

# MONIA

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



SYDDANSK UNIVERSITET



DET NATUR- OG BIOVIDENSKABELIGE FAKULTET  
KØBENHAVNS UNIVERSITET

2015-1

# 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 naturvidenskabelige område ved Roskilde Universitet, Det Sundhedsvidenskabelige Fakultet ved Københavns Universitet, Det Tekniske Fakultet og Det Naturvidenskabelige Fakultet ved Syddansk Universitet, Det Teknisk-Naturvidenskabelige Fakultet på Aalborg Universitet og Hovedområdet Science & Technology ved Aarhus Universitet.

### **Redaktion**

Jens Dolin, institutleder, Institut for Naturfagernes Didaktik (IND), Københavns Universitet (ansvarshavende)

Ole Goldbech, lektor, Professionshøjskolen UCC

Sebastian Horst, institutadministrator, IND, Københavns Universitet

Kjeld Bagger Laursen, redaktionssekretær, IND, Københavns Universitet

### **Redaktionskomité**

Jan Sølberg, lektor, Institut for Naturfagernes Didaktik, Københavns Universitet

Keld Nielsen, lektor, Center for Science Education, Aarhus Universitet

Lars Bang Jensen, videnskabelig assistent, Institut for Læring og Filosofi, Aalborg Universitet

Martin Niss, lektor, Institut for Natur, Systemer og Modeller, Roskilde Universitet

Morten Rask Petersen, adjunkt, Laboratorium for Sammenhængende Uddannelse og Læring, Syddansk Universitet

Rie Popp Troelsen, lektor, Institut for Kulturvidenskaber, Syddansk Universitet Steffen Elmose, lektor, Læreruddannelsen i Aalborg, University College Nordjylland Tinne Hoff Kjeldsen, lektor, Institut for Natur, Systemer og Modeller, Roskilde Universitet

MONA's kritikerpanel, som sammen med redaktionskomitéen varetager vurderingen af indsendte manuskripter, fremgår af [www.science.ku.dk/mona](http://www.science.ku.dk/mona).

### **Manuskripter**

Manuskripter indsendes elektronisk, se [www.science.ku.dk/mona](http://www.science.ku.dk/mona). Medmindre andet aftales med redaktionen, skal der anvendes den artikelskabelon i Word som findes på [www.science.ku.dk/mona](http://www.science.ku.dk/mona). Her findes også forfattervejledning. Artikler i MONA publiceres efter peer-reviewing (dobbelblindt).

### **Abonnement**

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

### **Produktionsplan**

MONA 2015-2 udkommer juni 2015. Deadline for indsendelse af artikler hertil: 19. februar 2015

Deadline for kommentarer, litteraturanmeldelser og nyheder hertil: 1. april 2015

MONA 2015-3 udkommer september 2015. Deadline for indsendelse af artikler hertil: 6. maj 2015.

Deadline for kommentarer, litteraturanmeldelser og nyheder hertil: 1. juli 2015

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

ISSN: 1604-8628. © MONA 2015. Citat kun med tydelig kildeangivelse.

# Indhold

- 4 Fra redaktionen
- 6 **Artikler**
- 7 At styre efter målet i matematik  
– hvad ved vi egentlig om elevers og læreres målorientering?  
*Rune Hansen*
- 24 Processer der forandrer  
– fagteamsamarbejde efter QUEST-modellen  
*Arne Mogensen, Birgitte Lund Nielsen og Martin Krabbe Sillasen*
- 49 Udfordringer ved undervisning i enzymer  
Bidrag fra det virtuelle laboratorium  
*Karen Skriver, Gert Dandanell, Jakob Hjorth von Stemann og Michael May*
- 66 **Aktuel analyse**
- 67 Hvad er kvalitet i matematik- og naturfagsundervisning?  
*Jens Dolin, Sebastian Horst og Keld Nielsen*
- 76 **Kommentarer**
- 77 Efter-/videreuddannelseseventyret – for matematiklærere  
*Vibe Aarkrog*
- 80 Der var engang en gang  
*Mikael Skånstrøm*
- 86 Når en matematikunderviser ser på matematik  
*Claus Jessen*
- 89 Folkeskolereformen og naturfag – vi står lidt stærkere nu  
*Christina Frausing Binou*
- 99 **Litteratur**
- 100 Metoder i naturfag – en antologi  
*Peter H Jensen*
- 102 Læring og interaktion i ph.d.-vejledning  
*Sofie Kobayashi*

# Fra redaktionen

Med et par velmente omskrivninger af Skjoldborgs smukke forårsvers kan vi nu, hvor vinteren rinder i grøft og i grav, allerførst udtrykke et fromt og generelt ønske om at folkeskolereformens lidt krøllede blade kan ranke sig i solen i det kommende år. Alt imens fortsætter vi her på redaktionen ufortrødent vores nu gennem 10 år forløbende virke med alle de naturfagsdidaktiske hakker, skovle og spader vi har til rådighed – og forsøger derved bl.a. at hjælpe reformen godt på vej.

Som sædvanlig bringer vi i dette nummer tre artikler med nye eksempler på hvad de nævnte skovle, spader og hakker har afdækket af forsknings- og undersøgelsesresultater. Den første er af Rune Hansen og har titlen *At styre efter målet i matematik* – hvad ved vi egentlig om elevers og læreres målorientering? Udgangspunktet er spørgsmålet om hvilken forskning der findes om sammenhænge mellem matematiklæreres målorientering, elevers målorientering og elevernes læringsmæssige udbytte. Artiklen er en sammenfatning af et systematisk review om målstyret kompetenceorienteret matematikundervisning og den stiller skarpt på hvordan elevers opfattelser af målstrukturer i klasserummet har indflydelse på deres målorientering. Den identificerer fire temaer fra den internationale forskning som relateres til den nye folkeskolereform.

I den næste, *Processer der forandrer – fagteamsamarbejde efter QUEST-modellen*, fokuserer Arne Mogensen, Birgitte Lund Nielsen og Martin Krabbe Sillasen på udbyttet af fagteamsamarbejde mellem lærere der deltog i det naturfaglige udviklingsprojekt QUEST. Kvantitative data fra spørgeskemaundersøgelser viser overvejende tilfredshed med forløb og udbytte, men kvalitative data fra fagteammøder og interviews på udvalgte caseskoler viser også at der er forskel på hvilke ideer til indhold og struktur der er taget op på den enkelte skole. Artiklen identificerer nogle fremmende og nogle hæmmende faktorer for samarbejde og implementering, og den diskuterer hvordan en institutionalisering af forandringsprocesserne bedst kan understøttes.

Endelig bringer vi *Udfordringer ved undervisning i enzymer – Bidrag fra det virtuelle laboratorium* af Karen Skriver, Gert Dandanell, Jakob Hjorth von Stemann og Michael May. Her drejer det sig om udfordringer i universitetsundervisning i det i biokemien centrale emne *enzymer*. Artiklen undersøger forståelsesvanskeligheder og udfordringer knyttet til dette område, og specielt om virtuelle øvelser er brugbare i denne kontekst. Forfatterne har afprøvet og deltaget i udviklingen af en virtuel øvelse i enzymkinetik. Det anvendte system *Labsters* virtuelle laboratorium omfatter læringsmuligheder baseret på animationer, quizzer og simuleringer. Undersøgelsens fokusgruppeinterviews med studerende på en række biokemikurser tyder på at virtuelle øvelser kan være relevante som supplement til teoretiske kurser eller som forberedelse til laboratorieøvelser.

I den Aktuelle Analyse, Hvad er kvalitet i matematik- og naturfagsundervisning? (som i øvrigt også er et oplæg til BigBang-konferencen 19.-20. marts, som MONA er arrangør af) diskuterer Jens Dolin, Sebastian Horst og Keld Nielsen de elementer der har betydning for om undervisning i matematik og naturfagene har kvalitet. Analysen slutter med at påpege at kvaliteten i klasseværelset hænger sammen med kvaliteten i resten af systemet, fx skoleledelsen og målbeskrivelser, og at de politiske beslutningers kvalitet – eller mangel på samme – er afgørende.

Vi bringer kommentarer til flere af indlæggene i sidste nummer af MONA. Thomas R.S. Albrechtsens og Jensens artikel om efter- og videreuddannelse af matematiklærere har fået to sæt reaktioner, en fra Vibe Aarkrog som ser på emnet ud fra en transfer-synsvinkel, og en fra Mikael Skaanstrøm der er professionelt involveret i tilrettelæggelse og kørsel af efter/videreuddannelsesforløb. Misfeldts og Willum Johansens artikel om forskningsmatematikeres tilgang til faget og relationerne mellem denne tilgang og skoleundervisningen i matematik får en kommentar fra en undervisnings'praktiker' i gymnasiet, nemlig Claus Jessen. Og Christina Frausing Binau som har været involveret i udformningen af folkeskolereformen kommenterer Iben Dalgaard's aktuelle analyse der netop beskæftigede sig med naturfagernes 'skæbne' i forbindelse med folkeskolereformen.

Endelig bringer vi en anmeldelse af Peter H. Jensen af den nye udgave af Eksperimentariums antologi, *Metoder i Naturfag*, og Sofie Kobayashi beskriver indholdet af sin ph.d. afhandling om læring og interaktion i ph.d.vejledning.

# Artikler

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

Artiklerne ligger inden for følgende kategorier:

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

# At styre efter målet i matematik

– hvad ved vi egentlig om elevers og læreres målorientering?



Rune Hansen,  
Professionshøjskolen UC  
Syddanmark & Institut for  
Uddannelse og Pædagogik,  
Aarhus Universitet

**Abstract:** *Hvilken forskningsbaseret viden kan identificeres om sammenhænge mellem matematiklæreres målorientering, elevers målorientering og elevernes læringsmæssige udbytte? Den nye skolereform i Danmark har skabt et øget fokus på mål i matematikundervisningen. Formålet med denne artikel er at beskrive potentialer og udfordringer ved mål i matematikundervisning. Artiklen er en sammenfatning af et systematisk review om målstyret kompetenceorienteret matematikundervisning og stiller skarpt på hvordan elevers opfattelser af målstrukturer i klasserummet har indflydelse på deres målorientering. Der identificeres fire temaer fra den internationale forskning som relateres til skolereformen.*

## Indledning

Som et led i mit ph.d.-projekt *Målstyret kompetenceorienteret matematikundervisning* har jeg udarbejdet et systematisk review med en narrativ syntese. Mit udgangspunkt var arbejdet med ydre mål i matematikundervisningen. Gennem analyser af målbeskrivelser i den internationale forskningslitteratur blev jeg opmærksom på den motivationsmæssige dimension ved mål der nødvendigvis må medtænkes ved udvikling af en målstyret matematikundervisning.

Med den nye skolereform fremhæves målstyret undervisning som et vigtigt redskab for lærere til at udvikle undervisning der fokuserer på elevers læringsudbytte. Der er tale om et paradigmeskifte fra tidligere læreplaner hvor målbeskrivelserne var relateret til undervisningen. Nu beskriver målene hvad elever skal kunne efter et bestemt trin. Læringsmålsstyret undervisning har fokus på elevernes læringsresultater. Inspireret af internationale forskningsresultater fremhæves målstyring i særlig grad i skolereformen (Undervisningsministeriet, 2014a). Læsningen af den internationale litteratur giver indblik i at studier af målorientering beskæftiger sig med elevers intentioner og/eller begrundelser for at engagere sig i forskellige læringssituationer samt undersøger elevers læring og præstationer i forhold til institutionelle faglige mål.

Artikelformatet i *MONA* har ikke muliggjort en uddybende redegørelse for reviewets metodiske dimension. Proceselementer skitseres i nedenstående tekstboks hvorefter centrale nedslag i processen udfoldes i det efterfølgende afsnit.

Min fremgangsmåde tager afsæt i anbefalinger for et systematisk review med en narrativ syntese (Dansk Clearinghouse for Uddannelsesforskning, 2013; Johannsen & Pors, 2013; Petticrew & Robert, 2006). Nedenstående faser indgår i anbefalingerne:

1. Jeg har oprettet en protokol for reviewet hvor specifikke forskningsspørgsmål indgår.
2. Beskrivelse af mine søgestrategier i udvalgte databaser.
  - a. Søgninger med kombinationer af søgeord af typen: mathematics education, learning goals, learning objectives, educational objectives, educational goals, goal based learning, goal orientation, goal setting.
  - b. Databaserne er bibliotek.dk, Bibsys, Den Danske Forskningsdatabase, Education Research Complete, ERIC (Educational Resources Information Center), MathEdu og Australian Education Index.
  - c. Der foretages søgninger på engelsk-, tysk-, svensk-, norsk- og dansksproget litteratur.
  - d. En indledende søgestreng i ERIC var: *if(mathematics education) AND if((barriers OR potential)) AND if((learning goals OR learning objectives)) OR if((educational objectives OR educational goals)) OR if((goal orientation OR goal setting)) OR if(goal based learning).*
3. Herefter fremkom jeg med sorteringskriterier for inkludering og ekskludering af forskningsresultater.
4. Data uddrages fra studier. Her sker der en ekstrahering af data fra de studier der inkluderes i reviewet.
5. Syntetisering hvor jeg udarbejder en narrativ syntese.

## Rammesætning af reviewet

Reviewet har til hensigt at skabe et overblik over eksisterende forskning i virkninger af målsætning i matematikundervisning. Følgende forskningsspørgsmål danner rammen for mit review:

*Hvilke potentialer og hæmmende faktorer kan der være for at arbejde med målstyrede logikker i grundskolens matematikundervisning?*

Det har ført frem til to underspørgsmål:



*Hvilke læringsfremmende og læringshæmmende virkninger kan faglig målsætning i matematikundervisning i grundskolen have?*

*Hvilke sammenhænge kan identificeres i litteraturen mellem matematiklæreres målorientering, elevers målorientering og elevernes læringsmæssige udbytte?*

I forskningsspørgsmålene skelnes mellem forskellige begreber omkring mål. Målstyrrede logikker henviser til den målstyringspræmis og de logikker for undervisning der er indlejret i folkeskoleloven. Her beskrives hvordan lærere løbende skal opstille og evaluere læringsmål som grundlag for undervisningens tilrettelæggelse (Folkeskoleloven, 2014). Faglig målsætning omhandler formulering af mål for elevers læring der kan bidrage til en effektiv og transparent læreproces (Keiding, 2013). Hvor målstyring drejer sig om at udpege en retning, relaterer målorientering sig til motiverende dynamikker i forhold til at nå et mål (Covington, 2000).

## Proceselementer ved reviewet

Min søgning fokuserer på elever i grundskolealderen i forhold til matematikdidaktiske aspekter, og der udvikles søgestrategier for en række databaser. Følgende inklusions- og eksklusionskriterier anvendes som pejlemærker for inkludering af tekster:

	Inklusionskriterier	Eksklusionskriterier
<b>Kriterium 1</b>	Matematikundervisning.	Uklart hvilket fag eller kontekst der undersøges. Andre faglige kontekster, fx billedkunst.
<b>Kriterium 2</b>	6-15-årige elever.	Forkerte aktører – fx ekskluderes studier med målgrupper hvor der ikke inddrages elever i den angivne aldersgruppe.
<b>Kriterium 3</b>	Målsætning der implementeres i en klassekontekst.	Målsætning der implementeres i en anden kontekst, fx netbaserede miljøer.
<b>Kriterium 4</b>	Målsætning der sættes i forhold til de centrale aktører i undervisningen (lærer og elever).	Målsætning der udelukkende sættes i forhold til andre aktører i skolens kontekst (fx forældre og ledelse).
<b>Kriterium 5</b>	Kvalitativ og kvantitativ forskning med eksplicit undersøgelsesdesign der matcher forskningsspørgsmålet.	Forsøgs-/udviklingsarbejder eller forskningsresultater uden eksplicit design.
<b>Kriterium 6</b>	Publiceret under review.	Ikke reviewede tekster.
<b>Kriterium 7</b>	Publiceret fra året 1995 og frem.	Publiceret før 1995.

Der fremkommer 150 tekster hvor 63 vurderes som værende relevante for forskningsspørgsmålet. I reviewet indgår både metastudier og singlestudier. Studierne er ikke vurderet i forhold til et evidenshierarki (Johannsen & Pors, 2013) da kausale effekter ikke er omdrejningspunktet for mit review. Jeg er optaget af at få etableret en række opmærksomhedsfelter ved målstyret matematikundervisning. Derfor er jeg lige så interesseret i viden genereret gennem casestudier som gennem RCT-studier.

Teksterne genlæses, og en proces svarende til den der benyttes ved dataekstrahering fra interview, anvendes til at kategorisere og kode de forskellige undersøgelser. Ved at gøre brug af en "åben kodning" registreres resultater fra de enkelte studier. Det fører til en fokuseret kodning hvor analysen er styret af min orientering mod målstyret kompetenceorienteret matematikundervisning i grundskolen. Kodningen er med til at skabe et perspektiv på de forskellige studier hvor nogle aspekter vælges frem for andre. Herefter laves en meningskondensering hvor studiets centrale fokus beskrives med et kort udsagn (Brinkmann & Kvale, 2008). Der udarbejdes en skematisk oversigt over studierne. Den er dog for omfattende at medtage i artiklen<sup>1</sup>. Nedenstående eksempel demonstrerer fremgangsmåden.

Singlestudie				
Reference	Metode	Deltagere	Meningskondensering	Kodning
(Linnenbrink, 2005)	Et kvasiexperimentelt studie hvor data bl.a. fremkom gennem elevspørgeskema, elevtest og lærerspørgeskema	237 elever fra 5. og 6. klasse (10 klasser) og 5 lærere i en amerikansk skolekontekst	Fokus på flersidige målstrukturer i et matematisk klasserum i forhold til elevers målorientering	Flersidige målstrukturer Klasserummets målstrukturer Målorientering

Linnenbrink (2005) er et singlestudie. I forbindelse med den fokuserede kodning og genlæsning af teksten rettes opmærksomheden mod de centrale resultater som undersøgelsen kan bidrage med i forbindelse med reviewet. Meningskondenseringen tydeliggør at studiet har fokus på elevers målorientering i forhold til det matematiske klasserum. På lignende vis kategoriseres meningsindholdet fra de 63 tekster, og der fremkommer fire centrale temaer. Forskningsoversigtens fund beskrives i det efterfølgende og relateres til de opstillede forskningsspørgsmål. Herefter beskrives

<sup>1</sup> Beskrivelsen af de forskellige tekster kan findes her: <http://kortlink.dk/ew6d>.

den sparsomme danske forskning på området, og til sidst udarbejdes en afsluttende perspektivering.

## Tema 1: måltypologier

Der er identificeret to centrale typer af mål i den internationale litteratur. Den ene type er præstationsorienterede mål (performance goals, ability goals, ego goals) hvor elever er optaget af at vise brugen af deres kompetencer. Typen omtales efterfølgende som *præstationsmål*. Den anden kategori er lærings- og mestringsorienterede mål (learning goals, mastery goals, task goals) hvor elever er optaget af at udvikle deres kompetencer. Typen omtales som *læringsmål* (Grant & Dweck, 2003; Meece, Anderman & Anderman, 2006; Rolland, 2012).

Præstationsmål er karakteriseret ved at elever er optaget af at vise deres evner set i forhold til deres klassekammerater (Patrick, Kaplan & Ryan, 2011; Rolland, 2012). Præstationsmål afspejler en værdsættelse af evner og normativt højt udbytte i klasserummet. Her er elever optaget af sig selv og hvordan andre opfatter dem i lærings-situationen (Ames & Archer, 1988; Skaalvik, 1997). Der skelnes dog mellem en offensiv og en defensiv tilgang. Ved en offensiv tilgang har eleven fokus på at opnå succes mens eleven med en defensiv tilgang fokuserer på at undgå nederlag (Belenky & Nokes-Malach, 2013; Middleton & Midgley, 1997).

Studier viser at offensive præstationsmål er positivt relateret til elevers selvforståelse, holdninger og fastholdelse af resultater. Samtidig er der en positiv sammenhæng med arbejdsindsats. Der er ikke fundet konsistente sammenhænge mellem elevers offensive præstationsorientering og henholdsvis fordybelse og indre motivation (Midgley, Kaplan & Middleton, 2001).

Undersøgelser af defensiv præstationsorientering viser at elever forsøger at undgå negative vurderinger af deres evner ved at anvende forskellige afværgestrategier, som at fjolle rundt, forhale opgaveløsningen, snyde og undgå at bede om hjælp (Meece et al., 2006; Patrick et al., 2011). En defensiv tilgang har tydeligvis negativ indflydelse på elevers indre motivation og udbytte (Rolland, 2012).

Læringsmål er karakteriseret ved at elever er optaget af at udvikle deres kompetencer gennem en iterativ læreproces (Rolland, 2012; Wolters, 2004). Ved en orientering mod læringsmål er elever interesseret i at udvikle egne evner, mestre en færdighed eller forsøge at opnå noget udfordrende. Succeskriterier er relateret til selvforbedring (Meece et al., 2006).

## Tema 2: betydning af elevers målorientering for læringsintentioner og læringsudbytte

Motivation kan anskues som værende mål der driver elever mod handling. Handlinger gives mening, retning og formål med afsæt i de mål eleven orienterer sig efter (Covington, 2000). Elevers valg af læringsstrategier kan relateres til hvorvidt eleverne orienterer sig mod læringsmål eller præstationsmål (Ames & Archer, 1988).

Elevers orientering mod præstationsmål kan føre til overfladiske læringsstrategier som udenadslære og manglende relationel forståelse (Patrick et al., 2011). Præstationsmål er desuden relateret til en lyst til at arbejde alene og mindre villighed til at arbejde sammen med klassekammerater. Det gælder især når kammeraten anses for værende på et andet fagligt niveau (Midgley et al., 2001).

Ved en defensiv orientering mod præstationsmål benytter elever sig af selvvalgte læringshæmmende strategier. Elever beskytter sig ved at være tilbageholdende med deres indsats når de risikerer fiasko. Hvis fiaskoen skulle forekomme, vil der ikke være en entydig forklaring da det ikke kun kan tillægges inkompetence, men også at man ikke har prøvet tilstrækkeligt (Skaalvik, 1997; Bong, 2009).

