Matematiklærerforeningen udarbejdet en kvalitativ undersøgelse om tilstanden på matematik B på STX af firmaet Morphic. En væsentlig konklusion fra Morphics rapport var at få revideret læreplanerne. Der var enighed om

dette blandt alle de interviewede. Men der var til gengæld ikke enighed om hvilke emner i læreplanen der skulle sorteres fra. Ligeledes blev der i rapporten peget på en opstramning af vejledningen til læreplanerne så den kunne være en støtte mere end en forvirring (Morphic: *Tilstanden for Matematik STX B*, s. 7). Frisdahl m.fl. peger på at Matematikkommissionen har anbefalet tre temaer som i læreplanerne skal være gennemgående: robusthed, samspil og progression. Herefter skriver de at "*Det er vores indtryk at væsentlige anbefalinger fra kommissionen ikke er blevet omsat i praksis*" (s. 103). Hvordan "*omsat i praksis*" skal forstås her, er ikke klart for mig, men jeg vælger at tolke det som anbefalingerne udtrykt i læreplanerne og ikke i undervisningen. Jeg vil prøve at pege på nogle anbefalinger som jeg finder væsentlige, og som er udtrykt i læreplanerne.

CAS, papir og blyant

Der er i Matematikkommissionens rapport en klar melding om at der har været problemer med den måde CAS har været brugt på i matematikundervisningen. Dette kan man også læse om i Matematikudredningen samt i den netop udkomne rapport fra UVM om *Faglighed i gymnasiet: Matematik*. Men i alle tre rapporter er der også en klar melding om at der er et "*stort didaktisk potentiale*" i CAS. Og ligeledes:

"Kommissionen anbefaler derfor, at læreplanerne og undervisningsvejledningerne skal udformes således, at de understøtter en hensigtsmæssig udnyttelse af de didaktiske muligheder, som de digitale teknologier giver." (Matematikkommissionen: Afrapportering, s. 22)

Der peges i Matematikkommissionens rapport på at CAS skal kunne indgå ved den mundtlige prøve til at understøtte undersøgende ræsonnementer, men også på en indsigtsfuld måde ved den skriftlige.

Når vi i læreplanerne og vejledningen møder krav om simulering, skift mellem repræsentationsformer og i opgaverne ved de skriftlige prøver møder metodekrav, så ligger dette i tråd med Matematikkommissionens uddybning om robusthed:

"En forudsætning for, at matematikken således udøves robust er, at matematiske begreber, repræsentationer, metoder etc. bliver undervist på en sådan måde, at de kan videreføres fra et trin i uddannelsesystemet til et andet. Der skal være enighed om, hvad de går ud på, og hvordan de omtales." (Matematikkommissionen: Afrapportering, s. 41)

En måde at skabe enighed er igennem læreplanerne, vejledningen og opgavesættene.

Kigger vi på rækken af emner i læreplanen, så er en af kommissionens anbefalinger også at der skal være sammenhæng på langs, men også at der skal være dybde i faget, og at det ikke bør ske ved at tilføje en masse nye emner. Det er så her vi skal diskutere

fremadrettet hvad dybde betyder. For B-niveauet ville det være godt hvis vi kunne få nogle bud på hvordan den faglige dybde styrkes og samtidig sikrer sammenhængen på langs, som oplæg til diskussion.

En anden anbefaling fra Matematikkommissionen, som også kan findes flere andre steder, er at styrke de basale færdigheder. Og den slags færdigheder er også omtalt i artiklen af Grønbæk m.fl., *Når regningen skal betales*, hvor der peges på at eleverne ikke har de nødvendige forudsætninger fra grundskolen, hvilket gymnasiet så skal arbejde videre ud fra. Indførelsen af formelsamlingen i delprøve 1 og mere tid til denne delprøve vil forhåbentlig føre til en styrkelse af elevernes færdigheder, og denne ønskede styrkelse ses udmøntet i læreplanerne da der her står direkte at vi i undervisningen skal have fokus på at arbejde med papir og blyant.

At man oplever forløbet mere presset, kan i øvrigt også være en udløber af at emner fra det tidligere supplerende stof nu er blevet kernestof og dermed gjort til genstand for afprøvning ved den skriftlige prøve.

Eksamensformer

Både Matematikkommissionens rapport og Matematikudredningen peger på at eksamensformerne trænger til en revidering.