Elever med en præstationsorienteret tilgang har en præference for lette opgaver. De er optaget af at blive hurtigt færdige med opgaverne i stedet for at reflektere over dem. De giver let op, undgår at søge hjælp og undlader at rette fejl og fejltagelser (Turner, Thorpe & Meyer, 1998; Turner et al., 2002; Wolters, 2004).

Undersøgelser viser at orientering mod læringsmål er positivt relateret til selvtilid, arbejdsindsats, brug af effektive læringsstrategier og lyst til at lære (Patrick et al., 2011; Linnenbrink, 2005). Elever med en læringsorienteret tilgang har en tendens til oftere at anvende kognitive og metakognitive strategier end andre elever (Wolters, 2004). De er bevidste om det der skal læres, og sætter sig mål for læringen (Alhija & Amasha, 2012; Middleton & Midgley, 1997).

I forbindelse med elevers læringsudbytte er der forskellige resultater. Præstationsmål har en positiv sammenhæng med elevresultater som karakterer og testscore (Midgley et al., 2001). En positiv sammenhæng mellem resultater og en orientering mod læringsmål er derimod ikke entydig. Nogle undersøgelser finder ingen sammenhæng (Meece et al., 2006) mens andre finder positive relationer mellem læringsmål og faglige resultater (Rolland, 2012). Der kan være flere forklaringer på den manglende konsistens. De anvendte tests kan eksempelvis være dårlige målingsredskaber i forhold til den dybdelæring eleverne har udviklet (Linnenbrink, 2005; Wolters, 2004).

Alder har tydeligvis indflydelse på elevers målorientering. Bong (2009) viser at yngre elever er mere orienteret mod læringsmål end mod offensive præstationsmål. Jo ældre elever bliver, desto bedre evner eleverne at møde differentierede målorien-

teringer (Midgley et al., 2001; Bong, 2009). Rolland (2012) beskriver at der er tegn på at flersidige målorienteringer ikke er kompatible hos yngre elever, og identificerer 6. klassetrin som en kritisk overgangsperiode for arbejdet med målstrukturer. Andre studier argumenterer for at der er en negativ effekt ved overgange fra begyndertrinnet til mellemtrinnet hvor målorienteringen ofte bevæger sig fra læringsmål mod præstationsmål (Meece et al., 2006; Midgley et al., 2001).

Overgangen til et nyt læringsmiljø i en ny klasse kan bevirke at elever orienteret mod præstationsmål får aktiveret deres frygt for nederlag og dermed påtager sig en defensiv position. Eksempelvis kan elever med en offensiv tilgang til præstationsmål ved et miljøskifte ændre deres målorientering til en defensiv position. Derfor er miljøskifte et relevant opmærksomhedsfelt i forhold til elevers målorientering (Middleton et al., 2004).

### Tema 3: klasserummets betydning for udvikling af flersidige målorienteringer hos elever

I en del studier er præstationsmål og læringsmål opstillet som hinandens modsætninger. Men en nyere norsk undersøgelse viser at de to måltyper stort set er uafhængige af hinanden (Skaalvik & Skaalvik, 2013). Det virker ikke til at offensivt orienterede præstationsmål mindsker det givtige ved læringsmål (Rolland, 2012). De to aspekter udelukker ikke hinanden, men en høj læringsmålsorientering kan til en vis grad være en beskyttelse mod de negative elementer ved præstationsmål (Lee, Ning & Goh, 2014). En amerikansk undersøgelse af elever på mellemtrinnet i matematik viser at når præstationsmål stiger i forhold til læringsmål, beskriver eleverne sig som mindre selvregulerende, og de negative effekter ved præstationsmål øges (Turner et al., 1998).

Forskere har udviklet forskellige perspektiver i arbejdet med at forstå flersidig målorientering. Begreberne målmønstre (Harackiewicz et al., 2002), målnet (Ng, 1999) og målprofiler (Schwinger & Wild, 2012) anvendes til at beskrive hvorledes elever vurderer mål i forhold til en given situation og efterfølgende tager afsæt i et specifikt mål. Eksempelvis kan elever være orienteret mod et læringsmål når de arbejder med et matematisk problem i en klassekontekst, mens de er orienteret mod et præstationsmål når de forbereder sig til afgangsprøven.

Elevers målorientering baserer sig ofte på ydre påvirkninger. Læreres praksis og klasserummets normer, regler og rutiner bidrager til elevers opfattelser af målstrukturer. Klasserummets målstrukturer er afgørende for etablering af elevers egne mål. Hvis der i en klasse fokuseres på læringsmål, orienterer elever sig ofte mod læringsmål. Tilsvarende for en præstationsorienteret tilgang (Meece et al., 2006; Rolland, 2012). Elever fortolker og reagerer forskelligt på deres oplevelser og erfaringer i klasserummet hvilket påvirker deres målorientering (Ames & Archer, 1988; Friedel, Cortina,

Turner & Midgley, 2007). Samtidig er elevers syn på klasserummets målstrukturer ikke statiske størrelser, men ændres over tid (Rolland, 2012).

Hvis lærere opfatter skolen som orienteret mod præstationsmål, vil de ofte også orientere sig mod præstationsmål i klasserummet. Tilsvarende for læringsmål. Hvis lærerens selvforståelse er at vedkommende er kompetent til sit arbejde, kan det skærme lærerens orientering mod læringsmål hvis skolen fremhæver konkurrence, evner og synlige resultater. Derimod vil lærere med en lav selvforståelse have en tendens til at være modtagelige over for omgivelsernes krav og ændre undervisningens orientering mod præstationsmål (Cho & Shim, 2013).

I forbindelse med hvad lærere roser, og hvem de roser, signaleres en bestemt målstruktur. Elevers opfattelse af hvordan de anerkendes og respekteres af lærerne, har indflydelse på deres forståelse af målstrukturer i klassen (Skaalvik & Skaalvik, 2013). Elever oplever ofte en større grad af lærerstøtte når der er fokus på læringsmål i klasserummet. Lærerstøtte har også effekt på elevers opfattelse af egne evner, selvtillid og forventninger om succes (Patrick et al., 2011). Lærere skaber kontekster der enten fremmer eller hæmmer afværgestrategier. I matematiske klasserum hvor lærere er optaget af overfladelæring og er meget lidt støttende, beskriver flere elever brugen af afværgestrategier (Turner et al., 2002).

Undersøgelser viser også at tidspres i en undervisningssituation har indflydelse på læreres beslutninger i klasserummet. Fornemmelsen af tidspres er en alvorlig forhindring i forbindelse med at praktisere en læringsorienteret undervisning. Det bevirker at læreren træffer nogle valg ved eksempelvis kort at omtale noget hvorefter vedkommende går videre. Tidspres kan dermed kompromittere nogle af lærerens intentioner med undervisningen (Leong & Chick, 2011).

## Tema 4: evalueringens betydning for elevers og læreres målorientering

McNeil & Alibali (2000) betoner at hvis læreren hjælper elever med at identificere et betydningsfuldt mål i matematik, vil målet være særlig fremtrædende for eleverne. Når elever introduceres for mål, vil de præstere bedre og udvikle en større forståelse end elever uden mål. Mål er medvirkende til at styre elevers opmærksomhed og handlinger. Samtidig er elevers målorientering afhængig af de evalueringsformer der anvendes i undervisningen. John Hattie (2009) beskriver at feedback er identificeret som en væsentlig faktor for at forbedre læring og undervisning i klasserummet. Hattie & Timperley (2007) betoner at de mest effektive former for feedback relaterer sig til mål og/eller giver elever råd til opgaveløsning. Feedback har størst effekt når målene både er tydelige og udfordrende. Hattie & Timperley introducerer tre centrale spørgsmål der synliggør nødvendigheden af mål i evalueringssammenhænge:

- “Hvor er jeg på vej hen?” – Hvad er målene? (Feed up).
- “Hvordan klarer jeg mig?” – Hvilke fremskridt er der tale om i forhold til målene? (Feed back).
- “Hvor skal jeg hen herfra?” – Hvilke aktiviteter skal iværksættes for at gøre fremskridt? (Feed forward).

Spørgsmålene er ikke isolerede enheder, men skal ansues for en samlet tilgang til evaluering der giver elever mulighed for at nå målet.

I et tysk kvasikvalitativt studie undersøges betydningen af feedback for elevers målorientering i matematik (Rakoczy, Harks, Klieme, Blum & Hochweber, 2013). Med afsæt i en operationalisering af Hattie & Timperleys model for feedback viser Rakoczy et al. at procesorienteret feedback får elever til at føle sig støttet i deres kompetenceudvikling. Det relaterer sig til en øget interesse, men ikke en forbedring af deres resultater. Især elever med en orientering mod læringsmål har en opfattelse af feedbacks brugbarhed. Undersøgelsen tydeliggør at det er vigtigt at læreren gør eleverne opmærksomme på de forbedringsmuligheder feedback giver dem. Hvis feedback samtidig skal være effektiv, er det nødvendigt at den er på linje med elevers læringsforståelse. Derfor skal man være opmærksom på at feedback måske ikke bliver lige så effektiv ved elever der er orienteret mod præstationsmål, som ved elever orienteret mod læringsmål.

Et eksperimentelt amerikansk studie af elever på mellemtrinnet viser at forskellige tilgange til evaluering har indflydelse på elevers målorientering. Hvis der er fokus på at etablere en kontrakt mellem elev og lærer hvor eleven er med til at opsætte mål for egen læring, bliver eleven orienteret mod læringsmål. Selvom elever i en kontraktssituation både opsætter læringsmål og præstationsmål, er der signifikant flere læringsmål end præstationsmål (Self-Brown & Mathews, 2003).

## Opsamling af de internationale resultater i forhold til forskningsspørgsmålene

Opsamlingen relateres til den kompetencetænkning der er inddraget i udvikling af indholdsområderne i grundskolens matematikundervisning. Her defineres matematisk kompetence som udvikling af en indsigtfuld parathed hos eleven til at handle i matematiske situationer. Samtidig skal eleven udvikle autonomi så vedkommende kan begå sig med gennemslagskraft, overblik, sikkerhed og dømmekraft i forskellige matematikrelaterede situationer (Niss & Jensen, 2002). Hvis eleverne skal udvikle deres matematiske kompetence, viser reviewet at det er vigtigt at de opmuntres til at orientere sig mod læringsmål for at kunne håndtere udfordrende matematiske aktiviteter. Orientering mod læringsmål vil anspre elever til at fordybe sig i arbejdet

med modellerende, problembehandlende og ræsonnerende aktiviteter inden for de matematiske stofområder. Det er eksempelvis ikke tilstrækkeligt at eleven kan løse matematiske opgaver om størrelsesforhold. Vedkommende skal også kunne forklare begrebet, anvende det i nye undersøgelser og vurdere om resultaterne giver mening i den pågældende situation.

Et kendskab til de to centrale måltyper kan være et relevant redskab for matematiklærere når de planlægger deres undervisning med en målstyret logik ved løbende at opstille og evaluere læringsmål. Det kan hjælpe lærerne med at fortolke elevers læringsstrategier i matematikundervisningen.

Der er indikationer på at det er befordrende for elevers læring at læreren får konkretiseret betydningsfulde læringsmål for eleverne. Når elever er bevidste om målet, kan det være med til at styre deres opmærksomhed og handlinger i forbindelse med læreprocessen. Samtidig bør lærerens feedback fokusere på forbedringsmuligheder for eleverne. Det vil få eleverne til at føle sig støttet i deres kompetenceudvikling.

Analysen af teksterne har også identificeret en række negative opmærksomhedsfelter i forhold til at inddrage målstyring i grundskolens matematikundervisning. En øget testkultur vil kunne føre til at lærernes målorientering og klasserummets målstruktur ensidigt vil fokusere på præstationsmål. Det kan virke hæmmende for nogle elevers matematiske læring da de bliver mere optaget af at udvikle afværgestrategier end af at mestre matematikken. Derfor vil en hæmmende faktor for at arbejde med målstyrede logikker i grundskolens matematikundervisning være opbygning af en målstruktur i klasserummet hvor målene udelukkende relaterer sig til præstationsmål.

## Dansk forskning inden for faglig målsætning

I forbindelse med litteratursøgningen fremkom der også danske studier der omhandler faglig målsætning i matematik. De er medtaget i et særligt afsnit i denne artikel da Undervisningsministeriet (2014b) på sin side omkring skolereformen flere steder henviser til dem.

Danmarks Evalueringsinstituts undersøgelse af læreres brug af Fælles Mål fremkommer med en række pointer i forbindelse med læreres målorientering i praksis. I rapporten skelnes der ikke mellem de to typer af målorientering. Det tydeliggøres at læringsmål relaterer sig til hvad eleven skal lære, og lærerens bevidsthed om hvornår og hvordan eleven har lært det. I forhold til matematikundervisning viser rapporten at det er lærebogen som er målsættende for undervisningen, og ikke Fælles Mål eller matematiklæreren. Der er mere fokus på hvad eleverne skal lave, end hvad de skal lære. Undersøgelsen indikerer at begrebet mål opfattes forskelligt blandt lærere. Samtidig er målsætningsarbejdet kendetegnet ved at være en indre proces hvor lærerne ikke



ekspliciterer målene for undervisningen. Hverken lærere eller ledere ser mål som en forudsætning for at skabe kvalitet i undervisningen (Danmarks Evalueringsinstitut, 2012).

I 2011 kommer SFI med en rapport der belyser skoleledelse af danske folkeskoler. Her indgår en række beskrivelser af mål og målstyring (Pedersen, Rosdahl, Winter, Langhede & Lynggaard, 2011). I en analyse af Fælles Mål beskrives målene som værende mere pejlemærker end konkrete operationelle mål. Definitionen af elevens læring signalerer en tydelig orientering mod præstationsmål.

Vi vil bruge udtrykket *elevens læring* først og fremmest som betegnelse for de faglige kvalifikationer, som eleven har tilegnet sig, og som dokumenteres (måles) i form af karakterer i fagene ved hjælp af prøver og test. Ordet læring bruges således her om læringsudbyttet og ikke som betegnelse for læreprocessen. (Pedersen et al., 2011, s.102)

Med afsæt i datamaterialet udgiver SFI yderligere en rapport. Et interessant resultat er at der ikke kan identificeres en sikker sammenhæng mellem fokus på præstationsmål og elevens læring (Nielsen & Hvidman, 2011). SFI's undersøgelse efterfølges af en undersøgelse af lærere, undervisning og elevpræstationer i folkeskolen (Winter & Nielsen, 2013). Som udtryk for elevernes faglige præstationer anvender undersøgelsen elevernes individuelle karakterer i de skriftlige afgangsprøver i dansk og matematik. Elevens matematiske præstation bliver gennemsnittet af eksamens karakterer i problemløsning og færdighedsregning (Mikkelsen & Lynggaard, 2013). I min optik er det problematisk at undersøgelsen ikke tager hensyn til kompetencetænkningen i matematik og udelukkende identificerer matematisk faglighed ved hjælp af de beskrevne parametre.

Rapporten har også undersøgt lærernes evaluering af elever med afsæt i anvendelse af tests og individuel feedback. Undersøgelsen kan ikke finde en positiv sammenhæng mellem individuel feedback til eleven og vedkommendes faglige præstationer (Andersen, 2013). Samtidig finder undersøgelsen at brugen af tests har en positiv sammenhæng med elevernes faglige præstationer. Jo flere tests eleverne får, desto bedre bliver deres karakterer. I undersøgelsen fremgår det ikke tydeligt hvad lærere forstår ved testbegrebet. Eksempelvis kan nogle lærere betragte afleveringsopgaver som tests, hvilket undersøgelsen ikke har mulighed for at afklare (Andersen, 2013).

## Konkluderende og perspektiverende bemærkninger

Resultater fra internationale studier kan ikke uden videre overføres til en dansk skolekontekst da en række sociokulturelle forhold har indflydelse på læringsmiljøet i en

klasse. De kan dog være med til at skabe en række opmærksomhedsfelter i forhold til en målstyret kompetenceorienteret matematikundervisning.

Reviewet tydeliggør at når der fokuseres på en målstyret matematikundervisning, er der både læringsfremmende og læringshæmmende aspekter. Lærere bør være bevidste om at der eksisterer forskellige måltyper. Der er potentialer ved at fremme en flersidig målstruktur i klasserummet hvor både præstationsmål og læringsmål inddrages. Elevers målorientering baserer sig ofte på ydre påvirkninger. Derfor vil en afbalanceret tilgang til de to måltyper være meningsfuld.

En målstyret kompetenceorienteret matematikundervisning vil have fokus på læringsmål. Samtidig skal der også udarbejdes målbare mål. Ainley, Pratt & Hansen (2006) beskriver her et planlægningsparadoks. På den ene side kan et meget specifikt læringsmål bevirke at lærere vælger opgaver der både er uinteressante for eleverne og matematisk fattige. På den anden side kan undervisning være planlagt med afsæt i engagerende opgaver hvor elevernes aktivitet er central. Det kan føre til en manglende fokusering på bestemte læringsmål hvilket gør dem vanskelige at evaluere. Foster (2013) advarer mod et reduktionistisk pædagogisk paradigme hvor matematikfaget nedbrydes i talrige små færdigheder og vidensstykker der undervises i på en separat og sekventiel måde. En konsekvens vil være at undervisningen tilrettelægges i lektioner hvor hver lektion har et let målbart mål. Det kan medføre at et meget specifikt mål introduceres ved begyndelsen af lektionen hvorefter elever regner opgaver. Der er tale om en form for målstyring på mikroniveau hvor elever ofte udvikler en instrumentel forståelse. Foster beskriver det som "hitting the target but missing the point" (Foster, 2013, s. 576).

Perspektiverne for læreres målsætningsarbejde er interessante at koble til beskrivelserne af præstationsmål og læringsmål. Man kunne forestille sig at et øget fokus på præstationsmål vil føre til en reduktionistisk tilgang til matematikfaget. Vi bryder faget ned i meget små faglige enheder hvorefter vi glemmer at skabe koblinger mellem de forskellige elementer. Ved at henvise til ændringer af målene for matematik i USA så de bliver mere målbare, stiller Midgley et al. (2001) sig spørgende til om præstationsmål er ved at fordrive læringsmål fra skolen. Et tilsvarende spørgsmål kan rejses i en dansk skolekontekst hvor aftaleteksten om et fagligt løft af folkeskolen beskriver at "*Målene for elevernes faglige udvikling vil blive opgjort på baggrund af elevernes resultater i de nationale test*" (Aftale om et fagligt løft af folkeskolen, 2013, s. 23). Formuleringen skaber et interessant perspektiv på de forenklede Fælles Mål: Udvikler de beskrevne læringsmål sig til præstationsmål?

SFI-rapporten fra 2013 viser at tests virker, og feedback ikke virker. Den internationale forskning viser at det især er elever orienteret mod læringsmål der finder feedback anvendelig. Hvis feedback skal være effektiv, er det nødvendigt at den er på linje med elevers læringsforståelse. Elevers målorientering bliver derfor en væsentlig

betingelse for effektiviteten i feedbacken. At tests virker, er uproblematisk i sig selv, men følgevirkningerne kan være meget problematiske. En øget fokusering på testdimensionen i matematikundervisning vil få elever til at rette deres opmærksomhed mod præstationsmål. Samtidig vil elever udvikle flere afværgestrategier hvilket er stærkt læringshæmmende. Skaalvik & Skaalvik (2013) stiller sig spørgende til om den nuværende betoning af ansvarlighed og testresultater i norske skoler kan føre til at elever opfatter skolen som værende mere præstationsorienteret. Tilsvarende er der i Danmark en optagethed af målbare resultater og evidensbaseret viden. Det kan føre til at skoler ubevidst orienterer sig mod præstationsmål. Reviewet fremkommer med indikationer på at en ydre optagethed af målingsstyrede elementer kan få lærere til at etablere læringsmiljøer der i høj grad fokuserer på præstationsmål.

Spørgsmålet er om idéen om en **målstyret kompetenceorienteret matematikundervisning** risikerer at ende som en **målingsstyret færdighedsorienteret matematikundervisning**. Den internationale forskning giver en række indikationer på at det godt kan blive tilfældet. Det vil være en alvorlig hæmmende faktor.

Som det fremgår af artiklen, er jeg blevet opmærksom på en række begrebsmæssige skel i forhold til at arbejde med mål i matematikundervisningen. Jeg håber at min sammenfatning og systematisering af elementer fra forskningslitteraturen kan være med til at skabe opmærksomhedsfelter for matematiklærere i grundskolen der arbejder på at udvikle en målstyret matematikundervisning. I min optik er det ikke helt så enkelt som det umiddelbart beskrives i forbindelse med de forenkledede Fælles Mål. Det er ikke tilstrækkeligt at konkretisere målene for eleverne og efterfølgende sætte kurs mod disse mål. Som matematiklærer skal man være bevidst om hvordan eleverne reagerer på et øget fokus på mål i klasserummet. Vil de automatisk styre efter den fastlagte kurs? Eller vil de orientere sig mod helt andre mål?

## Referencer

Aftale om et fagligt løft af folkeskolen. (7. juni 2013)

Lokaliseret den 15. januar 2015 på

<https://www.uvm.dk/~media/UVM/Filer/Folkeskolereformhjemmeside/2014/Oktober/141010%20Endelig%20aftaletekst%207.6.2013.pdf>

Ainley, J., Pratt, D. & Hansen, A. (2006). Connecting Engagement and Focus in Pedagogic Task Design. *British Educational Research Journal*, 32(1), s. 23-38.

Alhija, F.N.-A. & Amasha, M. (2012). Modeling Achievement in Mathematics: The Role of Learner and Learning Environment Characteristics. *Educational Research and Evaluation*, 18(1), s. 5-35.

Ames, C. & Archer, J. (1988). Achievement Goals in the Classroom: Students' Learning Strategies and Motivation Processes. *Journal of Educational Psychology*, (3), s. 260-267.

- Andersen, I.G. (2013). Undervisningsformer og -metoder. I: S.C. Winter & V.L. Nielsen (red.), *Lærere, undervisning og elevpræstationer i folkeskolen* (s.105-135). København: SFI – Det Nationale Forskningscenter for Velfærd.
- Belenky, D.M. & Nokes-Malach, T.J. (2013). Mastery-Approach Goals and Knowledge Transfer: An Investigation into the Effects of Task Structure and Framing Instructions. *Learning and Individual Differences*, (25), s. 21-34.
- Bong, M. (2009). Age-Related Differences in Achievement Goal Differentiation. *Journal of Educational Psychology*, 101(4), s. 879-896.
- Brinkmann, S. & Kvale, S. (2008). *InterView – introduktion til et håndværk*. København: Hans Reitzels Forlag.
- Cho, Y. & Shim, S.S. (2013). Predicting Teachers' Achievement Goals for Teaching: The Role of Perceived School Goal Structure and Teachers' Sense of Efficacy. *Teaching and Teacher Education*, vol. 32, s. 12-21.
- Covington, M.V. (2000). Goal Theory, Motivation, and School Achievement: An Integrative Review. *Annual Review of Psychology*, 51, s. 171-200.
- Danmarks Evalueringsinstitut. (2012). *Fælles Mål. En undersøgelse af lærernes brug af Fælles Mål*. Danmarks Evalueringsinstitut.
- Dansk Clearinghouse for Uddannelsesforskning. (2013). *Dansk Clearinghouse for Uddannelsesforskning, Institut for Uddannelse og Pædagogik (DPU), Aarhus Universitet*. Hentet 12.5.2014 fra [http://edu.au.dk/fileadmin/edu/Udgivelser/Clearinghouse/Konceptnotat\\_Clearinghouse\\_2013.pdf](http://edu.au.dk/fileadmin/edu/Udgivelser/Clearinghouse/Konceptnotat_Clearinghouse_2013.pdf).
- Folkeskoleloven. (17. september 2014). Hentet fra Retsinformation: <https://www.retsinformation.dk/Forms/r0710.aspx?id=163970>.
- Foster, C. (2013). Resisting Reductionism in Mathematics Pedagogy. *The Curriculum Journal*, 24(4), s. 563-585.
- Friedel, J.M., Cortina, K.S., Turner, J.C. & Midgley, C. (2007). Achievement Goals, Efficacy Beliefs and Coping Strategies in Mathematics: The Roles of Perceived Parent and Teacher Goal Emphases. *Contemporary Educational Psychology*, (32), s. 434-458.
- Grant, H. & Dweck, C. (2003). Clarifying Achievement Goals and Their Impact. *Journal of Personality and Social Psychology*, (3), s. 541-553.
- Harackiewicz, J.M., Barron, K.E., Pintrich, P.R., Elliot, A.J. & Thrash, T.M. (2002). Revision of Achievement Goal Theory: Necessary and Illuminating. *Journal of Educational Psychology*, 94(3), s. 638-645
- Hattie, J. (2009). *Visible Learning: A Synthesis of Over 800 Meta-Analyses Relating to Achievement*. Routledge.
- Hattie, J. & Timperley, H. (2007). The Power of Feedback. *Review of Educational Research*, 77(1), s. 81-112.
- Johannsen, C.G. & Pors, N.O. (2013). *Evidens og systematisk review – en introduktion*. Frederiksberg C: Samfundslitteratur.

- Keiding, T.B. (2013). Læringsmålorienteret didaktik. I: A. Qvortrup & M. Wiberg (red.), *Læringsteori og didaktik* (s. 374-394). København: Hans Reitzel.
- Lee, K., Ning, F. & Goh, H.C. (2014). Interaction between Cognitive and Non-Cognitive Factors: The Influences of Academic Goal Orientation and Working Memory on Mathematical Performance. *Educational Psychology*, 34(1), s. 73-91.
- Leong, Y.H. & Chick, H.L. (2011). Time Pressure and Instructional Choices when Teaching Mathematics. *Mathematics Education Research Journal*, 23(3), s. 347-362.
- Linnenbrink, E.A. (2005). Contexts to Promote Students' Motivation and Learning. *Journal of Educational Psychology*, (97), s. 197-213.
- McNeil, N.M. & Alibali, M.W. (2000). Learning Mathematics From Procedural Instruction: Externally Imposed Goals Influence What Is Learned. *Journal of Educational Psychology*, 92(4), s. 734-744.
- Meece, J.L., Anderman, E.M. & Anderman, L.H. (2006). Classroom Goal Structure, Student Motivation, and Academic Achievement. *Annual Review of Psychology*, 57, s. 487-503.
- Middleton, M.J. & Midgley, C. (1997). Avoiding the Demonstration of Lack of Ability: An Underexplored Aspect of Goal Theory. *Journal of Educational Psychology*, 89(4), s. 710-718.
- Middleton, M.J., Kaplan, A. & Midgley, C. (2004). The Change in Middle School Students' Achievement Goals in Mathematics over Time. *Social Psychology of Education*, (7), s. 289-311.
- Midgley, C., Kaplan, A. & Middleton, M. (2001). Performance-Approach Goals: Good For What, For Whom, Under What Circumstances, and At What Cost? *Journal of Educational Psychology*, 93(1), s. 77-86.
- Mikkelsen, M.F. & Lynggaard, M. (2013). Datamateriale og metoder. I: S.C. Winter & V.L. Nielsen (red.), *Lærere, undervisning og elevpræstationer i folkeskolen* (s. 51-85). København: SFI – Det Nationale Forskningscenter for Velfærd.
- Ng, C.-h. (1999). Adolescent Students' Multiple Goals in Learning Mathematics. *Paper presented at the Annual Meeting of the Australian Association for Research in Education and the New Zealand Association for Research in Education*.
- Nielsen, V.L. & Hvidman, U. (2011). Faglig målstyring og opfølgning. I: S.C. Andersen & S.C. Winter (red.), *Ledelse, læring og trivsel i folkeskolerne* (s. 87-94). København: SFI – Det Nationale Forskningscenter for Velfærd.
- Niss, M. & Jensen, T.H. (2002). *Kompetencer og matematiklæring. Ideer og inspiration til udvikling af matematikundervisning i Danmark*. Undervisningsministeriet.
- Patrick, H., Kaplan, A. & Ryan, A.M. (2011). Positive Classroom Motivational Environments: Convergence Between Mastery Goal Structure and Classroom Social Climate. *Journal of Educational Psychology*, 103(2), s. 367-382.
- Pedersen, M.J., Rosdahl, A., Winter, S.C., Langhede, A.P. & Lynggaard, M. (2011). *Ledelse af folkeskolerne. Vilkår og former for skoleledelse*. København: SFI – Det Nationale Forskningscenter for Velfærd.

- Petticrew, M. & Robert, H. (2006). *Systematic Reviews in the Social Sciences: A Practical Guide*. Blackwell Publishing Ltd.
- Rakoczy, K., Harks, B., Klieme, E., Blum, W. & Hochweber, J. (2013). Written Feedback in Mathematics: Mediated by Students' Perception, Moderated by Goal Orientation. *Learning and Instruction, (27)*, s. 63-73.
- Rolland, R. (2012). Synthesizing the Evidence on Classroom Goal Structures in Middle and Secondary Schools: A Meta-Analysis and Narrative Review. *Review of Educational Research, (4)*, s. 396-435.
- Schwinger, M. & Wild, E. (2012). Prevalence, Stability, and Functionality of Achievement Goal Profiles in Mathematics from Third to Seventh Grade. *Contemporary Educational Psychology, (37)*, s. 1-13.
- Self-Brown, S.R. & Mathews, S.I. (2003). Effects of Classroom Structure on Student Achievement Goal Orientation. *The Journal of Educational Research, 97(2)*, s. 106-111.
- Skaalvik, E.M. (1997). Self-Enhancing and Self-Defeating Ego Orientation: Relations With Task and Avoidance Orientation, Achievement, Self-Perceptions, and Anxiety. *Journal of Educational Psychology, 89(1)*, s. 71-81.
- Skaalvik, E.M. & Skaalvik, S. (2013). School Goal Structure: Associations with Students' Perceptions of Their Teachers as Emotionally Supportive, Academic Self-Concept, Intrinsic Motivation, Effort, and Help Seeking Behavior. *International Journal of Educational Research, (61)*, s. 5-14.
- Turner, J.C., Midgley, C., Meyer, D.K., Gheen, M., Anderman, E.M., Kang, Y. et al. (2002). The Classroom Environment and Students' Reports of Avoidance Strategies in Mathematics: A Multimethod Study. *Journal of Educational Psychology, 94(1)*, s. 88-106.
- Turner, J.C., Thorpe, P.K. & Meyer, D.K. (1998). Students' Reports of Motivation and Negative Affect: A Theoretical and Empirical Analysis. *Journal of Educational Psychology, 90(4)*, s. 758-771.
- Undervisningsministeriet. (7. juli 2014a). Hentet fra [www.uvm.dk](http://www.uvm.dk): [www.uvm.dk/Den-nye-folkeskole/Udvikling-af-undervisning-og-laering/Maalstyret-undervisning-og-laering](http://www.uvm.dk/Den-nye-folkeskole/Udvikling-af-undervisning-og-laering/Maalstyret-undervisning-og-laering).
- Undervisningsministeriet. (1. december 2014b). Hentet fra [www.uvm.dk](http://www.uvm.dk): [www.uvm.dk/Den-nye-folkeskole](http://www.uvm.dk/Den-nye-folkeskole).
- Winter, S.C., & Nielsen, V.L. (2013). *Lærere, undervisning og elevpræstationer i folkeskolen*. København: SFI – Det Nationale Forskningscenter for Velfærd.
- Wolters, C.A. (2004). Advancing Achievement Goal Theory: Using Goal Structures and Goal Orientations to Predict Students' Motivation, Cognition, and Achievement. *Journal of Educational Psychology, 96(2)*, s. 236-250.

## English abstract

*What research-based knowledge can be identified about the relationships between mathematics teachers' goal orientation, students' goal orientation and students' learning outcome? Recent reform changes in the Danish education system have stimulated a focus on goals in mathematics education. The purpose of this article is to describe some of the potentials and challenges of goal orientation in mathematics education. It's a summary of a systematic review about goal- and competence-oriented mathematics education. It describes how students' perceptions of goal structures in the classroom affect their goal orientation. It identifies four themes from international research and relates them to recent reform changes.*

# Processer der forandrer

## – fagteamsamarbejde efter QUEST-modellen



Arne Mogensen, VIA,  
Læreruddannelsen i Aarhus



Birgitte Lund Nielsen, VIA og  
CSE, AU



Martin Krabbe Sillasen, VIA,  
Læreruddannelsen i Silkeborg

**Abstract:** *I det naturfaglige udviklingsprojekt QUEST har naturfaglærere fra 43 skoler i fem kommuner vekslet mellem at deltage i kursusdage og præsentere og afprøve ideer med kolleger i fagteam på egen skole. I artiklen fokuseres særligt på udbyttet af fagteamsamarbejdet. Kvantitative data fra spørgeskemaundersøgelser viser overvejende tilfredshed med forløb og udbytte, men kvalitative data fra fagteammøder og interviews på udvalgte caseskoler viser også at der er forskel på hvilke ideer til indhold og struktur der er taget op på den enkelte skole. I artiklen identificeres nogle hhv. fremmende og hæmmende faktorer for samarbejde og implementering, og det diskuteres hvordan en institutionalisering af forandringsprocesserne bedst kan understøttes.*

## Indledning

Det ville være dejligt at kunne kalde denne artikel “Processer der forandrer skolen”. I hvert fald giver erfaringer fra QUEST-projektet anledning til generelle anbefalinger om fagteambaseret professionel udvikling som et område med *potentiale* til at skabe forandring. Formålet med artiklen er at dokumentere hvilken effekt QUEST-projektet har haft på fagteamudviklingen på de deltagende skoler. Det vil fremgå af analyserne at der er mange positive erfaringer med udvikling og forandring af fagteamkulturen inden for rammerne af de første to år i QUEST-projektet. Selv om der også har været udfordringer, bekræfter erfaringerne at fagteamsamarbejde og kollegial faglig sparring er helt centrale opmærksomhedsområder når det gælder forandringsprocesser i skolen.



QUEST-projektet beskrives først ganske kort med en status over *allerede publicerede* forskningsresultater. Vi redegør derefter for forskningsspørgsmål, teoretisk referenceramme og de metoder vi har brugt i undersøgelsen af processer i fagteamet. Derpå gives en oversigt over og en diskussion af *nye forskningsresultater* med særligt fokus på fagteamet. Der afsluttes med en begrundet model for en såkaldt QUEST-rytme i fase 2 hvor det gælder institutionalisering af de igangværende forandringsprocesser.

QUEST følges tæt af forskning med fokus på både forandring i naturfagsundervisningen på klasseniveau og samarbejdet i skolernes fagteam og i netværk mellem skoler og på det kommunale niveau. Der er allerede blevet præsenteret forskningsresultater fra det første år i QUEST der bl.a. har vist at lærerne helt fra starten har evalueret kursusmodulerne meget positivt. De har i relativt udbredt grad afprøvet ideer fra QUEST i egne klasserum og henviser til ny indsigt i hvordan man kan understøtte elevernes naturfaglige læring. Data om udvikling i samarbejdet i skolernes naturfagsteam har i det første år som forventet vist et mere blandet billede (Nielsen et al., 2013; Nielsen & Sillasen, 2014). Fra nogle skoler er der fortalt om og observeret udvikling af nye samarbejdskulturer allerede i første del af QUEST, men der er også skoler hvor det har været en stor udfordring at samle kolleger og sætte initiativer i gang.

Derfor vil vi i denne artikel gå i dybden med en analyse og diskussion af hvilke faktorer der i den toårige implementeringsfase har virket hhv. fremmende og hæmmende for en positiv udvikling i fagteamsamarbejdet: dels en af lærerne oplevet udvikling, og dels en observeret udvikling bl.a. med reference til kriterier for lærende fællesskaber.

Vi har i casestudier observeret udvalgte fagteam tæt og fulgt QUEST-deltagernes tilbagemelding til og involvering af egne kolleger. Vi har endvidere i interviews spurgt ind til fremadrettede forestillinger og konkrete aftaler sådan som de formuleres af fagteam og skoleledelse, og lærerne har løbende meldt tilbage via spørgeskemaer, bl.a. om hvilken effekt de oplever at QUEST har på fagteamsamarbejdet og deres egen undervisning.

Forskningsspørgsmålene er:

- Hvilke ideer til indhold drøftes i fagteam på den enkelte skole?
- Hvad søges implementeret på skolerne – og med hvilke begrundelser?
- Hvad fremmer eller hæmmer implementering af QUEST-ideer i skolens praksis?
- Hvordan udvikler samarbejdet sig over tid: Hvilke typer af forandring og effekt af QUEST fremhæver lærerne efter to år?

### Kort om QUEST-projektet

Det fireårige QUEST-projekt er et fagteambaseret udviklingsprojekt for naturfagslærere der i 2012 blev igangsat af VIA og Aarhus Universitet i samarbejde med fem midtjyske kommuner.<sup>1</sup> I alt deltager 43 skoler i QUEST, og ca. 450 lærere har været involveret i forskelligt omfang (Nielsen et al., 2013).

Hovedintentionen i QUEST er at støtte skolers udvikling på naturfagsområdet gennem en model for *bæredygtig* professionel udvikling, dvs. en indsats der får varig betydning for forandring af praksis (Lumpe et al., 2012; Fullan, 2007). Deltagerne arbejder aktivt og undersøgende med konkret naturfagligt indhold og fagdidaktiske værktøjer der afprøves hjemme på skolen (Desimone, 2009; Timperley, 2011). Det er skolen og fagteamet der deltager, ikke kun den enkelte lærer.

QUEST forløber i to faser: 1) implementering og 2) institutionalisering (figur 1).

### Fase 1: Implementering

Implementeringsfasen er nu afsluttet. Her har projektgruppen de sidste to år gennem fire kursusmoduler informeret, instrueret og modereret sociale læringsprocesser for QUEST-lærere. Erfaringerne har lærerne omsat i egen praksis og i samarbejdet med fagteamkolleger. Noget af kursusmaterialet kan ses på [www.questprojekt.dk](http://www.questprojekt.dk).

FASER I QUEST	FASE 1: Implementering				FASE 2: Institutionalisering		
	2012 efterår	2013 forår	2013 efterår	2014 forår	2014 efterår	2015 forår	2015 efterår
Kursusmoduler i fase 1:							
1. IBSE							
2. Progression							
3. Ressourcer i lokalområdet							
4. Metoder til udvikling i fagteam og netværk							
Sikring af bæredygtighed							

**Figur 1.** De to faser i QUEST. Fase 1 indeholdt fire kursusmoduler. Målet var implementering af udviklingen i skolernes fagteam. I fase 2 er målet lokal forankring og sikring af bæredygtighed. Her (og efter projektets ophør) fortsætter aktiviteterne med kursus/udviklingsaktivitet, men nu planlagt af det lokale fagteam (se sidste afsnit).

1 Holstebro Kommune, Horsens Kommune, Randers Kommune, Silkeborg Kommune og Aarhus Kommune.

Aktiviteterne i hvert kursusmodul i fase 1 har været organiseret i den såkaldte QUEST-rytme hvor de deltagende lærere først havde tre sammenhængende kursusdage. Efter kursusdagene skulle QUEST-lærerne afprøve de nye input i egen undervisning og eget fagteam for på senere kursusdage at dele erfaringer med QUEST-kollegerne. Denne rytme har vist sig at være en central støttende struktur som lærerne melder positivt tilbage om (Nielsen et al., 2013). QUEST-rytmen bliver derfor også et omdrejningspunkt i fase 2 (se figur 8 sidst i artiklen).

### Fase 2: Institutionalisering

Målet med institutionaliseringsfasen er at QUEST-skolerne konsoliderer deres nye viden om undervisningsaktiviteter og arbejdsrutiner i fagteamets samlede praksis. Det er en kritisk periode. Tredive års uddannelsesreformer har vist at under en tredjedel af reforminitiativer har succes med at nå målsætningerne (Darling-Hammond, 2005; Fullan, 2007). Ofte er der konkurrerende dagsordener i skolen, som i disse år med implementering af en skolereform samtidig med at QUEST-projektet går ind i sin institutionaliseringsfase.

## Metode

QUEST er et designbaseret forsknings- og udviklingsprojekt (Kelly, 2003). Det betyder at der fra projektets start foreligger antagelser om hvilke effekter vi forventer af projektets organisering og aktiviteter baseret på forskningsresultater som er præsenteret i artiklens indledning, og at de indsamlede data løbende anvendes til at re-designe/kvalificere aktiviteterne. Der indsamles og analyseres løbende både kvantitative og kvalitative data med fokus på hhv. klasserumsniveau, fagteam og netværk.

Artiklens data stammer dels fra en gentaget spørgeskemaundersøgelse (fire runder), og dels fra ni casestudier med observation og interview.

Spørgeskemaet er webbaseret med 5-punkt Likert-kategorier, efterfulgt af lærernes åbne refleksioner hvor de *ser tilbage* på de QUEST-aktiviteter de har deltaget i, på de tiltag der er sat i gang lokalt, og de oplevede forandringer i fagteamsamarbejdet, og hvor de *ser fremad* med overvejelser om udfordringer/muligheder. Dataanalysen er dels kvantitativ (frekvensanalyser mv.), og dels kvalitativ, med kategorisering og kodning af de åbne svar.

Der er udvalgt én QUEST-skole fra hver af de fem kommuner til dybdegående case-studier med fokus på fagteam. Skolerne er valgt så de repræsenterer forskellighed ift. skolestørrelse, land/by m.m. På disse skoler har en forsker deltaget i fagteammøder i efteråret 2012 og efteråret 2013. Her er blevet observeret (dvs. skrevet forskermemo) og foretaget gruppeinterviews med både Q-lærere (QUEST-lærere der har været med

i kursusmoduler), F-lærere (naturfagslærere fra fagteamet der ikke selv har deltaget i kursusmoduler) og en skoleleder. Derudover er fire caseskoler og deres fagteam blevet fulgt med fokus på netværk og transposition af viden fra QUEST-workshops til fagteamaktiviteter. Her er blevet observeret (dvs. skrevet forskermemo) og foretaget gruppeinterviews med både Q-lærere (på QUEST-workshops og efter fagteammøder) og F-lærere (efter fagteammøder).

## Teoretisk ramme – fagteam

Der er meget fokus på lærersamarbejde både i dansk og international forskning og udvikling. I QUEST har vi valgt at anvende begrebet professionelt lærende fællesskab (PLC, på engelsk kaldes det for et “Professional Learning Community”) som et teoretisk og udviklingsorienteret værktøj til at karakterisere et fagteam fordi organisering af lærersamarbejde efter principperne for et PLC i forskningslitteraturen om uddannelsesreformer anses for at være en lovende måde for skoler og lærere til at vurdere elevens læringsbehov med den hensigt at skabe de bedste læringsmuligheder for forskellige elevtyper (Sillasen, 2014; Stoll et al., 2006).

### *Et professionelt lærende fællesskab*

I et effektivt PLC er der fokus på elevernes læring, udvikling af læreres samarbejde, udvikling af læreres handlekompetence i skolens organisation, kontinuerlig læring og videndeling i fællesskabet samt deltagelse af en engageret ledelse der er med til at sætte rammerne for fællesskabets arbejde (Vescio et al., 2008). Med handlekompetence menes læreres evne til at bruge skolens ressourcer til at udvikle god undervisning. Med kontinuerlig læring og videndeling menes at lærerne løbende har fokus på at udvikle undervisningens kvalitet gennem videndeling og løbende vurdering af elevernes læringsudbytte. Ifølge Vescio et al. er der to vigtige argumenter for at organisere læreres arbejde som et PLC. For det første er der forskning der støtter at eleverne lærer mere når deres lærere bruger tid på samarbejde organiseret som PLC. For det andet kan organisering af læreres arbejde som et PLC bidrage signifikant til at ændre kulturen blandt lærere. Denne pointe formuleres også i rapporten “Naturfag i tiden” som anbefaler at skolens naturfagslærere og ledelse skal samarbejde om at organisere en naturfaglig kultur der kan fremme udviklingen af og samspillet mellem naturfagene (NTS, 2013).