“Det er kommissionens vurdering, at de traditionelle mundtlige prøver i matematik [...] er utidssvarende. Dette forstærkes af, at prøveformen er udfordret af, at tjenester som Frividen, Restudy og Kahn’s Academy tilbyder videogennemgange af traditionelle kernestofelementer [...] Det tegner et billede af, at faget matematik kan klares uden egentlig matematisk forståelse og blot ved udenadslære.” (Matematikkommissionen: Afrapportering, s. 27)

Men som Matematikkommissionens rapport anbefaler, så skal der nok stadig laves forsøg eller tænkes tanker i forhold til eksamensformerne. Matematiklærerforeningens rapporter fra 2018 og 2019 der evaluerer den mundtlige prøve på B-niveau, peger på at gruppedelprøven har været en stor mundfuld for lærerne da forberedelserne forud for gruppedelprøven, især for eksaminator, men også for censor, er steget voldsomt i mængde sammenlignet med tidligere. Matematikkommissionen skriver i deres afrapportering at den mundtlige prøve bør afspejle den daglige undervisning, hvilket gruppedelprøven gør idet der i læreplanerne siden 2005 har været indskrevet noget om projekt- eller temaforløb i den daglige undervisning. Ifølge Matematiklærerforeningens rapport om den mundtlige prøve tyder det på at gruppedelprøven løfter de svageste elever, hvilket vil føre til lavere dumpeprocenter ved den mundtlige prøve, hvilket også har været et mål.

Karaktererne

I Frisdahl m.fl. peges der på at oversættelsesskalaen (fra point til karakterer) er rykket flere gange så det er blevet lettere og lettere at bestå matematik på B-niveau. De fremhævede årstal er interessante og kan tåle en uddybning. Men først skal det nævnes at fra i hvert fald 1999 (hvor jeg selv så den ifm. mit pædagogikum) og indtil 2010 blev den *samme* skala benyttet. I evalueringsrapporten for de skriftlige prøver sommeren 2014 er der en figur (se figur 1 nedenfor) der viser udviklingen i dumpeprocenterne i perioden 2007-2014. I 2005 starter der en ny gymnasiereform med store strukturelle ændringer, og for matematik var det bl.a. indførelsen af CAS. Bemærk dumpeprocenterne for de første årgange efter reformstarten i 2005. De ligger omkring de 30 %, hvorefter de falder. I 2010 falder dumpeprocenten kraftigt – og muligvis fordi skalaen her blev ændret til at man blot skulle have 33 % af pointene for at bestå. I 2012 kommer der et ryk op igen. En ny reform i 2005 kunne forklare hvordan det nye endnu ikke er implementeret (ligesom vi har set de to seneste år for 2017-reformen) og har givet høje dumpeprocenter for de første årgange. I 2012 har vi den første årgang der er til eksamen i $\chi^2\chi^2$ -test, og igen kunne man påstå at implementering af nye emner bare tager tid fordi vi som lærere skal undervise i det nye stof en første omgang førend vi finder ud af hvor skoen trykker for eleverne, og derefter i næste runde kan didaktisere og disponere stoffet på baggrund af erfaring.

Året 2010 er interessant på flere måder. De første årgange efter 05-reformen er kommet igennem, og i 2010 rykkes skalaen generelt. Ser man således hen over perioden 2010-2018, så har der altså ikke i den pågældende periode været rykket ved standard-skalaen. Dette skal også ses i sammenhæng med at i den pågældende periode er det den samme læreplan som eleverne er til eksamen i.

Der er ikke noget unormalt i at justere skalaen hvis emner eller opgaver falder særlig uheldigt ud. Således har det også været tidligere. Ser man på figur 1 i Frisdahl m.fl. over udviklingen i karaktergennemsnittet for B-niveauet på STX, så er der generelt en dalende tendens fra 2014 og frem mod 2018 – altså i perioden under den “gamle” reform og med en “stabil” oversættelsesskala. Argumentet om at det er blevet lettere at bestå mat B, handler her om at fordi skalaen er ændret, så er det blevet lettere. Men hvad nu hvis opgaverne var sværere i 2019?

Et argument imod dette kunne være at henvise til artiklen af Grønbæk m.fl. hvor det fremhæves at reduktionsopgaven burde eleverne allerede kunne løse i grundskolen. Reduktionsopgaver og løsning af ligninger har dog igennem mange år været noget der falder eleverne mere og mere svært, hvilket rapporten fra UVM (Faglighed i gymnasiet: Matematik) også peger på.

Løses alt ved at ændre læreplanerne?

I Frisdahl m.fl. dukker “*tid til at træne eleverne*” op igen og igen. Der er vitterligt taget tid fra faget. Især kan man bemærke nedskæringen i fordybelsestiden til eleverne som er ret markant. Men at dele faget op i flere “discipliner” som fx “nu træner vi med papir og blyant” eller “nu træner vi gruppedelprøve” vil presse tiden. Så det at “træne” eleverne skal hele tiden ske løbende og med forskellige aktiviteter i spil i undervisningen. I et fag som dansk hvor der er endnu færre både undervisningstimer og fordybelsestid til eleverne, og hvor kravene til elevernes sproglige, analytiske og formidlingsmæssige kompetencer bestemt ikke er mindre, skal man som underviser hele tiden slå mange fluer med ét smæk. Ellers når man ganske enkelt ikke læreplanens krav.