### *Fagteam i dansk kontekst*

Et *fagteam* i naturfag kan bestå af alle naturfagslærere på en skole eller evt. blot af skolens begyndertrin, mellemtrin eller afsluttende trin. På nogle skoler består det af en noget mindre gruppe undervisere.

Der er flere niveauer for lærersamarbejde. Det kan være uformelt fx over kaffen i det lange frikvarter eller i en mellemtime med en kollega om en bestemt ide til N/T i femte klasse, en ekskursion e.l. Hvis økonomi og nødvendighed muliggør nye valg, er der lejlighed til at udvikle det lille samarbejde om fx indkøb af skolebøger til en faglig og kollegial drøftelse med naturfag, fagsyn, læringssyn og kollegial udvikling til debat. Og fagteamsamarbejde kan give et kollegialt løft, dvs. åbne for mere samarbejde om egen læring og udvikling af skolens naturfagsundervisning. Men der vil altid være forskel i læreres forventninger og grad af deltagelse og engagement. Disse forskelle betyder at der må bruges tid på forhandlinger mod enighed. Det kan være nødvendigt at afklare gensidige forventninger, ønsker og krav til samarbejdet, herunder:

- struktur (omfang, tidsramme, dagsordener mv.)
- indhold (udvalgte fokuspunkter i relation til undervisningen og elevernes læring – og lærerteamets egen læring)
- proces (mødeledelse, rollefordeling, kommunikation, drøftelse/diskussion, konflikt-håndtering, beslutningspræmisser, gensidig respekt, tillid, "kemi" mv.).

## Resultater

Hvordan er dette så foregået i QUEST-projektet? I det følgende præsenteres udvalgte resultater fra de gentagne spørgeskemaer og de dybdegående casestudier under overskrift af de fire forskningsspørgsmål. Vi har valgt at præsentere data med en vis tidsmæssig progression så det særligt er data fra modul 1 der præsenteres i det første afsnit, mens data fra de senere moduler gradvis inddrages i de følgende afsnit. Vi bevæger os også i de sidste afsnit gradvis over i en diskussion af resultaterne.

### *Forskningsspørgsmål 1: Hvilke ideer til indhold drøftes i fagteam?*

Vores viden om indholdet i fagteamets drøftelser er baseret på forskernes memoer fra alle kursusgange og udvalgte fagteam møder i QUEST. I hvert modul blev der lagt op til lokal drøftelse, afprøvning og undersøgelse af elevlæring mellem hhv. tredje og fjerde kursusdag og mellem fjerde og femte kursusdag. Vi kalder dette for hhv. "opgave 1" og "opgave 2" (figur 2).

Faglærernes samarbejde på QUEST-skolerne har altså i høj grad været styret af QUEST-rytmen. Det har været en del af aftalen at der på skolerne var afsat tid til at deltage i fagteam møder for både Q-lærere og F-lærere. Indholdet i fagteamets møder må derfor forventes at være påvirket af QUEST, og det er afgørende for projektets effekt at ideer i det mindste "slår igennem" på denne måde. *Succeskriteriet er at QUEST-indhold sættes på dagsordenen til fagteam mødet.*

Implementering af ideer og skolernes udvikling af teamsamarbejdet på længere sigt tages op af de følgende forskningsspørgsmål.

QUEST-modul	Opgave 1	Opgave 2
<b>1. IBSE</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Introducere IBSE-didaktikken til F-lærere</li> <li>• Afprøve IBSE-aktivitet i egen undervisning</li> </ul>	Invitere en kollega til samarbejde om afprøvning af IBSE-aktivitet
<b>2. Progression</b>	Undersøgelse på egen skole: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Indsamle artefakter, fx elevtegninger eller video med fokus på elevers begrebsforståelse</li> <li>• Udarbejde skitse til progression i naturfag</li> </ul>	Afprøve kollegial sparring eller deltage i et "mini"-lessonstudy. Dette faldt desværre sammen med lærerlockouten og blev udsat til modul 4.
<b>3. Ressourcer i lokalområdet</b>	Afprøve én af ideerne fra dag 1-3 på egen skole for tilbagemelding om eget udbytte og udbyttet for elever/fagteam	Forberede indlæg sammen med fagteamet til en fælles QUEST-konference på dag 5
<b>4. Metoder til udvikling i fagteam og netværk</b>	Gennemføre og evaluere en studiektion på en skole i egen kommune i samarbejde med andre Q-lærere	Fortsat udvikle en lokal strategi for fagteamsamarbejdet med fokus på: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Konkrete temaer</li> <li>• Særlige satsningsområder</li> <li>• Aftaler om, hvordan man ønsker fagteamet skal fungere fremadrettet</li> </ul>

**Figur 2.** Lokal afprøvning og undersøgelse som del af QUEST-rytmen. Teksten er komprimeret fra modulbeskrivelserne.

Erfaringsmæssigt er der en bred vifte af temaer til behandling på et typisk fagteam-møde, så det har været interessant at følge hvordan oplægget fra QUEST til lokal afprøvning og undersøgelse (figur 2) i praksis omsættes til aktiviteter og diskussioner i fagteamet. En casebook for de fem udvalgte skoler fulgt under modul 1 (efterår 2012) indeholder bl.a. dagsordener der er analyseret med en markering af indhold inspireret af QUEST (figur 3).

<p><b>Holstebro</b> 30/8 2012. I alt 14 deltagere inkl. leder</p>	<p>24/9 2012. I alt 17 inkl. 5 Q-lærere og leder</p>
<p>Møde ud for REMA 1000. Intro af Helle og Kirsten om vores tredageskursus. Opgave 1: 15 min (Helle og Kirsten) Transport af varer over landegrænserne. Hvilket land tror I de forskellige varegrupper kommer fra? Opgave 2: 15 min (Egon) Vi er landet med vores rumskib på en fjern planet og er lige steget ud. Er der liv her, og kan vi finde eksempler på forskellige former? Opgave 3: 15 min (Brian) Legepladsfysik i skolegården om faldloven. Hvad falder hurtigst? Afrunding: 15 min (Brian) om IBSE, MetodeLab og Science Trails.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Fælles opstart med en kort opsummering af MetodeLab og IBSE-didaktikken.</li> <li>2. Opdeling i faggrupper og optankning af kaffe og kage.</li> <li>3. Gruppearbejde om fælles planlægning af et eksemplarisk undervisningsforløb hvor IBSE-didaktikken kunne være givende i forhold til nuværende praksis. Udeskole må gerne medtænkes. Det aftales hvor mange af gruppens medlemmer der gennemfører forløbet, og hvordan resten af gruppen hører om resultatet. (60 min).</li> </ol>
<p><b>Horsens</b> 11/9 2012. I alt 21 lærere, heraf 6 fra fødeskole</p>	<p>6/11 2012. I alt 5 lærere (fødeskole alene)</p>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Fælles intro (Trille HA, Keynote).</li> <li>2. En dissekeret fisk vises (Pia HA).</li> <li>3. Hvad bruges svømmeblæren til?</li> <li>4. Workshop: Lav en model af svømmeblæren (Christina TS).</li> <li>5. Opsamling: Hvad har det med IBSE at gøre (Jean HA, Anders TS, Kristian TS)?</li> <li>6. Skolerne går hver for sig og diskuterer IBSE-forløb i årgangene eller i afdelingerne. HUSK årsplaner.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Opfølgning på QUEST-dagen 25/10.</li> <li>2. Opfølgning på undervisningstilbud til Mette og Lene.</li> <li>3. Overblik over arbejdet med en "Handleplan for implementering af QUEST på Hattingskolen".</li> <li>4. Nye indkøb.</li> <li>5. Evt. Se QUEST-filmene sammen.</li> </ol>
<p><b>Randers</b> 31/10 2012. I alt 13 lærere</p>	<p>15/11 2012. I alt 9 lærere (senere 10 + leder)</p>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Velkomst og præsentation af QUEST-fagteam.</li> <li>2. Nyt til og fra de fire fagudvalgsformænd.</li> <li>3. Kursus i IBSE af LS og MC.</li> <li>4. Fælles opstart på udviklingsarbejdet af den røde tråd i den naturvidenskabelige undervisning på skolen.</li> <li>5. Gruppearbejde i fagteam, om ideer til fælles emner.</li> <li>6. Opsamling af ideer til fælles emner.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Velkomst og kaffe/te.</li> <li>2. Nyt til og fra de fire fagudvalgsformænd.</li> <li>3. Opfølgning fra kursus i IBSE – v/LS.</li> <li>4. IBSE-projekt i 3. og 4. årgang v/MN og HC.</li> <li>5. Nye IBSE-projekter.</li> <li>6. Opfølgning på den røde tråd i den naturvidenskabelige undervisning på skolen.</li> <li>7. Opsamling af ideer til fælles emner.</li> </ol>

<b>Silkeborg 25/10 2012.</b> I alt 9 lærere	19/11 2012. I alt 6 lærere + leder delvist
<ol style="list-style-type: none"> <li>Godkendelse af dagsorden/referent.</li> <li>Nyheder fra naturfagsprojekter – QUEST, Smile, NaTeKu, fælles naturfagsprøve.</li> <li>Naturfagsinspiration – denne gang fra “Landbrug og Fødevarer” RØ.</li> <li>Budget – fælles naturfag.</li> <li>Naturfagsstrategi – status – status på gamle/nye indsatsområder?</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>TJ vil udsætte os for noget IBSE.</li> <li>Vi skal drøfte TJ's fokuspunkt i forbindelse med hans afslutning af IBSE-kurset – hvordan man videreformidler IBSE til sine kollegaer.</li> </ol>
<b>Aarhus 29/10 2012.</b> I alt 15 lærere inkl. leder	20/11 2012. I alt 15 lærere inkl. leder
<ol style="list-style-type: none"> <li>IBSE-didaktikken fremlægges. Herefter deler vi os i teamene.</li> <li>Hvad vil vi med et naturfagsudvalg?             <ul style="list-style-type: none"> <li>Sparring</li> <li>Skiftende oplæg om gode undervisningsforløb</li> <li>Rød tråd gennem naturfagsundervisningen gennem hele skoleforløbet</li> <li>Skal vi starte møderne med de andre team</li> <li>Naturfagseksamen</li> <li>Omfanget af møder</li> </ul> </li> <li>Dagsorden til næste naturudvalgsmøde.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Velkomst og kaffe med lidt godt..:-)</li> <li>Opdeling i KRAI, mellemtrin og udskoling.</li> </ol> <p>Aftalen er at vi til næste møde, som jo er i morgen, skal have forberedt hvad de enkelte fag vil byde ind med i emnet. Så det er altså lektien til i morgen. Det man skal byde ind med, må jo meget gerne være IBSE-relateret!</p>

**Figur 3.** Dagsordner for fagteam møder under IBSE-modulet på fem udvalgte skoler.

Dagsordner og forskermemoer fra disse fagteam møder viser sammenfattende at drøftelserne var meget tæt knyttede til indhold fra QUEST (figur 3). Der er i høj grad fulgt op på de to “opgaver” (figur 2). Q-lærere har fx involveret F-kolleger i IBSE-forløb på alle skoler i mindst et af de to fagteam møder i modul 1.

Analyse af dagsordner og memoer fra fagteam møder i modul 2 og 3 viser et tilsvarende billede, dog med en højere grad af genfortolkning og tilpasning til lokale forhold, som det vil blive eksemplificeret nedenfor.

### Lærernes oplevelse af forandring i indholdet på fagteam møder

Vi har tidligere præsenteret og diskuteret *kvantitative* data fra modul 1, både lærernes oplevede udbytte og deres (kategoriserede) åbne refleksioner (Nielsen et al., 2013; Nielsen & Sillasen, 2014). Resultaterne viste at 25 % af lærerne meldte om en mindre eller meget lille grad af forandring i fagteamsamarbejdet efter modul 1, en udfordring der diskuteres nærmere under forskningsspørgsmål 4 nedenfor. Blandt de 75 % der meldte



om en større grad af forandring, var det nye ifølge lærerne særligt at de nu delte og diskuterede konkrete ideer til elevernes undersøgende arbejde (IBSE), og at de selv prøvede sådanne aktiviteter på fagteam møderne. En lærer formulerede forandringen således: "At vi nu taler om det praktiske arbejde: hvordan, hvorledes, hvorfor", og flere understregede at indholdet på fagteam møderne var ændret fra praktiske aftaler til i højere grad at være didaktiske overvejelser. Disse kvantitative data understøtter altså billedet fra de kvalitative data om en relativt udbredt grad af nyt og QUEST-inspireret indhold på fagteam møderne på størstedelen af skolerne.

### Arbejdet med QUEST-ideer på fagteam mødet

Hvordan arbejdede et fagteam så med QUEST-ideer på et fagteam møde? Her præsenteres et "aktivitetsbillede" fra forskernes casebook. Aktivitetsbilledet er fra et fagteam møde i foråret 2013 hvor der blev arbejdet med progression. Et af værktøjerne fra modul 2 var en plakat med et såkaldt progressionstræ der egnede sig til at diskutere og planlægge progression i elevernes begrebsforståelse inden for naturfaglige indholdsområder. Og en af opgaverne i eget fagteam var så at afprøve progressionstræet som et diskussions- og planlægningsværktøj inden for et selvvalgt overordnet fagligt tema.

Observationer fra et fagteam møde: På en skole blev der på fagteam mødet vekslet mellem videreformidling og kollegernes fælles afprøvning. En Q-lærer satte en aktivitet i gang med progressionstræsplancher og Post-it-sedler. Og ved fem borde diskuterede 20-30 lærere ivrigt mulig progression i evalueringstilgange (figur 4). Under opsamlingen kom et mønster frem: Der er mere skriftlighed og mindre praksis på højere trin. Generelt er samtaler på klassen den mest udbredte evalueringsform. Q-læreren fortalte at de i QUEST har ordnet evalueringsformer i en progression fra ordkort til elevplaner, og viste eksempler på evalueringsformer som videorapporter med screencast og QR-koder.



**Figur 4.** Fagteam møde ifm. modul 2. Tv.: En Q-lærer igangsætter. Th.: Grupperne arbejder med evalueringsformer ved brug af progressionstræet.

En Q-lærer præsenterede arbejdet med progression således for sit fagteam:

“Vi har ikke været gode til at fortælle hvad vi kan. Det er personligt at undervise (...) der er meget tavs viden i vores faggruppe. Det gælder om at få italesat den praktiske viden som vi hver især har. Fortælle de gode historier så de ikke brænder inde i et ringbind. Men så er man nødt til at sætte sig sammen og planlægge progression.” (Q-lærer, Horsens, 2013)

Flere Q-lærere fremhævede efterfølgende at progressionstræet var nemt at gå til fordi det er så visuelt. Kollegerne hjemme i fagteamet kunne let se ideen med at bruge det til at strukturere en diskussion om progression i naturfag:

“Altså ... progressionstræet synes jeg er til at forholde sig til, (...) det er så visuelt, (...) det bliver på en eller anden måde meget konkret hvad det er vi gerne vil bevæge os fra og til, (...) det var det som gruppen her gav udtryk for. De kunne i hvert fald godt se nogle muligheder i at anvende det som en arbejdsmetode.” (Q-lærer, Horsens, 2013)

En F-lærer efter det fælles arbejde med progressionstræet:

“Jeg kan ikke huske hvad alle felterne var, men (...) vi snakkede om efterfølgende hvor vi var glade for [progressionstræet]. Vi gik ud fra at få skrevet listen og hvad er det for nogle nøglebegreber vi ville ind omkring, (...) og få skrevet noget med evaluering. (...) Det er en vi i hvert fald har tænkt os at få anvendt når vi skal til at planlægge matematik.” (F-lærer, Horsens, 2013)

Sammenfattende ses også i dette aktivitetsbillede en høj grad af transport af QUEST-ideer og opgaver til fagteamet. Den er sikret af den aftalte QUEST-rytme hvor det er aftalt med skolerne at der skal afholdes mindst to fagteammøder i forbindelse med hvert modul. Dette er imidlertid ingen garanti for en holdbar implementering. Det redegøres der for i de følgende afsnit.

### *Forskningsspørgsmål 2: Hvad søges implementeret på skolerne – og med hvilke begrundelser?*

Kriteriet for *implementering* af en ide, en plan eller en strategi i skolens praksis er at vi ikke blot har set en enkelt afprøvning af indhold fra QUEST, men en gentagen anvendelse. Vi har analyseret Q- og F-lærernes udsagn for indikationer på om de bruger QUEST-ideer gentagne gange i deres praksis. Eksemplerne nedenfor er fra det sidste fagteammøde i efteråret 2013 (modul 3) hvor skolerne har deltaget i QUEST i halvandet år, og selvom der har været en vis udskiftning blandt Q-lærerne på nogle skoler, må de forventes at have en vis rutine med QUEST-rytmen. Det viser sig bl.a.

ved at der sker en højere grad af lokal udvælgelse og fortolkning ift. indhold fra QUEST.

### Eksempler fra fagteammøder ifm. modul 3

Der er flere begrundelser for de valg Q-lærerne foretager når de afprøver ideer på egen skole og involverer F-kolleger. På én skole begrundes en aktivitet hvor kolleger på fagteammødet efter de første dage i modul 3 skulle eksperimentere med coladåser i saltvand (figur 5), således:

“... at videndele så meget som muligt fra de tre QUEST-dage i sidste uge (...) [stille] spørgsmål til kolleger på mødet: Tænk over hvad I har opdaget?” (Q-lærer, Holstebro, 2013)

F-lærere fra samme skole udtaler om dette:

“Hypotesen var at MAX-dåsen ville flyde først når vi tilførte salt. Vidste ikke hvad saltindholdet så var. Ved 0,7% flyder den næsten! Troede det ville være ens. MAX'en flyder, Pepsien rører bunden. Sødemedlet og sukker giver forskellig massefylde! Hypotesen var at salt ville ændre det. To skvæt hjælp!” (F-lærer, Holstebro, 2013)

Q-læreren udtaler at dette er et godt eksempel på at ny undren opstår undervejs, og fortæller videre at de ifm. QUEST designede egne flydevægte til at bestemme saltkoncentration.

Dette indikerer en gentagen anvendelse af ideer og begreber om undersøgende naturfagsundervisning (IBSE) fra modul 1, *både* som et indholdselement på fagteammødet og som en arbejdsform Q-lærerne anvender i organiseringen af kollegernes arbejde på fagteammødet. Denne observation er understøttet af lærernes tilbagemeldinger i de gentagne spørgeskemaer hvor mange har fremhævet det at re-designe undervisningen så den i højere grad bliver undersøgelsebaseret, som verbet “at IBSE”.



**Figur 5.** Fotos fra fagteammøder. Tv.: eksperimenter med coladåser. Th.: En Q-lærer fremlægger et tværfagligt projekt.

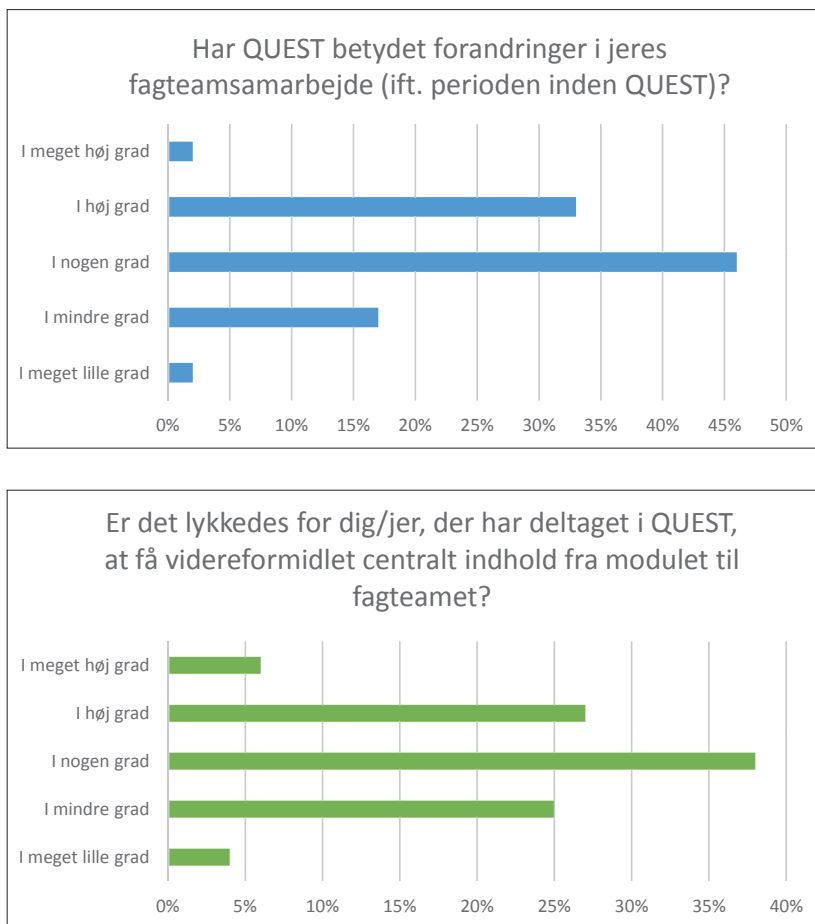
Observationer fra et andet fagteammøde: På en skole fremlagde en Q-lærer et eget gennemarbejdet tværfagligt projekt med mål, forundrings spørgsmål, materialer til “før og efter læsning” og – ikke mindst – fokus på elevernes læring (figur 5).

Den strukturerede form, med fokus på undersøgelse af elevernes læring, viser en vis grad af fortsat implementering af indhold og arbejdsformer fra modul 2 hvor en del af lærernes “opgave” var at lave en struktureret undersøgelse af elevernes læring (figur 2). Tidligere analyser af lærernes åbne refleksioner i spørgeskemasvar har dog indikeret visse udfordringer med at få implementeret forståelsen af undersøgelsesbaseret som elevernes manipulation med *både* udstyr, hands-on, og naturfaglige begreber og ideer, minds-on (Nielsen & Sillasen, 2014), så støtte til lærernes undersøgelse af elevernes læring er fortsat et nødvendigt fokusområde i QUEST.

Med reference til forskningsdesignet (metode ovenfor) bidrog disse løbende observationer – både positive erfaringer med implementering og udfordringer – til at re-design af eksisterende undervisning med reference til QUEST-kriterier som undersøgelsesbaseret (IBSE) og formativ evaluering/undersøgelse af elevernes begrebsudvikling blev et tema på modul 4.

#### Implementering af indhold fra modul 4?

Modul 4 har drejet sig om metoder til udvikling i fagteam og netværk og blev afsluttet med at dagsordensætte en mulig lokal strategi for fagteamsamarbejdet. I et afsluttende spørgeskema blev lærerne spurgt til deres vurdering af implementering på egen skole af netop dette indhold (figur 6).



**Figur 6.** Her ses hhv. i hvilken grad lærerne der har deltaget i modul 4, vurderer at det er lykkedes at få videreformidlet centralt indhold fra modulet til fagteamet (tv.), og i hvor høj grad lærerne på nuværende tidspunkt ser forandringer i fagteamsamarbejdet på egen skole (ift. perioden inden QUEST). (Svar fra 81 % af deltagerne).

Når det gælder implementering af modulets indhold på egen skole, svarer blot 33 % "i høj grad" eller "i meget høj grad", mens der er 29 % der svarer "i mindre grad" eller "i meget lille grad" (figur 6).

I redegørelsen for forskningsspørgsmål 4 herunder følger vi op på en vurdering af samarbejdets udvikling over tid, men der er mange tilkendegivelser på at den aktuelle skolereform har krævet opmærksomhed på skolerne og således har udfordret en implementering af ideer, planer eller strategier for naturfag (modul 4 indhold).

I alt vurderer 35 % af respondenterne efter modul 4 at der "i høj grad" eller "i meget høj grad" er forandringer i fagteamsamarbejdet på egen skole. De oftest forekommende begrundelser for at QUEST har haft gennemslagskraft på skolerne, er at kolleger

udtrykker at de får et fagligt udbytte af møderne og fokus på fagteammødet på emner der kan bruges direkte i undervisningen, og at "det er blevet mere klart hvad vi kan/ skal arbejde med". Men lærerne fremhæver også at det nu "er italesat at der bør være en strategi som flertallet ser en mening med, og der er større fokus på naturfagene på skolen". Så der er indikationer på en vis implementering af indhold også fra modul 4.

### *Forskningsspørgsmål 3: Hvad fremmer eller hæmmer implementering af QUEST-ideer i skolens praksis?*

I dette afsnit analyserer vi Q- og F-lærernes vurdering af forskellige faktorer der har indflydelse på implementering QUEST-ideer i skolens praksis. Kriteriet for om en faktor er fremmende eller hæmmende for implementering af QUEST-ideer er altså som udgangspunkt Q- og F-lærernes vurdering.

#### **Q-lærerne som forandringsagenter og ressourcepersoner**

Observationer fra fagteammøder og interview med deltagende lærere indikerer at Q-lærernes tilgang til at formidle QUEST-ideer og engagere F-kolleger har været afgørende for at QUEST-ideer er blevet "transporteret" videre på skolen:

"Der er nogle som er på kursus, og er optaget af det hele tiden, og så er der nogle der snakker med dem der er på kursus, og også bliver lidt optaget af det. Der er grader af det. Men (...) det har jo haft en spredningseffekt, (...) det er jo som ringe i vand." (F-lærer Holstebro)

"Jeg syntes det der virkede bedst, var når vi så nogle konkrete undervisningseksempler og diskuterede dem og selv afprøvede dem ..." (F-lærer Horsens)

"Allerførst på mødet i dag, om progressionstræerne, (...) der var mange der var rigtig skeptiske inden vi for alvor kom i gang. (...) Men når vi kom i gang med at skulle lave det her træ, (...) kunne man høre en rigtig god debat om emnet (...) så længe man får noget med sig man føler man kan bruge i sin undervisning. Altså, man skal komme fra de her fælles forberedelser med noget konkret, med noget hvor man sige at det her, det kan jeg gå ind og bruge i mit undervisningslokale." (F-lærer Randers)

Udsagnene viser at F-lærerne bliver optaget af konkrete undervisningseksempler eller af konkrete QUEST-værktøjer som progressionstræet. Men F-lærernes engagement i kollegial sparring ser også ud til at være betinget af at de ser nogle eksempler på undervisningsaktiviteter, eller at de bliver inspireret på en sådan måde at QUEST-ideen hurtigt kan omsættes til brug i deres egen praksis.

QUEST-rytmen er designet så Q-lærerne fungerer som vidensagenter der bærer viden fra QUEST-modulerne med sig til fagteammødet hvor de både forventes at in-

formere om ny viden og at invitere fagteamkolleger med til at afprøve og undersøge. Denne rolle og den lokale tilpasning af QUEST-indhold ser ud til at være helt central for lokal implementering, men den er ikke uden udfordringer:

“Jeg bliver nødt til at sige at jeg har rigtig svært ved at skulle formidle på denne her måde til voksne, (...) altså, det er nok det sværeste, og det er det der overrasker mig mest, (...) og jeg kan ikke sige hvorfor, (...) jeg kunne sagtens hvis man sidder i en gruppe og diskuterer sammen altså ... [der] er vi jo ligeværdige.” (Q-lærer Horsens)

Rollen som vidensagent er svær for Q-lærerne fordi de agerer i en underviserkultur præget af ligeværdighed. Når de påtager sig rollen som ressourceperson og skal lære kolleger om ny viden, så træder de ud af den ligeværdige rolle og påtager sig ekspertrollen. Ekspertrollen kan medføre en usikkerhed som forstærkes hvis Q-lærerne oplever en mangel på respons når de leverer deres ny viden videre til kollegaer på fagteam møder:

“Jeg kan jo godt tænke som underviser ... hold da op, hvorfor reagerer de ikke på det her – hvorfor ... hvorfor fanger de ikke pointerne her?” (Q-lærer Horsens)

En effektiv implementering af QUEST-ideer foregår ikke nødvendigvis ved at formidle ideerne på fagteam mødet. Nogle Q-lærere vurderer at den mest effektive implementering i fagteamets samlede praksis sker gennem kollegial sparring i praksissituationer. En Q-lærer formulerer det således:

“Jeg tænker at det er noget der kommer over tid. (...) Vi kommer ikke tilbage og siger, nu skal I se her, det her, det er bare skide godt, og det fungerer på den og den måde, (...) og så vender vi bøtten. Det er ikke sådan det fungerer, (...) vi forsøger at liste noget ind. (...)

Her i løbet af efteråret har C. og jeg (Q-lærere) mødtes med O. (F-lærer) for at planlægge et forløb sammen med ham, (...) og jeg er helt sikker på at i forhold til O har det været med til at give ham mere blod på tanden, i forhold til at prøve noget der var mere IBSE-agtigt end det han har været vant til at gøre.”

Dette er ikke et enkeltstående udsagn. I den afsluttende evaluering efter modul 4 (forår 2013) pointerede flere lærere at det er afgørende for det faglige udbytte af fagteam møder at Q-lærerne får det organiseret så F-kolleger ikke bare hører om, men reelt får fingrene i materien og måske endda samarbejder med en Q-lærer om afprøvning af ideer i egen praksis. Q-lærerne bliver ressourcepersoner, og F-lærerne skal helst kunne se hvordan indhold og tilgange kan anvendes i egne klasser. En form for side-mandsoplæring.

Vi har også i QUEST set at en engageret ledelse betyder meget for flow og konsekvens i det faglige arbejde i fagteamet og for at rammesætte og sørge for løbende opsamling på lærernes optagethed og undersøgelser af elevers læring (Vescio et al., 2008). Noget der hæmmer en implementering, er manglende mødemuligheder på skolen. Q-lærerne efterlyser en formalisering af fagteamsamarbejdet med mulighed for at indkalde alle naturfagsundervisere. Og mange understreger at QUEST-implementering nu konkurrerer med andre dagsordener, især skolereformen. Her har skoleledelsen en meget vigtig rolle.

#### *Forskningsspørgsmål 4: Hvordan udvikler samarbejdet sig over tid?*

Efter det fjerde og sidste kursusmodul blev Q-lærerne i spørgeskemaet bedt om at angive og begrunde i hvilken grad QUEST-forløbet over de sidste to år har haft betydning for deres undervisning og for samarbejdet med naturfagskolleger (figur 7). Der var en svarprocent på 83 % af de 64 deltagere i dette modul. "Ikke svar" er jævnt fordelt på kommuner og på de respektive skoler hvor der tidligere i QUEST er set hhv. større og mindre forandringer.

Når det gælder betydning for undervisning i naturfag, svarer 64 % af lærerne "i høj grad" eller "i meget høj grad". I de åbne refleksioner fremhæver lærerne at de har fået nye ideer, at de oplever egen undervisning som mere gennemtænkt, og at de har fået et øget fokus på elevernes læring, fx hvordan eleverne kan undres og arbejde undersøgende (IBSE). Der er dog også 8 % der svarer "i mindre grad" eller "i meget lille grad" af betydning. Ift. fagteamet, som er det centrale i denne artikel, er der 56 % af lærerne der har svaret "i høj" eller "meget høj grad". Disse lærere fremhæver i de åbne refleksioner værdien af videndeling og faglig sparring og at de har oplevet øget kvalitet i fagteamsamarbejdet:

"Det har styrket kvaliteten af vores fagteammøder markant."

"Er begyndt at arbejde væsentligt mere sammen med mine kolleger, også tværfagligt, og det kan til dels tilskrives QUEST."

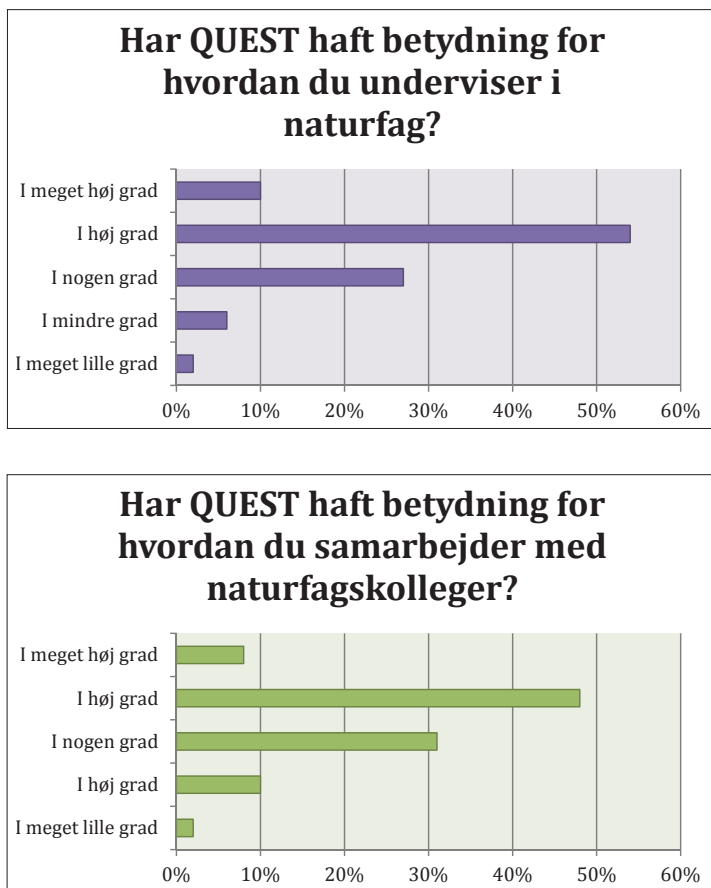
"Fokus på didaktik og pædagogik fremfor indkøb." (Tre lærere i spørgeskema efter modul 4)

Der er stor diversitet skolerne imellem, og 12 % af svarene melder om "i mindre" eller "meget lille grad" af betydning med kommentarer som:

"Ikke nok. Vil arbejde for et meget tættere samarbejde med mine n/t-kolleger (...) og håbe at det smitter "opad" i naturfagene i overbygningen."

"Vi har ikke ændret praksis." (To lærere i spørgeskema efter modul 4)





**Figur 7.** Her ses hhv. i hvilken grad lærerne der har deltaget i modul 4, oplever at QUEST har haft betydning for deres undervisning (tv.), og for samarbejdet med naturfagskolleger (th.).

Analyse af svarene viser en moderat positiv korrelation ( $R = 0,55$ ) mellem lærernes meldinger om betydning af QUEST for deres undervisning og betydning for fagteam-samarbejdet (de to spørgsmål i figur 7). Denne sammenhæng vil vi fremadrettet undersøge nærmere.

Spørgsmålet om oplevet betydning af QUEST er fra spørgeskemaet efter modul 4, men efter hvert modul er lærerne blevet spurgt om i hvor høj grad de har oplevet *forandringer* i fagteamsamarbejdet lokalt ift. perioden før QUEST-forløbet. Efter de to første moduler svarede 20-30 % af lærerne “i mindre” eller “meget lille grad” (Nielsen et al., 2013, s. 60). I svarene efter modul 4 er denne andel blevet lidt mindre, der er hhv. 17 % og 2 % der svarer “i mindre” og “i meget lille grad” af forandring i fagteamsamarbejdet (figur 6).

Samlet antyder de kvantitative data en proces over tid hvor forandringsprocesser kommer i forskellige tempi og med stor variation skolerne imellem. Billedet er komplekst. På enkelte af de skoler hvor lærerne i det første år meldte om udfordringer med at få fagteamsamarbejdet i gang, er meldingen efter modul 4, at "nu er de endelig kommet i gang". Men der er også skoler hvor lærerne meldte om en meget positiv udvikling i starten af QUEST, men hvor der nu opleves en vis afmatning:

"Efter meget positiv fremgang er det gået lidt i stå. Jeg tror mange af mine kolleger ikke prioriterer fagsamarbejdet p.t. da der er meget usikkerhed om hvordan det kommer til at se ud næste år med den nye reform, og dermed afventer og ser hvordan strukturen kommer til at se ud." (Lærer i spørgeskema efter modul 4).

Analysen af de kvantitative data viser altså et billede af at forandringsprocesserne i fagteamet har bevæget sig i forskellige retninger på de deltagende skoler. Men lærerne fremhæver som en gennemgående positiv forandring i fagteamsamarbejdet efter to år i QUEST at det ikke længere kun er indkøb og oprydning man diskuterer. Elevernes læring er kommet mere på dagsordenen. Fra modul 4 fremhæver lærerne særligt arbejdet med kollegial faglig sparring og undersøgelse af egen praksis med lektionsstudier og video.

## Opsamling og diskussion

For at summere op har der på alle QUEST-skoler nu i godt to år været fokus på elevernes læring, udvikling af lærernes samarbejde, udvikling af læreres handlekompetence i skolens organisation, kontinuerlig læring og videndeling i fælleskab. I forhold til det overordnede spørgsmål om fremmende og hæmmende faktorer for en positiv udvikling i fagteamsamarbejdet fremhæves arbejdet med undersøgelsesbaseret naturfagsundervisning (IBSE) af lærerne – og der er indikationer på implementering i fagteamsamarbejdet, både som en indholdsdiskussion i forhold til elevernes læring og som en måde at organisere videndeling i fagteamet. Arbejdet med lokale handleplaner og overblik, jf. arbejdet med det såkaldte progressionstræ, anbefales ligeledes af flere lærere. Mange ser nye muligheder ved et samarbejde på langs med både natur/teknologi og overbygningslærere:

"Jeg har oplevet når jeg har været af sted på QUEST at nogle af de her overbygningslærere, fysik- og kemilærerne, dem kan man godt tale med. Jeg har natur og teknik, og jeg har de små, og det er lidt nogle andre problemstillinger jeg står med, og så alligevel ikke. For jeg har fundet ud af at meget af det vi arbejder med i natur og teknik med de små, det er kimen til det der skal fortsætte opad." (Q-lærer, Holstebro)

Desuden har alle besøgte skoler valgt at arbejde med at udvikle en "naturfagsstrategi" i fagteamet.

Det er dog tydeligt at udvikling af fagteamsamarbejde kræver tid. De kvantitative data indikerer at forandringsprocesser forløber i forskellige tempi og med stor variation skolerne imellem, og at samarbejdskulturen senest ser ud til at være udfordret af den aktuelle skolereform. Der er ingen tvivl om at professionelle udviklingsprojekter der som QUEST er designet så nye værktøjer skal afprøves i lærernes praksis alt andet lige har større chance for succes (= bæredygtighed) end de klassiske eftermiddagsinspirationsoplæg. Og overordnet set er mange af QUEST-skolerne på vej mod målet om en udvikling i retning af et PLC (Vescio et al., 2008). Men vi må erkende at der i dagens skole er mange konkurrerende dagsordener. Her foretager de fleste lærere kalkuler på forholdet mellem den tid man investerer i at sætte sig ind i et nyt værktøj, og hvor meget det bidrager til undervisningen:

"Og før de kan være med i tankegangen, og det bliver automatiseret ... så går der lang tid, og vi synes ret beset at vi har for kort tid. Og især hvis de først kommer der i 7. klasse, og de skal nå at være inde i tankerækken inden de går ud af 9. Og de skal samtidig lære noget fagfagligt. Så er det at vi siger, puha, når vi det?"

På de besøgte skoler har ledelsen understøttet en passende tidsmæssig ramme for arbejdet i PLC'erne (Vescio et al., 2008), og denne rammesætning er helt central i tidens konkurrerende dagsordener. Ressourcelærerens rolle ser også ud til at være afgørende. Der skal være nogen som organiserer – logistik er vigtig – men ikke mindst er organiseringen af den lokale genfortolkning vigtig for implementering. Her er pointen fra Darling-Hammond (2005) om top-down-support for bottom-up-udvikling helt central. F-lærerne forventer at få noget der kan bruges i egen undervisning når de møder op til et fagteammøde. Det stiller ekstra krav til rollen som ressourcelærer. På nogle skoler har det været en styrke at to eller flere kunne dele rollen som resourceperson, og ikke mindst er det vigtigt med enighed i et fagteam om indsatser man vil arbejde særligt med. Aktiviteter kan forankres ved ikke bare at fortælle om noget indhold fra QUEST, men ved at invitere kolleger med i samarbejde.

Men der er en række dilemmaer. Først og fremmest er arbejdet med at udvikle en lokal læseplan (ved hjælp af progressionstræet), som det er fremgået af den præsenterede data ovenfor, en tidskrævende proces. Det tager lang tid at implementere en metode som brug af progressionstræet før den rent faktisk virker. Et andet dilemma er fagteamets størrelse. Arbejdet med progression fordrer at indskolings-, mellemtrins- og udskolingslærere arbejder i samme team. Og arbejdet med øget samarbejde og tværfaglighed i naturfagene i de ældste klasser fordrer at både geografi, biologi og fysik/kemi er med, men som en lærer siger det:

“Det er svært at beslutte noget som helst når man er otte naturfagslærere til at varetage naturfagsundervisningen i overbygningen med tre spor.”

Endvidere er overholdelse af fælles aftaler en forudsætning for at kunne samarbejde på tværs i overbygningen:

Tværfaglig undervisning er en mulighed hvis holdundervisning er parallellagt i skemaet. I naturfagene er udfordringerne større end i fx matematik fordi der kan være op til tre lærere som skal arbejde sammen.

Generelt fremhæver Q-lærerne at de fleste af deres kolleger gerne vil medvirke til at løse fælles problemer hvis det også giver mening i forhold til at udvikle egen praksis. Implementering af forandringer kræver dog en godt planlagt møderække og en koordinator som vil og kan påtage sig lederskab.

### *QUEST-rytmen for implementering af ideer*

QUEST-rytmen er vigtig for at forstå forskellene mellem de forskellige fagteam. Der hvor lærerne har oplevet succes i arbejdet i QUEST-rytmen, har vi set en positiv spiral som måske bedst kan forstås ved at tænke i Banduras begreber om mestringsoplevelser (Bandura, 1997) der fører til nye tiltag og øget handleberedskab (“agency”) både for den enkelte og i fagteamet (Nielsen & Sillasen, 2014). Men vi har også identificeret hæmmende faktorer som manglende opbakning fra ledelsen. Så selv om lokal succes sikres af lærere der tager kontrol over deres egen (kollaborative) læring, har ramme faktorer stor betydning. Lærerne på de fleste skoler har fra start deltaget som medudviklere, men lokale udfordringer og en fagteamkultur som måske ikke omfatter at man diskuterer/fortolker didaktiske problemstillinger, har for lærere på nogle skoler betydet en mere passiv og modtagende rolle i de forskellige QUEST-aktiviteter (Nielsen & Sillasen, 2014).

QUEST-rytmen har på en positiv måde virket forpligtigende for deltageres nytænkning og samarbejde. De har været tvunget til at tænke over hvad det vigtige har været på de enkelte kursusgange fordi de skulle dele det med egne kolleger. Rytmen har dannet ramme for kollegial sparring, især har undersøgelse af egen praksis og lektionsstudier i modul 4 ifølge deltagerne været en succes. Det fremgår klart af de udsagn lærerne har bidraget med i den afsluttende spørgeskemaundersøgelse efter modul 4.

Lærerne udtaler at QUEST-initiativerne gav mulighed for en kritisk dialog om undervisning, og at man derigennem fik styrket sin egen tænkning.