Jeg kan ikke lade være med at tænke på hvordan B-niveauet har udviklet sig siden 2005-reformen. Før 2017 var der, fornemmer man på Frisdahl m.fl., mere tid og mindre pres på læreplanen. Men var B-niveauet en succes? Gik det fremad? Det tyder ikke på det, jf. figuren ovenfor. Og måske ligger en del af problemerne et helt andet sted, fx en reform i grundskolen fra 2013 som vi begynder at se konsekvenserne af, hvor som det formuleres i Grønbæk m.fl. – “*regningen skal betales*”.

Gymnasireformen 2016 blev hastet igennem af politikerne og skulle partout søsættes fra august 2017, og det har fået konsekvenser. En EVA-rapport om implementeringen fra 2018 (EVA: *4 tendenser i gymnasiernes implementering af gymnasireformen*) slår fast at der med reformen ikke fulgte ressourcer – tværtimod! Men også at det kan have haft indvirkning på implementeringen:

Et godt arbejdsklima mellem ledelse og lærere er afgørende for implementering af reformen [...] Mulige fyringer, flere undervisningslektioner og usikkerhed om, hvilke studieretninger der vil blive oprettet, er noget af det, [...] der kan skabe utryghed hos lærerne [...] [Dette] kan fjerne lærernes fokus på det pædagogiske indhold i reformen, hvis der er for stort pres med hensyn til deres arbejdsforhold.

Gymnasierne skulle spare 2 % om året, og fyringsrunder rystede gymnasieverdenen. Lærerne manglede undervisningsmaterialer, vejledende eksamenssæt, formelsamlinger m.v. i matematik. Dette har givet et urimeligt pres på lærerne der ud over at skulle sætte sig ind i nye områder og en ny didaktisk tilgang også har skullet finde og/eller producere materialer og opgaver. Og alt dette for ikke at lade eleverne blive gidsler i et politisk spil. Med de mange nye tiltag i læreplanerne er det en bitter cock-tail som for en del lærere har medført at de har mistet arbejdsglæden. Har politikerne overset et fortegn et sted? Vi skal navigere i et felt med mindre tid, færre penge, lave mere og så også løfte det faglige niveau. Men som det forhåbentlig fremgår af ovenstående, synes jeg at flere væsentlige anbefalinger fra Matematikkommissionens afrapportering er forsøgt indskrevet i de nye læreplaner og tilhørende vejledninger.

Reformen kunne have fået en anden begyndelse hvis ikke politikerne havde svigtet gymnasiesektoren helt og aldeles.

Referencer

- EVA: *4 tendenser i gymnasiernes implementering af gymnasiereformen*, 23. august 2018, <https://www.eva.dk/ungdomsuddannelse/4-tendenser-gymnasiernes-implementering-reformen> (besøgt 14. januar 2020).
- Grønbæk, Niels m.fl.: *Matematik B – regningen skal betales*, MONA 2019-3.
- Frisdahl, Klavs Kokseby m.fl.: *Bliver elever bedre til matematik ved at tilføje flere emner til læreplanen*, MONA 2019-4.
- Markvorsen, Steen m.fl.: *Faglighed i gymnasiet: Matematik*, rapport udarbejdet for UVM af SDU m.fl., januar 2020.
- Matematikkommissionen: *Matematikkommissionen. Afrapportering*, 2016.
- Matematiklærerforeningen: *Evaluering af prøveformen. Mundtlig matematikeksamen på ny STX B*, 2019.
- Morphic: *Tilstanden for Matematik STX B*, rapport udarbejdet oktober 2019 for Matematiklærerforeningen.
- UVM: *Evalueringsrapport – Skriftlig matematik på stx og hf 2014*, januar 2015.
- UVM: *Evalueringsrapport – Skriftlig matematik på stx og hf 2019*, november 2019.
- UVM: *Rapport om grundforløbet i matematik på stx*, foråret 2018 (i samarbejde med Matematiklærerforeningen).
- UVM: *STX-bekendtgørelsen*, august 2017.
- Winsløw, Carl m.fl.: *Matematikudredningen*, august 2015.

Nyheder

25 mio. kr. til nyt matematikcenter

Undervisningsministeriet annoncerede i december 2019 hvem der er udset til at etablere det nye Nationale center for udvikling af matematikundervisning. Det sker som afgørelse af et opslag fra februar 2019. Bevillingsrammen er 25 mio. kr. for en femårig periode.