Men naturligvis har der også været svagheder. Det har været en udfordring for nogle QUEST-lærere at der var krav om at inddrage kolleger. Men samtidig har netop

dette forpligtiget dem til at arbejde *sammen* med deres fagteam, selvom det ikke var helt enkelt, og til at tage input med tilbage:

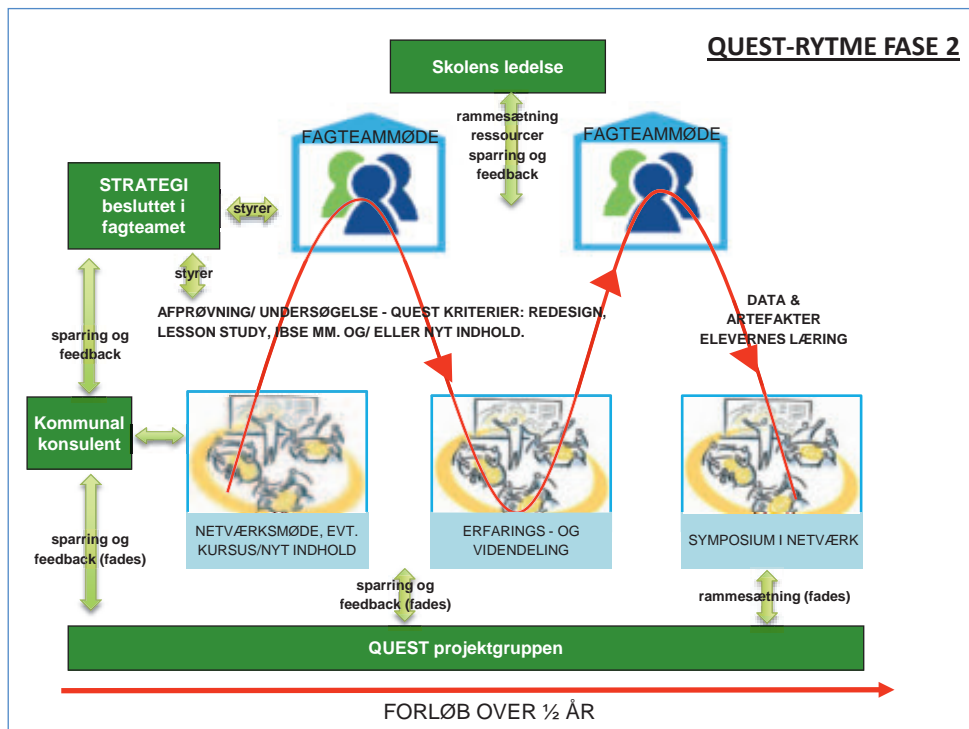
“Jeg tror at styrken er at os der er med i QUEST hele tiden har nogle opgaver som vi skal tilbage på skolen og prøve at arbejde med. Og så tage med tilbage, (...) jeg tror at det er med til at fastholde vores opmærksomhed, (...) det bliver lidt dynamisk på den måde at der er opmærksomhed omkring det hele tiden, (...) som QUEST-lærere skal vi begge dele: at vi både skal overføre fra kurser til egen skole, og den anden vej.”

Lærerne er ikke i tvivl om værdien af videndeling. Forskellen er at processen nu er “stilladseret”, dvs. støttet af et kontinuert og systematisk samarbejde i fagteamet hvor lærerne udvikler og videndeler undervisningsaktiviteter i fællesskab. En lærer svarer på spørgsmålet om værdien i kollegial videndeling:

“Altså, det tror jeg egentlig aldrig at vi har været i tvivl om. Og jeg tror også at vi gerne har villet. Men altså, nu kommer der så et system der hjælper os. Eller tvinger os til at gøre det i virkeligheden, (...) vi er blevet tvunget til at gøre det vi i virkeligheden synes altid har været rart at kunne gøre. Altså, dels fordi der strukturelt har været afsat tid. Og så fordi at, jamen det handler også lidt om, altså inden at man kan tale ordentligt sammen, så bliver man nødt til at tale sammen i et stykke tid.”

## QUEST-rytme i fase 2

Der er som nævnt i starten ikke flere af de oprindelige planlagte kursusmoduler i QUEST tilbage, og vi går nu over i den meget vigtige institutionaliseringsfase. Baseret på forskningen fra fase 1, herunder fagteamdata præsenteret i denne artikel, har vi besluttet at en form for QUEST-rytme fortsat skal rammesætte og dermed støtte aktiviteter i kommuner/på skoler (figur 8).



Figur 8. QUEST-rytmen videreudviklet til brug i institutionaliseringsfasen.

I løbet af fase 2 udfases projektgruppens<sup>2</sup> direkte involvering i planlægning af seminarer og kursusdage. Det er nu de kommunale kontakter<sup>3</sup> der bliver hovedaktører i institutionaliseringsfasen, mens vi stadig vil bidrage med sparring og feedback efter ønske og behov. I slutningen af modul 4 har alle fagteam udarbejdet en strategi der kan blive et styringsredskab for fagteamets fortsatte (kollaborative) tiltag i – og undersøgelser af – egen praksis. Som det er konkluderet ovenfor, er det vigtigt at teamet i fællesskab sætter et fokus så man ikke drukner i fortsat arbejde med *alle* de forskellige initiativer der er startet under QUEST, for ikke at nævne alle de nye initiativer der kommer ifm. skolereformen. De "værktøjer" der allerede er sat i spil ude på skolerne – som arbejdet med IBSE, progressionstræ, lektionsstudier, evaluering og re-design af undervisningsforløb – skulle gerne konsolideres ved fagteamets fortsatte arbejde med udvalgte elementer (den røde rytme i figur 8). Ud over det fortsatte arbejde i de enkelte fagteam vil der også fortsat i kommunerne være aktiviteter på tværs af skoler. Omfang og rammesætning er bestemt i den enkelte kommune, og

2 Projektgruppen består ud over de tre forfattere af projektleder Birgitte Pontoppidan og lektor Keld Nielsen, AU.

3 Kommunerne har forskellige betegnelser og opgaver for de kommunale kontakter i QUEST, fx naturfagskoordinator, naturfagskonsulent eller pædagogisk konsulent.

alle kommuner har været positive, men også forskelligt orienterede ift. at være med til at institutionalisere og videreføre de positive forandringer der er set i QUEST. Disse udfordringer vil vi følge og beskrive i den kommende tid.

## Referencer

- Bandura, A. (1997). *Self-efficacy – the exercise of control*. New York: Freeman
- Darling-Hammond, L. (2005). *Policy and change: Getting beyond bureaucracy*. I: A. Heargreaves (red.), *Extending educational change* (s. 362-387). Holland: Springer.
- Desimone, L.M. (2009). Improving impact studies of teachers' professional development: Toward better conceptualizations and measures. *Educational Researcher* 38(3), 181-199.
- Fullan, M. (2007). *The new meaning of educational change*. New York: Teachers College Press.
- Hargreaves A. & Fullan, M. (2012). *Professional Capital. Transforming Teaching in Every School*. Routledge Publishers.
- Johnson, D.R. (2011). *A quantitative study of teacher perceptions of professional learning communities' context, process, and content*. PhD dissertation <http://scholarship.shu.edu/dissertations>. Lokaliseret 18. december 2014.
- Kelly, A.E. (2003). Research as Design. *Educational Researcher*, 32(1), 3-4.
- Lumpe, A., Czerniak, C., Hany, J. & Beltyukova, S. (2012). Beliefs about Teaching Science: The relationship between elementary teachers' participation in professional development and student achievement. *International Journal of Science Education*, 34(2), 153-166.
- Nielsen, B.L., Pontoppidan, B., Sillasen, M., Mogensen, A. & Nielsen, K. (2013): QUEST – et stor-skalaprojekt til udvikling af naturfagsundervisning. *MONA* 2013(2), 49-66.
- Nielsen, B. L., & Sillasen, M. K. (2014). *Science teachers' individual and social learning related to IBSE in a large-scale, long-term, collaborative TPD project*. I C. P. Constantinou, N. Papadouris, & A. Hadjigeorgiou (red.), *Science Education Research For Evidence-based Teaching and Coherence in Learning: Proceedings of the ESERA 2013 Conference*, strand 14.
- NTS (2013). *Naturfag i Tiden Nytænkning af folkeskolens naturfag på 7.-9. klassestrin*. Sønderborg: NTS-Centeret.
- Sillasen, M. K. (2014). *Forandringsprocesser i netværk af sociale naturfaglige praksisser – En socio-kulturel-politisk analyse af natur/teknik-læreres professionelle udvikling i uddannelsesreformer*. Ph.d.-serien for Det Teknisk-Naturvidenskabelige Fakultet, Aalborg Universitet. Aalborg Universitetsforlag. <http://kortlink.dk/viauc/ds3v>. Lokaliseret 18.december 2014.
- Stoll, L., Bolam, R., McMahon, A., Wallace, M., & Thomas, S. (2006). Professional learning communities: A review of the literature. *Journal of Educational Change*, 7(4), 221-258.
- Timperley, H. (2011). *Realizing the Power of Professional Learning*. New York: Open University Press.

Vescio, V., Ross, D., & Adams, A. (2008). A review of research on the impact of professional learning communities on teaching practice and student learning. *Teaching and Teacher Education*, 24(1), 80-91.

QUEST projektets hjemmeside: [www.questprojekt.dk](http://www.questprojekt.dk). Lokaliseret 18. december 2014.

## English abstract

*In the natural sciences development project QUEST teachers from 43 schools in five municipalities have alternated between taking part in training days and presenting and testing ideas with colleagues in subject teams in their own school. This article focuses on the outcome of this cooperation. The quantitative survey data show satisfaction with the progress and benefits, but qualitative data from subject team meetings and interviews at selected case schools also show that there are differences in which ideas for content and structure are taken up at the schools. The article identifies some factors that discourage and some that encourage cooperation and implementation and discusses how the institutionalization of the processes of change can best be supported.*



# Udfordringer ved undervisning i enzymer

Bidrag fra det virtuelle laboratorium



Karen Skriver, Biologisk Institut, Københavns Universitet



Gert Dandanell, Biologisk Institut, Københavns Universitet



Jakob Hjorth von Stemann, Rigshospitalets blodbank



Michael May, Institut for Naturfagenes Didaktik, Københavns Universitet

**Abstract:** *Enzymer er et centralt emne i biokemiundervisning. Det forudsætter og anvender grundlæggende viden inden for og kompetencer i kemi og matematik. Artiklen undersøger hvilke forståelsesvanskeligheder og udfordringer der er knyttet til dette område, såvel som virtuelle øvelses potentialer i denne kontekst. Specifikt har vi afprøvet og deltaget i udviklingen af en virtuel øvelse i enzymkinetik. Labsters Virtuelle Laboratorium omfatter læringsmuligheder baseret på animationer, quizzer og simuleringer. Fokusgruppeinterviews med studerende på en række biokemikurser tyder på at virtuelle øvelser kan være relevante som supplement til teoretiske kurser eller som forberedelse til laboratorieøvelser.*

## Indledning

I denne artikel vil vi diskutere emnet enzymer, som indgår i gymnasieundervisning i kemi, bioteknologi og biologi (Mygin, Nielsen & Axelsen, 2010; Nielsen & Axelsen, 2011; Bruun, Geertsen & Helmig, 2011) såvel som i biokemiundervisningen inden for en lang række forskellige universitetsuddannelser som bl.a. biokemi, molekylær biomedicin, medicin, farmaci og bioteknologi. Vi vil især fokusere på en række forståelsesproblemer som studerende erfaringsmæssigt kan have med emnet, og på den mulige relevans af at inddrage virtuelle (simulerede) øvelser i enzymkinetik i undervisningen.

Enzymer er højt specialiserede proteiner der fungerer som katalysatorer og dermed forøger reaktionshastigheder for kemiske reaktioner i biologiske systemer. Mange af



**Figur 1.** Faglige synergier i enzymundervisningen. Undervisning i enzymer kræver kendskab til en række naturvidenskabelige emneområder (grønne bokse). Samtidig kan læringsmæssigt fokus på enzymer bidrage til en bedre forståelse af de forskellige relevante emneområder (stiplede linjer). Desuden bliver den faglige synergi mellem emneområder klar og skaber basis for mere avanceret undervisning og forskning (grå bokse).

de reaktioner der er med til at regulere biologiske systemer, ville ikke forløbe med tilstrækkelig høj hastighed uden hjælp fra enzymer. Et eksempel herpå er nedbrydning af sukrose, også kendt som stabilt bordsukker som man kan have stående ved stuetemperatur i årevis uden nævneværdig spaltning til glukose og fruktose. Det første trin i nedbrydning af sukrose katalyseres af enzymet sukrase, og uden enzymer ville den energidannende omdannelse ikke finde sted på en fysiologisk relevant tidsskala.

Enzymer er også relevante for os på grund af deres anvendelse i vores hverdag i fx vaskepulver. Det er derfor naturligt at enzymer og deres mekanismer indgår i bioteknologi- og biologiundervisningen på både gymnasie- og universitetsniveau.

Der er også mere didaktiske grunde til at undervisning i enzymer er en central del af undervisningen. For det første bygger enzymundervisningen på grundlæggende begreber, modeller og repræsentationer fra naturvidenskabelig undervisning fra emneområderne reaktionskinetik, kemiske ligevægte, syre-base-reaktioner, organisk kemi, redoxkemi, termodynamik, strukturkemi, biologisk regulering, integral- og differentialregning samt databehandling og datarepræsentation (figur 1). For det andet kan undervisning i enzymer udvide forståelsen af disse forskellige emneområder og dermed danne grundlag for mere avanceret undervisning og forskning i biokemi, molekylær biologi, bioteknologi og strukturkemi. Synergien mellem de forskellige faglige underdiscipliner kommer til at fremstå klart igennem læringsmæssigt fokus på enzymer (figur 1).

## Forståelsesproblemer i enzymundervisning

Vi har igennem mange års erfaring med undervisning i enzymer, herunder retning af eksamensopgaver, samt ved direkte undersøgelser baseret på fokusgruppeinterviews dannet et overblik over hyppige forståelsesproblemer hos studerende i forbindelse med enzymundervisningen. Nogle af disse problemer peger tilbage på forståelsesproblemer i den grundlæggende fysiske kemi (Justi, 2002; Van Driel & Gräber, 2002), som fx forståelse af kemisk ligevægt, reaktionskinetik, reaktionsordner og energiprofiler, ligesom der også kan forekomme problemer der synes knyttet til grundlæggende talforståelse og matematiske kompetencer, som fx ved brøkberegning i forbindelse med koncentrations- og pH-beregninger og ved brug af eksponenter og logaritmer i reaktionskinetik. Der er dog også forståelsesproblemer der dukker op som nyerehvervede vanskeligheder ud over dem der er nedarvet fra den generelle og den fysiske kemi. I det følgende vil vi kort skitsere nogle af de mest almindelige vanskeligheder fordelt på disse hovedgrupper af problemer: problemer knyttet til den grundlæggende kemi og matematik i relation til enzymkinetik og problemer knyttet til undervisningen i biokemiske emner.

### *Problemer knyttet til matematiske og kemiske kompetencer*

Helt op på universitetsniveau kan der forekomme problemer med *talforståelse* (fx i forbindelse med at vurdere om størrelsen af de tal der fremkommer ved udregninger, kan være rigtig) og tillige med at forstå og værdsætte betydningen af *enheder* ved beregninger. Studerende hæfter sig fx ikke altid ved størrelsesforhold og enheder i forbindelse med *molberegninger*.

Et andet gennemgående problem, som kan siges at være overtaget fra gymnasiet og endog fra folkeskolen, er vanskeligheder med elementære regneoperationer med brøker, eksponenter og logaritmer. Mange af de udtryk der bruges i enzymkinetikken,

involverer brøker, og nogle af de omregningsmetoder der benyttes, kræver kendskab til elementær brøkgregning.

Et eksempel kan være den *linearisering* der anvendes på Michaelis-Menten-ligningen, som omskriver en hyperbel (reaktionshastigheden  $v$  afbildet som funktion af substratkoncentrationen  $[S]$ ) til en ret linje ( $1/v$  afbildet som funktion af  $1/[S]$ ) med henblik på lettere at kunne vurdere grafer for forskellige enzymatiske reaktioner. Resultatet af denne omskrivning i form af det såkaldte *Lineweaver-Burk-plot* indføres allerede i gymnasiet i bioteknologi (Bruun, Geertsen & Helmig, 2011, s. 95-96). Ved omskrivningen af Michaelis-Menten-ligningen:

$$v = \frac{V_{max} [S]}{K_m + [S]}$$

fremkommer det dobbelt reciprokke plot der udtrykker  $1/v$  som funktion af  $1/[S]$ , der kaldes Lineweaver-Burk-ligningen:

$$\frac{1}{v} = \frac{K_m}{V_{max}} \frac{1}{[S]} + \frac{1}{V_{max}}$$

Problemet for nogle studerende synes at være at de hverken kan følge omskrivningen (hvorved Lineweaver-Burk fremstår som en helt ny ligning der skal huskes!) eller kan genkende at den omskrevne ligning med konstanter og variable blot er den rette linjes ligning ( $y = ax + b$ ). Om omskrivningen af ligningen siger en studerende på molekylær biomedicin at "jeg ved der er en sammenhæng – ikke at jeg forstår sammenhængen ...".

Der opstår dermed en situation hvor studerende er i stand til at anvende ligninger til opgaveløsning, men hvor den bagvedliggende forståelse udebliver. En biokemistuderende siger: "Udregninger er simple, men forståelse svær."

Problemer med simple matematikkompetencer kan stille sig i vejen for den centrale biokemiforståelse. I en rapport om matematikkompetencer har Niss & Jensen (2002) redegjort for en række niveauer af kompetencer som griber ind i hinanden og fx er nødvendige for at kunne forstå matematiske modeller. To matematiske kompetencer som gerne skulle etableres allerede i folkeskolen og udbygges i gymnasiet, er *repræsentationskompetence* og *symbol- og formalismekompetence*. Det er kompetencer der lægger grundlaget for at kunne benytte sig af matematikken som et sprog og et operationelt system. Uden disse kompetencer vil man ikke kunne forstå, ræsonnere eller kommunikere om matematiske modeller og forstå brugen af matematik til videnskabelig problemløsning.

Samtidig finder studerende den store mængde enzymkinetiske begreber og lignin-

ger overvældende. Kinetikken fremstår som et “sprog” for sig selv, hvilket kan bidrage til den manglende integrative forståelse. Som en kvindelig studerende udtrykker det: “Der er alt for mange sprog. Der er et kemisk, et fysisk, et matematisk og et biologisk som du så bare smadrer sammen til biokemi” (Proteinkemi og enzymologi 2013, fokusgruppeinterview 2). De væsentligste forståelsesproblemer arvet fra kemiundervisningen omfatter bl.a.:

- betydningen af *ligevægt* (termodynamik) og *hastighed* (kinetik) i Michaelis-Menten-modellen og forbindelsen af reaktionskinetikken til denne model
- anvendelse af syre-base-teori til fortolkning af pH-baserede *aktivitetsprofiler* for enzymer.

### *Særlige forståelsesproblemer i teoretisk biokemiundervisning*

På universitetsniveau benyttes typisk tre forskellige undervisningsformer i enzymundervisning: *forelæsninger*, der giver et overblik over og et perspektiverende indblik i enzymer og deres funktioner, *regneøvelser*, der giver mulighed for fordybelse i specifikke teoretiske problemstillinger, og *laboratorieøvelser*, der giver indblik i hvorledes enzymer kan undersøges eksperimentelt. Nogle kurser er udelukkende teoretiske hvilket giver studerende specifikke problemer med forståelsen af *kinetiske parametre*, *enzymatiske assays* og *eksperimentelle teknikker*.

En gennemgående årsag til disse problemer er manglen på kontekst. Således siger en studerende om enzymkinetik at “... Vores første [kursus] var jo et rent teoretisk kursus. Jeg havde utrolig svært ved at finde ud af de her regneeksempler. Hvad for nogle omstændigheder er jeg i ... Jeg har aldrig set det i praksis. Jeg synes det var ufatteligt diffust.”

Studerende har bl.a. problemer med at relatere ændringer i centrale konstanter i biokemi som associationskonstanter og hæmningskonstanter, der begge er et udtryk for bindingsstyrke, til vekselvirkninger mellem enzymer og fx syntetiske hæmmere som lægemidler. Forståelse af disse molekylære relationer kræver forståelse af de involverede ligevægte og af ligevægtens matematiske udtryk. Selvom de studerende har en vis forståelse for både substrater og hæmmers binding til enzymet, giver det problemer for dem at kombinere denne viden i forståelse af enzymer og deres regulering ved hjælp af hæmmere.

En helt grundlæggende metode i biokemien, som udgør basis for at kunne bestemme enzymkinetiske parametre, er at måle enzymaktiviteter med et assay. Assay betyder her en eksperimentel metode til at undersøge enzymatisk aktivitet, og det er et nyt begreb for de fleste studerende. Især er det svært for studerende at forstå hvorledes et assay for et bestemt enzym etableres. I de fleste lærebøgers indeks kan man ikke finde ordet “assay” eller “enzyme assay”, og forståelsen kommer ofte i forbindelse med eksperimentelle laboratorieøvelser. I mange basale enzymkinetiske laboratorie-

øvelser udleveres en protokol til bestemmelse af enzymkinetiske parametre. Herved får de studerende ikke indblik i basale aspekter af et assay, og de medvirker ikke ved valget af parametre. I undervisningsforløb uden laboratorieøvelser opfattes begrebet ofte meget abstrakt – som en slags “sort boks” der frembringer data i form af tal som kan bruges i grafer til at bestemme enzymkinetiske parametre. I eksamensopgaver opgives ofte blot nogle tal hvorfra nogle konstanter som  $K_m$  og  $V_{max}$  skal bestemmes, men ved at isolere problemstillingen til kun et matematisk udtryk har den studerende svært ved at koble resultatet til en biologisk sammenhæng.

En lignende problematik gør sig gældende for kendskabet til laboratorieapparat og metoder som anvendes ved studiet af enzymer. I udelukkende “tørre” kurser giver den store afstand mellem teori og praktisk anvendelse en reduceret forståelse for metodernes virkningsmekanismer samt mindre fornemmelse for deres relevans. En studerende siger: “Man så for meget på hvordan apparatet fungerede, i forhold til hvad var det egentlig man kunne bruge det til, hvad var det relevante for mig på biomedicin?” Den manglende anerkendelse af relevansen af instrumentkendskab hænger som nævnt nok sammen med at de studerende i teoretiske kurser endnu ikke har afprøvet metoderne i laboratoriet.

### *Traditionelle laboratorieøvelser i kemi og biokemi*

I de praktiske “våde” kurser udføres mange laboratorieøvelser som “kogebogsøvelser” i den forstand at der udleveres færdige, udførlige protokoller for forsøgene. Det kan påvirke studerendes udbytte af øvelser negativt at de i traditionelle øvelser ikke har deltaget i udformning af undersøgelser og dermed ikke nødvendigvis gennemtænkt forsøget under forberedelsen. Det er velkendt fra litteraturen om udbyttet af traditionelle laboratorieøvelser at kun en del af de læringsmål der tilskrives eksperimentelt arbejde, opfyldes af kogebogsøvelser. Studerende får *kendskab til laboratorieinstrumenter, lærer at færdes i et laboratorium* (og får kendskab til laboratoriesikkerhed) og får *indsigt i en række undersøgelses- og målemetoder*, men de får ikke altid en *bedre forståelse af teori* eller en *generel forståelse for brugen af eksperimentelle metoder i naturvidenskab* (Hodson, 1990; Hoffstein & Lunetta, 1982, 2004; Johnstone & Al-Shuaili, 2001). Der kan være mange årsager til dette:

- Traditionelle manualer for laboratorieøvelser indeholder lange og detaljerede *procedurebeskrivelser* der ikke giver så meget mening før man står i laboratoriet – især ikke når studerende i starten af et studie endnu ikke kender de instrumenter og metoder der refereres til. En del studerende forbereder sig derfor ikke så godt på laboratorieøvelser. Brug af nye medier som fx korte videosekvenser der viser dele af en øvelse, kunne afhjælpe noget af problemet.
- Selve den detaljerede *instruktion* af traditionelle (“kogebogs”)øvelser udgør i sig selv et problem fordi den fratager de studerende ansvar for udformningen af øvelsen

(Domin, 1999). Dette kunne afhjælpes ved i større grad at inddrage de studerende i at designe deres egne forsøgsprotokoller. Det eksperimenteres der fx med på nogle biokemikurser på Biologisk Institut på KU.

## Det virtuelle laboratorium og enzymcasen

De vigtigste forbedringer af laboratorieøvelser i biokemi, herunder i enzymkinetik, med henblik på at øge studerendes udbytte vil nok være at *øge studerendes aktive involvering i øvelserne*, bl.a. ved at give dem ansvar for at designe deres egne forsøgsprotokoller (der naturligvis skal kontrolleres af en underviser inden de udføres i laboratoriet). En anden forbedring kan være at øge udbyttet af studerendes forberedelse ved at inddrage nye medier som fx videosekvenser eller animationer der kan visualisere vigtige trin i laboratorieprocedurer og brugen af instrumenter i laboratoriet.

En tredje mulighed for at øge studerendes udbytte af undervisningen i enzymer, som måske især er relevant på “tørre kurser”, vil være at indføre *virtuelle onlineøvelser* som kan udføres af studerende i klassetimer eller hjemmefra. Virtuelle øvelser kunne kombineres med videosekvenser eller animationer for at visualisere vigtige trin i laboratorieprocedurer og brugen af instrumenter i laboratoriet. Man bør her være opmærksom på at der hersker stor forvirring om hvad der menes med “virtuelle laboratorier” og “virtuelle øvelser”, og sammenlignende studier af læringsudbyttet af hands-on og virtuelle øvelser har derfor haft svært ved at nå frem til entydige konklusioner (Ma & Nickerson, 2006). I stedet for at se virtuelle øvelser og virtuelle laboratorier som velafgrænsede og entydige størrelser bør man snarere se dem som samlebetegnelser for en *varieret gruppe af virkemidler* som kan inkludere didaktisk forskellige elementer som simulationer, animationer, multimedier, spil og virtual reality (May, Skriver & Dandanell, 2013).

Biologisk Institut ved Københavns Universitet har sammen med Institut for Naturfagenes Didaktik deltaget i et pædagogisk og fagdidaktisk udviklingsprojekt der har undersøgt mulige anvendelser af virtuelle laboratorieøvelser i biokemi-, bioteknologi- og biologiundervisning. Projektet tog udgangspunkt i Det Virtuelle Laboratorium ([www.labster.com](http://www.labster.com)) der tilbyder en række onlineøvelser baseret på *virtuelle instrumenter* i et 3-d-onlinelaboratorium (figur 2) til brug for gymnasier og universiteter.

I en af disse øvelser får den studerende lov til at gennemgå et helt laboratorieforsøg i karakterisering af redoxenzymet *alkoholdehydrogenase* (ADH) som en interaktiv webbaseret øvelse der tillige omfatter animationer og quizzes om den teoretiske baggrund. ADH er ansvarlig for at nedbryde alkohol, men findes i forskellige varianter. En af disse genetiske varianter omsætter alkohol til acetaldehyd *hurtigere* end det ordinære “vildtypeenzym”, og dette kan resultere i syndromet *Asian glow* (også kaldet “alcohol flush reaction”), hvor acetaldehyd-nedbrydningsproduktet



**Figur 2.** Labsters virtuelle laboratorium med en række virtuelle instrumenter (PCR, HPLC, spektrofotometer osv.) der indgår i forskellige øvelsescases.

ophobes i kroppen fordi det næste enzym i nedbrydningsprocessen ikke kan “følge med”. Eleven eller den studerende hjælpes igennem den virtuelle øvelse af en virtuel laborant. Undervejs arbejdes der med mange af emneområderne der knytter sig til enzymer (jf. figur 1), herunder også mange af de teoretiske områder der typisk giver de studerende problemer, såsom etableringen af enzymatiske assays og analyse af enzymhæmmerforhold. I det følgende vil vi beskrive nogle vigtige aspekter af den virtuelle øvelse.

Alle Labsters virtuelle cases inkluderer en *wikifunktion* hvori teori relevant for den aktuelle case præsenteres i en meget fortættet form. Indholdet af denne wiki er tilgængelig på alle trin af øvelsen. Således kan man igennem hele øvelsen lære om og få genopfrisket relevant teori, såsom funktionen af ADH (figur 3). I enzymkinetik-casen gennemgås desuden opbygningen og anvendelsen af et *spektrofotometer* der er et centralt apparatur i enzymkinetik.

Den studerendes forståelse af teorien afprøves løbende ved hjælp af *multiple-choice-quizzers* som skal besvares for at øvelsen kan fortsætte. Bl.a. skal den studerende selv vælge den bølgelængde som benyttes af spektrofotometeret i forsøget, ud fra et præsenteret absorptionsspektrum. Samtidig introduceres et element af konkurrence hvor der gives point baseret på korrekte og forkerte svar, med henblik på at undgå tilfældige gæt som svar. Denne del af øvelsen kan hjælpe studerende der følger et teoretisk kursus, med at forstå centrale metoder, men kan desuden medvirke til at studerende



LABSTER

Page Discussion Read View source View history Go Search

## ADH

The first step in the metabolism of alcohol in humans is catalyzed by the enzyme Alcohol Dehydrogenase (ADH). ADH catalyzes the oxidation of a broad range of substrates containing hydroxyl groups, including ethanol. In the case of ethanol, the alcohol is converted into acetaldehyde, another toxic compound, which is then metabolized further. To proceed, the reaction requires the oxidizing agent Nicotinamide Adenine Dinucleotide (NAD<sup>+</sup>). NAD<sup>+</sup> is a co-enzyme that acts as an electron acceptor, accepting 2 electrons and an H<sup>+</sup> from ethanol [1]. Thus, ADH catalyzes the following reaction:

$$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH} + \text{NAD}^+ \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{CHO} + \text{NADH} + \text{H}^+$$


When performing kinetic assays, it is important to start measuring immediately after the enzyme is added, because this reaction occurs as soon as ADH is mixed with NAD<sup>+</sup> and ethanol.

### Asian glow

Humans have several different versions (isozymes) of ADH. Two of these, called ADH1B\*1 and ADH1B\*2, differ in only 1 amino acid residue, however the 2 isozymes show significant differences in kinetic properties. Where ADH1B\*1 has an arginine residue at position 47, ADH1B\*2 has a histidine residue at that position. ADH1B\*2 is more common among East Asians, while ADH1B\*1 is common among Caucasians [2,3].

The kinetic differences are due to the chemical properties of arginine and histidine. Arginine in ADH1B\*1 forms ionic bonds with the pyrophosphate group of NAD<sup>+</sup>, however the histidine residue in ADH1B\*2 is not able (ADH) the same bonds. This means that ADH1B\*2 does not bind NAD<sup>+</sup> as tightly as ADH1B\*1, leading to a higher K<sub>m</sub> value for ADH1B\*2. The rate-determining step of the overall reaction is the dissociation of NADH; therefore, the turnover number and V<sub>max</sub> of ADH1B\*2 are higher, because NADH is not bound as tightly. Furthermore, because the pKa value of histidine is lower than that of arginine, the optimal pH of ADH1B\*2 (8.5) is lower than that of ADH1B\*1 (10.8) [4].

Individuals possessing the ADH1B\*2 isozyme experience the condition called Asian glow. The condition leads to flushing and other symptoms usually associated with hangovers after the consumption of even small amounts of alcohol. These symptoms are caused by an elevated level of acetaldehyde in the blood, which is due to higher



Structure of alcohol dehydrogenase ADH1B\*1 (from PDB entry 1H2Z)

Figur 3. Labsters wikiinformation om ADH og Asian glow.

der også arbejder eksperimentelt med enzymkinetik, "tvinges" til at interessere sig for apparatur af relevans for enzymkinetik.

De studerende aktiveres også gennem en *interaktiv bestemmelse og forståelse af enzymkinetiske parametre*, hvilket også er et læringsmål for tilsvarende praktiske laboratorieforb. Dette inkluderer opsætning af et enzymkinetisk assay hvilket som nævnt er et diffust begreb for mange. I den virtuelle øvelse begynder den studerende med at lave en stamopløsning, et centralt begreb i eksperimentel biokemi, ved at pipettere hver enkelt komponent i røret til stamopløsningen. I hands-on øvelser er dette sjældent muligt på grund af tiden der er til rådighed i laboratoriet. I quizzer testes forståelsen for stamopløsningens sammensætning samt koncentrationsberegninger og hermed talforståelse, og formålet med at lave en stamopløsning forklares i wikien.

Næste trin i etablering af et enzymkinetisk assay er at bestemme de enzym- og substratkoncentrationer der vil give brugbare resultater, dvs. resultater der falder inden for spektrofotometerets måleområde. Der er sjældent mulighed for at inkludere den slags optimeringsforsøg i hands-on laboratorieøvelser fordi det kræver et stort antal pipetteringer og målinger. I det virtuelle laboratorium kan den studerende justere alle parametre, og effekten af optimeringer illustreres ved hjælp af simuleringer (figur 4).

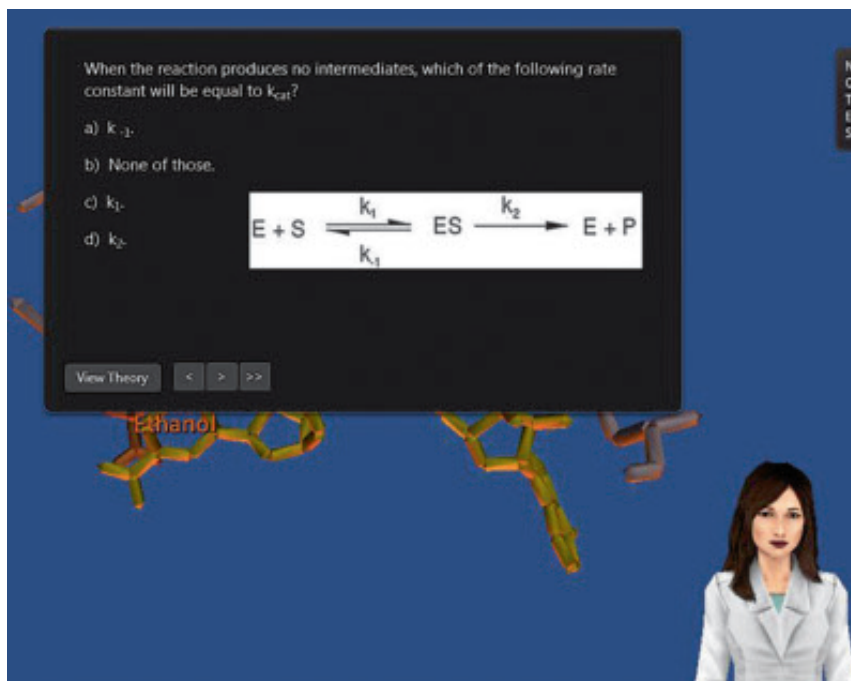


**Figur 4.** Simulering af enzymatiske reaktioner ved forskellige enzym- og substratkoncentrationer. Simuleringer benyttes til at vælge betingelser som giver resultater i spektrofotometerets måleområde. Studerende kan justere niveauet af ADH (enzym) og alkohol (substrat) via skalaerne til højre.

Øvelsen fokuserer på forståelse for og bestemmelse af det centrale reaktionskinetiske begreb *initialhastighed*,  $V_0$ , som også ofte giver studerende problemer. Brugen af initialhastigheder (lige efter sammenblanding af reaktanter, her enzym og substrat) til at bestemme reaktionshastighed ved forskellige koncentrationer er en etableret metode i kemi og biokemi fordi man herved undgår at reaktionsprodukterne indgår i modgående reaktioner, som det ville være tilfældet hvis man fulgte reaktionshastigheden over et længere tidsrum (og tættere på ligevægtstilstanden) (Nielsen & Axelsen, 2011, s. 67).

Simuleringer benyttes også til at bestemme og sammenligne initialhastigheden for ADH-varianter ved forskellige substratkoncentrationer. Data opstilles i et regneark hvorfra kinetiske parametre kan bestemmes ud fra Michaelis-Menten-ligningen. Denne del af øvelsen illustrerer ikke kun bestemmelse og betydning af de kinetiske parametre. Parametrene benyttes også til at forklare sammenhænge mellem proteinstruktur og enzymatisk funktion. Fx skal forskelle i pH-betingede aktivitetsprofiler for ADH-varianterne forklares senere i casen hvilket kræver kendskab til og forståelse af syre-base-reaktioner.

En del af den virtuelle enzymøvelse fokuserer desuden på bestemmelse af parametre ved hæmning af enzymer såsom hæmmerkonstanten. Her følges simuleringer op af



When the reaction produces no intermediates, which of the following rate constant will be equal to  $k_{cat}$ ?

- a)  $k_{-1}$ .
- b) None of those.
- c)  $k_1$ .
- d)  $k_2$ .

$$E + S \xrightleftharpoons[k_{-1}]{k_1} ES \xrightarrow{k_2} E + P$$

View Theory < > >>

Ethanol

NOTES

The image shows a virtual quiz interface. At the top, a question asks which rate constant is equal to  $k_{cat}$  for a reaction with no intermediates. Below the question are four multiple-choice options. In the center, a chemical reaction scheme is shown:  $E + S \xrightleftharpoons[k_{-1}]{k_1} ES \xrightarrow{k_2} E + P$ . Below the reaction scheme, the word 'Ethanol' is written in orange. At the bottom right, there is a 3D molecular model of ethanol and a virtual female character in a white lab coat. On the right side of the screen, there is a vertical 'NOTES' button. At the bottom left of the quiz window, there are navigation buttons: 'View Theory', '<', '>', and '>>'.

Figur 5. Quizspørgsmål til Michaelis-Menten-modellen i den virtuelle øvelse.

grafisk efterbehandling af data i Excel så den studerende både støttes i forståelsen af hæmningsmekanismer og igen trænes i tal- og databehandling.

Det Virtuelle Laboratorium supplerer teorien med *animationer og quizzer*. Dette gælder bl.a. enzym-substrat-kompleksdannelse hvor dele af animationen er baseret på modeller af molekylstrukturer mens andre vises mere skematisk. Igennem animationerne stilles igen teoretiske spørgsmål. Der fokuseres fx på forståelse af den for enzymer centrale Michaelis-Menten-model, herunder ligevægten mellem enzym og substrat, og det hastighedsbestemmende trin i reaktionen (figur 5). Her indgår både termodynamikkens og kinetikens betydning for reaktionsskemaet, hvilket som nævnt er nogle af de emner i kemien studerende finder sværest.

### *Studerendes holdning til den virtuelle øvelse*

For at undersøge den mulige anvendelse af virtuelle øvelser i enzymundervisningen udførte vi fokusgruppeinterviews (typisk med 5-7 studerende) fra biokemikurser der var med til at afprøve enzymøvelsen, på hver af bacheloruddannelserne inden for biokemi, molekylær biomedicin og farmaci ved Københavns Universitet (figur 6).

Uddannelse	Kursus	Fokusgrupper (og observation)
Bachelor i biokemi	Biokemi 1 (teori & øvelser)	Fokusgruppe: 21.10.2013
	Metabolisme og enzymologi (Biokemi 1)	Observation af hands-on øvelse: 28.5.2014
Bachelor i molekylær biomedicin (blok 3, 2. semester) (Blok 4, 2. semester)	Proteinkemi og enzymologi 1 (teorikursus)	Fokusgruppe: 19.4.2013 Fokusgruppe: 10.3.2013, 13.3.2013
	Proteinkemi og enzymologi 2 (øvelseskursus)	Fokusgruppe: 27.7.2013 Fokusgruppe: 3.6.2014
Bachelor i farmaci (3. semester)	Dynamisk biokemi (teorikursus)	Fokusgruppe: 28.11.2013

**Figur 6.** Oversigt over gennemførte fokusgruppeinterviews og observationer.

Enzymkinetik indgår som sagt i biokemikurser på forskellige uddannelser, fx baseret på Lehnings *Principles of Biochemistry* (Nelson & Cox, 2013). Bacheloruddannelsen i biokemi har kurset *Biokemi 1* (omdøbt til *Metabolisme og enzymologi* i forbindelse med en revision af studiet) med både forelæsninger og laboratorieøvelser, mens *Dynamisk biokemi* og *Proteinkemi og enzymologi* ved bacheloruddannelserne i henholdsvis farmaci og molekylær biomedicin er "tørre kurser" uden samtidige øvelser.

Fra vores fokusgruppeinterviews kan vi se at der er forskelle mellem biokemikurserne på studerendes vurdering af nytteværdien af virtuelle øvelser. Mange er glade for initiativet og de ekstra undervisningsressourcer, men dog i overvejende grad mest på de "tørre" kurser.

På biokemi blev studerende introduceret til Labsters enzymøvelse efter at have fået undervisning i enzymkinetik, men før de skulle have hands-on øvelser i laboratoriet. Formålet var ikke at erstatte laboratorieøvelserne, men derimod at forberede dem til laboratoriet. Erfaringerne fra kurset viste at ca. 1/3 af de studerende mente at udbyttet var meget stort/stort, en 1/3 at det var OK, og 1/3 at udbyttet var lille/meget lille. Efter hands-on-øvelsen i enzymkinetik mente næsten halvdelen (45,6 %) at de havde lettere ved at forstå og gennemføre den eksperimentelle øvelse efter at have prøvet den virtuelle øvelse først. I biokemifokusgruppen var der dog delte meninger om nytten af virtuelle øvelser som laboratorieforberedelse. En kvindelig studerende kommenterer: "det der med at 'nu er du bedre forberedt' ... Nej, for jeg skal bruge lige så meget tid når jeg kommer derover [i laboratoriet] ..." En mandlig studerende er uenig: "Jeg tror hvis

man brugte den tid det tager (på den virtuelle øvelse), ville man være bedre forberedt. Problemet er at man ikke får det lavet. Den er for lang. Den er for kedelig.”

Blandt fokusgrupperne for molekylær biomedicin var der samtidig mange der dømte den virtuelle case uegnet som laboratorieforberedelse. “Labster er et fint supplement til at forstå et problem som jeg synes er abstrakt ... men ikke umiddelbart som supplement til laboratoriarbejdet,” siger en biomedicinstuderende. “Jeg tror hvis det [den virtuelle øvelse] havde ligget en uge inden at jeg skulle lave øvelsen i laboratoriet – eller en dag inden – så synes jeg det ville være lidt [dårligt] at gøre den samme ting to gange. Det ville ikke være så fedt,” udtaler en anden.

Der var dog generelt stor begejstring for den virtuelle øvelse på farmaci og på molekylær biomedicin, hvilket i høj grad var betinget af dens anvendelighed som et teoretisk supplement. En farmacistuderende fremhæver at “jeg synes enzymkinetik var virkelig svært, indtil jeg lavede casen”. På bacheloruddannelsen i farmaci udløste brugen af enzymøvelsen i en klassetime hvor der normalt var beregningsøvelser, et ønske om at der burde være virtuelle øvelser inden for alle kursets temaer. Ligeledes foreslog en studerende på molekylær biomedicin at casen skulle kobles direkte til forelæsningsen i enzymkinetik.

Den store fordel ved casen har været at den konkretiserer abstrakte dele af indholdet på teoretiske kurser. En farmacistuderende siger: “Det (virtuelle lab) gør at man får sådan en mere praktisk følelse af alle tingene end når man bare læser det i bogen.” Der var udbredt glæde over casens animationer, quizzer og den direkte feedback, og på molekylær biomedicin opsummerer en studerende at “... det Labster kan, som et normalt laboratorieforsøg ikke kan, er at du hele tiden kobler teori og forsøg sammen ... Når der er nogen der kan forklare dig teoretisk hvad det er du gør praktisk, så forstår man virkelig tingene.” Samtidig anførte en molekylær biomedicin-studerende at selve caseopbygningen omkring Asian glow-syndromet var et positivt element da den gav en relevant kontekst for øvelsesforløbet: “Man (kan) godt nogle gange tænke ‘Nå ja, er det virkelig så vigtigt for verden at vide?’. Det er godt en gang imellem lige at få en relation til virkeligheden.”