Af ministeriets pressemeddelelse fremgår det at centret, der tildeles et konsortium af fem institutioner, skal hæve fagligheden i faget blandt andet ved at indsamle og udbrede erfaringer og ny viden om faget til gavn for børn, elever, pædagoger og undervisere.

Centret er et tæt samarbejde mellem konsortiets deltagere: Aarhus Universitet, Københavns Universitet, Aalborg Universitet, Københavns Professionshøjskole og VIA University College. Centret placeres fysisk på Danmarks institut for Pædagogik og Uddannelse (DPU) i Emdrup, der er et institut under Aarhus Universitet.

SCOPE – National kortlægning af interesse for naturvidenskab og teknologi

En ny stor undersøgelse skal over de kommende 10 år belyse hvad der afgør børn og unges interesse og motivation for science. Undersøgelsen vil bl.a. se på de unges uddannelsesvalg, forældrenes

betydning og børn og unges sociale netværk.

Det er VILLUM FONDEN og Novo Nordisk Fonden der tilsammen har bevilget 21,3 mio. kr. til undersøgelsen, der skal give ny viden om børn og unges interesse for og deltagelse i naturvidenskab og teknologi og om de barrierer, der forhindrer nogle børn og unge i at engagere sig i naturvidenskab.

SCOPE gennemføres af et konsortium, der repræsenterer indsigter fra naturfagsdidaktik, sociologisk teori, økonomer-

Annonce

Videnskabsteori for Informatikfaget i gymnasiet

Skal du undervise i Informatik i gymnasiet, og kunne du tænke dig at opkvalificere dig inden for dette fags videnskabsteori?

Institut for Naturfagernes Didaktik udbyder foråret/sommeren 2020 et kursus i informatikkens videnskabsteori. Kurset er udviklet i samarbejde med fagkonsulent for informatikfaget, Kathrine Madsen, og dækker de videnskabsteoretiske dele af den fagpakke, der giver undervisningskompetence i informatikfaget i gymnasieskolen.

Kurset handler om både videnskabsteoretiske, juridiske og etiske emner af relevans for informatikfaget og vil undersøge og diskutere den rolle som informatik og datalogi spiller i det offentlige rum.

Kurset er en kombination af online-learning og et kort on-campus forløb 12.-14. august og vil blive afsluttet med et individuelt projekt der vil give de studerende mulighed for at relatere kursets indhold til undervisningspraksis.

Kurset udbydes som et 5 ECTS-sommerkursus af Københavns Universitet. Prisen afhænger af hvordan du tilmeldes.

Læs mere, se pris, og tilmeld dig her: www.ind.ku.dk/vtgym

KØBENHAVNS UNIVERSITET
INSTITUT FOR NATURFAGENES DIDAKTIK



tri, survey-metode og kvalitativ metode. Konsortiet består af:

- VIVE – Det nationale forsknings- og analysecenter for velfærd
- Institut for Naturfagernes Didaktik ved Københavns Universitet
- Læreruddannelserne ved Københavns Professionshøjskole
- VIA University College
- ASTRA – Det nationale naturfagscenter.

Læs mere på www.ind.ku.dk/scope.

Annonce

Er du lærer eller på vej til at blive det, og vil du ruste børn og unge til fremtidens udfordringer?



På den nye kandidatuddannelse i STEM-undervisning får du kompetencer til at udvikle den naturvidenskabelige undervisning i grundskolen.

Uddannelsesstart september 2020 – Ansøgningsfrist 1. juni

Læs mere om uddannelsen og hvordan du ansøger:
<https://studier.ku.dk/kandidat/stem-undervisning/>



Danske Professionshøjskoler
University Colleges Denmark



Nyt Center for Digital Uddannelse

Et nyt samarbejde mellem det datalogiske og det didaktiske felt skal øge forskningen i digitalisering af undervisning og uddannelse og bidrage til bedre brug af nye teknologier i uddannelsesverdenen.

Centeret er en fælles indsats mellem Datalogisk Institut og Institut for Naturfagernes Didaktik på Københavns Universitet. Centeret kombinerer på den måde ekspertise fra forskellige felter og skal fokusere på forskning i datalogididaktik, *learning analytics*, implementering af digitale værktøjer og læringsmiljøer, og digitale teknologiers indflydelse på STEM-fagene. Professor Morten Misfeldt er ansat som centerleder.

Centret har i begyndelsen af året modtaget 5,5 mio. kr. fra Novo Nordisk Fonden til i samarbejde med Aarhus Universitet og EduLab at øge forståelsen af hvordan matematiklærere kan udvikle synergier imellem programmering, *computational thinking* og matematiske digitale kompetencer i folkeskolen.

Læs mere på www.ind.ku.dk/cde.