Blandt emner casen kunne bidrage til forståelse af, var instrumentkendskab og laboratorieteknikker. Studerende på det “tørre” enzymologikursus på molekylær biomedicin mente at det virtuelle laboratorium kunne være velegnet til at lære instrumenter og teknikker bedre at kende og måske især til apparatur der ligger uden for ordinære laboratorieøvelsers spændvidde, såsom NMR-spektroskopi. Igen blev det pointeret at en fordel for Labster var at den knyttede teoretisk information om en metode til en specifik kontekst så der opstod større forståelse for metodens anvendelse. Adspurgt om Labsters potentiale til at lære om instrumenter og teknikker svarede en studerende:

“Det var faktisk det jeg troede vi skulle bruge det til.” En anden studerende pointerede at det ville være rart med adgang til flere cases med flere metoder.

Studerende bifaldt også muligheden for selv at justere parametre og efterfølgende observere ændringer i grafer under opsætningen af et enzymatisk assay. En studerende bemærkede at “Man kan ikke lave ting forkert i Labster”. Dette kan dog både ses som en styrke og en svaghed idet studerende også lærer af deres fejl. Der vil være en balance i hvor meget feedback der bør gives undervejs i en virtuel øvelse for fx at forhindre at et forsøg helt skal laves om.

Flere studerende bemærker vanskelighederne ved at huske og rekonstruere teori fra tidligere gennemgåede forelæsninger og øvelsestimer i forbindelse med eksamenslæsningen. En studerende fra molekylær biomedicin bemærker at “Hvis der er en ting du ikke forstår ... i eksaminatorietimerne, er du nødt til at følge med undervisningen når den går videre ...”. “Jeg synes en af de mest positive ting ved Labster er at du kommer til at sidde i de der tre timer og lave opgaverne i dit eget tempo.”

Cases “spilagtige” udformning (fx scenariet med en patient med Asian glow-syndromet) kan være motiverende for nogle studerende og fungere som afveksling fra traditionel eksamensforberedelse. En kvindelig biomedicinstuderende siger: “Når man tænker ‘Nu gider jeg ikke læse mere’, så kan man få et afbræk med at spille computer, men så lærer man også noget, og man tænker på en anden måde.” I nogle tilfælde har spilkarakteren dog den modsatrettede effekt hvor en kvindelig biokemistuderende finder spildesignet utiltalende. “Jeg engagerede mig de første fem minutter. Så begyndte jeg at kede mig meget.” Hun uddyber at der var mange gentagelser i øvelsen, og at øvelsen for hende mindede om et computerspil. Hun værdsatte dog animationer og quizzer i den virtuelle øvelse, men blot ikke den “spilagtige” simulering. De mandlige studerende i fokusgruppen var dog ikke enige. De fandt at mange netop “... vil synes det er lidt sjovt at det er lidt computerspilsagtigt” (fokusgruppe, Biokemi 1, 21.10.2013).

På både molekylær biomedicin og biokemi fandt en del studerende dog at casens virtuelle virkelighed var overflødig. Inklusionen af virtuelle personer såsom læger og laboranter blev set som lidt fjollet og ligegyldig, og den virtuelle genskabelse af praktiske laboratoriehandlinger forekom nogle studerende at være meningsløs. “Det der med at så skal man klikke på skraldespanden for at smide min pipettespids ud ... inde i en computer, kan vi ikke lige ...” (fokusgruppe, Biokemi 1, 21.10.2013).

### *Udviklingsmuligheder for det virtuelle laboratorium*

Der er en række strategiske og didaktiske udviklingsmuligheder for det virtuelle laboratorium som vi ser det ud fra vores evaluering af enzymcasen. Vi skelner mellem tre typer af videreudviklinger:

- *Udvidelser* af det eksisterende virtuelle laboratorium med flere cases
- *Modifikationer* af det virtuelle laboratorium med nye medier og moduler
- *Didaktiske reorganiseringer* af det virtuelle laboratorium.

*Udvidelser* af det eksisterende virtuelle laboratorium er først og fremmest et spørgsmål om at laboratoriet som et modulært opbygget system kan udvides med *nye cases*, men det er også oplagt at nye cases kan kræve udvikling af *nye virtuelle instrumenter* således at udvidelsen også vil tilbyde nye *funktioner* som fx nye analysemetoder. Mens vi har deltaget i arbejdet med enzymcasen, har Labster fx tilføjet en case hvor studerende kan øve sig i kromatografi ved hjælp af HPLC (high performance liquid chromatography).

*Modifikationer* af det virtuelle laboratorium er mere vidtgående ændringer der vil gribe ind i udformningen af de enkelte cases via brugen af digitale medier og ved tilføjelsen af nye moduler. Et eksempel kunne være tilføjelse af *instruktive videosekvenser* til de enkelte cases med henblik på at visualisere de procedurer som studerende bliver trænet i gennem de virtuelle øvelser. Et andet eksempel kunne være tilføjelse af *forklarende animationer* med henblik på at uddybe funktionaliteten af de enkelte virtuelle instrumenter. Et tredje eksempel kunne være at udforme de enkelte cases som *lagdelte forløb* der kan "gennemspilles" på forskellige læringsniveauer således at studerende der finder en case for let eller for svær, kan ændre sværhedsgrad.

*Didaktiske reorganiseringer* af det virtuelle laboratorium er gennemgribende ændringer af hele opbygningen af laboratoriet med henblik på at opnå andre former for læringsforløb eller tilpasse systemet til andre former for læringssituationer end hjemmearbejdet og det traditionelle klasserum. Et eksempel kunne være hvis man ville opbygge et virtuelt laboratorium der skulle være et *integreret modul i et online-kursus*, fx som led i et MOOC (massive online open course). Et andet eksempel kunne være opbygningen af et virtuelt laboratorium hvor der i stedet for fastlagte cases designet af Labster ville være adgang til at *undervisere og studerende selv kunne designe eksperimenter ud fra de foreliggende ressourcer* af virtuelle instrumenter, virtuelle kemiske substrater og opløsninger og virtuelle mikrobiologiske prøver. Et tredje eksempel kunne være en reorganisering af de virtuelle øvelser til at fungere mere som *egentlige spil med uforudsigelige begivenheder og forskellige former for modstand* (som i egentlige computerspil).

## Konklusioner

Som vi har vist her, er enzymer et godt område til at afprøve og undersøge udformningen af og brugen af virtuelle øvelser fordi emnet forudsætter og bruger en række forskellige kompetencer som elever og studerende kan have problemer med i gym-

nasiet og på de indledende biokemiske fag på universitetet. Det er klart at virtuelle øvelser hverken kan eller skal erstatte praktisk erfaring fra laboratoriearbejde, men der er tegn på at virtuelle øvelser kan *motivere* studerende til at *forberede* sig bedre, og frem for alt at de kan udgøre et godt *supplement til teoretiske kurser*. En kvindelig biomedicinstuderende fremhæver forskellen mellem forberedelse til hands-on øvelser og supplement til forståelse: "Det her hjælper os overhovedet ikke når vi skal i laboratoriet, det er slet ikke en forberedelse, men det er fantastisk at kunne sidde og få hjulpet på forståelsen ved en eksamen."

Forberedelse til hands-on øvelser og teoretisk supplement er to forskellige *brugs-scenarier* for virtuelle laboratorieøvelser, men der er i realiteten et tredje brugsscenarie som vi dog ikke har haft mulighed for at afprøve inden for rammerne af dette projekt, nemlig at virtuelle øvelser kan bruges som "erstatning" for hands-on øvelser der alligevel ikke ville blive gennemført grundet eksterne forhold som høje omkostninger, stort tidsforbrug eller sikkerheden ved øvelsernes udførelse.

Samlet set er det vigtigt at fremhæve at Labsters virtuelle laboratorium er under konstant udvikling, og at biokemiundervisere har haft indflydelse på dets udformning undervejs. Der er en række afgørende muligheder for at udnytte det digitale medie som supplement til læring i biokemi og bioteknologi, herunder enzymkinetik, som kan udvikles videre i fremtiden.

På tværs af de forskellige udviklingsmuligheder for det virtuelle laboratorium vil vi tilføje at det på basis af vores evaluering er lidt uklart om "indpakningen" af enzymøvelsen i en tredimensionel virtuel verden er afgørende for læringen set i forhold til mere centrale elementer som *modelsimulering, animationer, quizzer og feedback* (May, Skriver & Dandanell, 2013), men for nogle studerende er den virtuelle verden og den "spilagtige" udformning af laboratoriet i sig selv motiverende.

Det er dog vigtigt her at huske at den primære opgave i forhold til at forbedre undervisning er at udarbejde didaktisk velbegrundede undervisningsforløb og undervisningsformer der fremmer studerendes læring på tværs af skellet mellem forskellige medier. Både virtuelle øvelser og hands-on øvelser kan lide af de samme skavanker hvis de forbliver udformet som "køgebogsøvelser" med en høj grad af instruktion, men der er omvendt specifikke fordele ved virtuelle øvelser som kan udnyttes i fremtidens undervisning.

## Referencer

- Bruun, K., Geertsen, P.B. & Helmig, K. (2011). *Grundbog i bioteknologi 2*. Gyldendal.
- Domin, D.S. (1999). A Content Analysis of General Chemistry Laboratory Manuals for Evidence of Higher-Order Cognitive Tasks. *Journal of Chemical Education*, 76(1), s. 109-111.



- Hodson, D. (1990). Et kritisk blik på praktisk arbejde i naturfagene. *MONA*, 2008(3), s. 3-20.  
Oversat fra Hodson, D. (1990). A Critical Look at Practical Work in School Science. *School Science Review*, 71(256), s. 33-40.
- Hofstein, A. & Lunetta, V.N. (1982). The Role of the Laboratory in Science Teaching: Neglected Aspects of Research. *Review of Educational Research*, 1982 52(2), s. 201-217.
- Hofstein A. & Lunetta, V.N. (2004). The Laboratory in Science Education: Foundation for the 21st Century. *Science Education*, 88, s. 28-54.
- Johnstone, A.H. & Al-Shuaili, A. (2001). Learning in the Laboratory; Some Thoughts from the Literature. *University Chemistry Education*, 2001, 5, s. 42-51.
- Justi, R. (2002). Teaching and Learning Chemical Kinetics. I: J.K. Gilbert, O. de Jong, R. Justi & D.F. Treagust (red.), *Chemical Education: Towards Research-Based Practice*, s. 293-315. Kluwer Academic Publishers (Springer).
- Ma, J. & Nickerson, J.V. (2006). Hands-on, Simulated, and Remote Laboratories: A Comparative Literature Review. *ACM Computing Surveys*, 38(3), s. 1-24.
- May, M., Skriver, K. & Dandanell, G. (2013). Technical and Didactic Problems of Virtual Lab Exercises in Biochemistry and Biotechnology Education, *41th SEFI Conference*, 16.-20. september 2013, Leuven, Belgien. (European Society for Engineering Education).
- Myglin, H., Nielsen, O.V. & Axelsen, V. (2010). *Basiskemi B*. Haase & Søns Forlag.
- Nelson, D.L. & Cox, M.M. (2013). *Principles of Biochemistry*. W.H. Freeman and Company.
- Nielsen, O.V. & Axelsen, V. (2011). *Basiskemi A*. Haase & Søns Forlag.
- Niss, M. & Jensen, T.H. (2002). *Kompetencer og matematiklæring*. Uddannelsesstyrelsens temahæfteserie nr. 18 – 2002. Undervisningsministeriet. <http://pub.uvm.dk/2002/kom/hel.pdf>.
- Van Driel, J.H. & Gräber, W. (2002). The Teaching and Learning of Chemical Equilibrium. I: J.K. Gilbert, O. de Jong, R. Justi & D.F. Treagust (red.), *Chemical Education: Towards Research-based Practice*, s. 271-292. Kluwer Academic Publishers (Springer).

## English abstract

*The topic of enzymes is a key topic in biochemistry teaching. It presupposes as well as applies a number of fundamental concepts in chemistry and mathematics. We investigate problems of conceptual understanding and the challenges that students meet in this domain, as well as the potential role of virtual exercises in this context. We have specifically tested and participated in the development of a virtual exercise in enzyme kinetics. The Virtual laboratory of Labster provides learning opportunities based on animations, quizzes, and simulations. Focus groups with students from a number of biochemistry courses indicate that virtual exercises can be relevant as a supplement to theoretical courses or as preparation for hands-on exercises.*

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

# Aktuel analyse

# Hvad er kvalitet i matematik- og naturfagsundervisning?



Jens Dolin, Institut for Naturfagernes Didaktik, Københavns Universitet



Sebastian Horst, Institut for Naturfagernes Didaktik, Københavns Universitet



Keld Nielsen, Center for Scienceuddannelse, Aarhus Universitet

**Abstract:** Denne analyse forsøger at beskrive og diskutere de elementer der har betydning for om undervisning i matematik og naturfagene har kvalitet. Analysen er ment som oplæg til diskussionerne på BigBang-konferencen 19.-20. marts hvor kvalitet i undervisning er temaet for konferencesporet arrangeret af MONA. Først nævner vi en række generelle kvaliteter, og dernæst diskuterer vi hvad der kan ses som særligt ved undervisning i matematik og naturfagene. Til sidste fremhæver vi at kvaliteten i klasseværelset hænger sammen med kvaliteten i resten af systemet, fx skoleledelsen og målbeskrivelser, og at de politiske beslutningers kvalitet – eller mangel på samme – er afgørende.

Kvalitet i undervisningen er et begreb som på grund af dets mangetydighed er vel egnet til offentlig debat – og det bliver det da også brugt flittigt af især politiske aktører. For ikke mange år siden var for regeringens kvalitetsmål for folkeskolen lig med placering i PISA. For gymnasiet bruges kvalitet ofte lig faglighed – som af mange måles gennem elevernes karakterer og via overgang til videregående uddannelse. På de videregående uddannelser er der fra politikere og erhvervsliv en øget tendens til at se kvalitet som relevans: Får kandidaterne et job i det private erhvervsliv?

Der er således frit slag til at udtale sig og lige så mange muligheder for at tale forbi hinanden. En af grundene til denne mangel på fælles forståelse er at kvalitet italesættes og forstås forskelligt på forskellige niveauer.

På et *samfundsmæssigt niveau*, hvor der tales i presse og tv og politiske fora, relateres til samfundsmæssige størrelser som fremtidskompetencer, dannelsesorientering, masse/elite, dimensionering, erhvervsrelevans o.l. – begreber som er politisk

og værdimæssigt funderede og derfor åbne for politisk debat. Her er der ikke noget som er rigtigt, men der er forskellige meninger, ofte funderet i forskellige politiske opfattelser.

Anderledes forholder det sig med kvalitetsopfattelsen på *undervisningsniveauet*. Her italesættes kvalitet med begreber som forskning viser, er centrale for at muliggøre tilegnelse af uddannelsens kompetencer. Det er størrelser som progression, feedback-former, it-brug, forskningsbaseret, evalueringsformer etc., altså kendte, didaktiske begreber der indfanger den gode undervisning.

Det er mellem disse to niveauer meningerne ofte brydes på en uproduktiv måde. Forskellige kvalitetsopfattelser (interesser) påvirker politikernes indgreb i skolers og uddannelsesinstitutioners uddannelsesplanlægning og -afvikling således at lærere og ledelser på skolerne skal ændre praksis, ofte på en måde som de opfatter, vil forringe kvaliteten af undervisningen. Ét kvalitetsbegreb på et niveau spænder ben for et kvalitetsbegreb på et andet niveau.

I dette komplekse felt af kvalitetsforståelser vil vi pege på to aspekter som er vigtige at inddrage i kvalitetsdiskussionen. Det ene er at have kvalitetsmål som er rettet mod lærernes undervisning og elevernes læring, og det andet er at relatere kvalitetsovervejelser til formålet med uddannelsen.

## Kvalitet = Elevers læring

Grundlæggende må kvalitet i undervisningen handle om elevernes læring – altså jo større kvalitet i undervisningen, jo højere potentiale har den for at eleverne lærer det de skal. Dette peger selvsagt på en række problemer: Hvorledes måles det? Hvad skal de lære? Hvorledes kan vi skelne mellem de faktorer der direkte indgår i undervisningen, og rammebetingelserne?

Her bruges begrebet "evidens" oftere og oftere i uddannelsespolitiske diskussioner: Er der evidens for at det ene er bedre end det andet? Det er imidlertid vigtigt at gøre sig klart at egentlig evidens om hvad der er bedst i en konkret sammenhæng, ikke er mulig at opnå inden for uddannelse (Dolin, 2013, s. 140).

Det evidensbegreb der oftest kommer til udtryk, handler om målbare og signifikante korrelationer mellem årsag og virkning – noget vi jo godt kender fra naturvidenskaberne, men som er næsten umuligt at operere med i undervisning. Det ville kræve at man gennem længere tid kunne fastholde alle variable konstant, mens man kun varierede én, fx brugen af en lærebog eller bestemt laboratorieudstyr. Man kunne så herefter sige at det ene var bedre end det andet. Men alt andet er aldrig helt lige, alene det at vi har med mennesker at gøre, for der er jo aldrig det samme elevgrundlag, de samme relationer mellem elever og til læreren etc.

Det kan man prøve at komme ud over ved at anvende meget store datamængder,

men så kommer et andet problem: Man kan kun håndtere så store datamængder for forholdsvis simple data. Bare at håndtere et helt undervisningsforløb med alle de variable der indgår, er helt umuligt. Det ender altid med forholdsvis få elementer der nemt kan tælles op – og som ikke nødvendigvis er så vigtige i den aktuelle undervisning, eller som i hvert fald skal tilpasses den aktuelle situation. Derfor hjælper den kvantitative evidensbasering os ikke meget med at få øje på hvad der giver kvalitet i undervisningen.

I de typiske opgørelser over lærere og folkeskolers præstationer sættes der lighed mellem elevernes karakterer og undervisningens kvalitet – evt. justeret ud fra elevernes sociale baggrund. Får eleverne på skolen et højere gennemsnit end landsgennemsnittet korrigeret for forældrenes uddannelsesmæssige og økonomiske baggrund, konkluderes det at skolen leverer høj kvalitet i undervisningen. Det ved vi jo strengt taget ikke noget om, men der er da forhåbentligt en sammenhæng, kunne man sige.

Under alle omstændigheder er der intet i sådanne talopgørelser der hjælper matematik- og naturfaglærere til at øge kvaliteten i deres undervisning.

Hvis kvalitet er noget vi efterrationaliserer os til – altså at vi først når undervisningen er overstået, tør udtale os om kvaliteten – må det være fordi vi ikke ved nok om sammenhængene. Vi må kunne forlange af os selv at vi har et bud på kvaliteten af en undervisning når vi blot forelægges undervisningens planer, rammer, vilkår og gennemførelse.

## Generelle indikatorer for kvalitet i undervisning

Der findes aspekter som kan siges at kendetegne al god undervisning. Hilbert Meyer giver fx i 2005 et bud på disse baseret på en række internationale, og især tyske, empiriske studier (her citeret fra Dolin, 2013, s. 139):

- Klar strukturering af undervisningen
- En betydelig mængde ægte lærertid
- Lærerefremmende arbejdsklima
- Indholdsmæssig klarhed
- Meningsdannende kommunikation
- Metodemangfoldighed
- Individuelle hensyn
- Intelligent træning
- Transparente præstationsforventninger
- Stimulerende læringsmiljø

Meningen med disse meget generelle kendetegn er ikke at se dem som nødvendige ingredienser i en opskrift, men som fornuftige grundregler for at bedrive undervis-

ning. Der er vel ingen grund til at antage at disse ikke også gælder for matematik og naturfagene.

Desuden kan man henvise til forskning der udtrækker viden fra mange forskningsrapporter, de såkaldte metastudier. John Hatties (2013) "Synlig læring" er et meget brugt eksempel på et sådant metastudie. Baseret på mange tusinde forskningsprojekter omhandlende relationen mellem undervisning og læring kan Hattie drage nogle meget generelle konklusioner (som også kan problematiseres da der sammenlignes studier fra forskellige kulturer, forskellige klassetrin osv.). Det viser sig – heldigvis – at det vigtigste er eleven selv. Høj selvværd giver god læring. Det næst vigtigste er læreren; troværdige lærere giver høj læring. Først derefter kommer forskellige undervisningsformer – og af disse er formativ evaluering og feedback de mest effektive.

Der er således forskningsmæssigt belæg for at øget brug af formativ evaluering og gode feedbackformer vil øge elevernes læring. Måske ikke overraskende, men det sætter i hvert fald den formidlende, transmitterende undervisning i et læringsmæssigt dårligt lys.

## Specielle undervisningstilgange i matematik og naturvidenskab der giver kvalitet?

Men er der særlige kendetegn ved god undervisning i de matematisk-naturvidenskabelige fag: Har fagenes egenart betydning for hvordan vi ser på kvalitet?

Ofte diskuteres det hvordan fagenes egenart i form af en tilstræbt upersonlig og mekanistisk tilgang til verden kan virke demotiverende på elever. At kunne overkomme dette dilemma i undervisningen, kan ses som en stor kvalitet. En måde at give mere plads til elevernes tankestrukturer, uden at miste fagenes logisk-deduktive egenart, er at arbejde med mere *narrative* arbejdsformer, fx i form af fagenes historie og se på hvordan centrale begreber er udviklet gennem dialog, forsøg, fejl og argumenter.

Det er klart at undervisning ikke kan nøjes med et værdigrundlag fra den viden som leverer indhold og metoder til undervisningen. Men den kan heller ikke negligere de værdier som følger med. Vi vil mene at god undervisning også må være *kulturformidlende*, altså bidrage til at elever lærer hvad det er for en "kultur" som har frembragt så meget viden og så mange metoder og teknikker. Eleverne kan gennem disse fag lære en bestemt måde at tilgå verden på, med de styrker og svagheder denne tilgang har. Dette forudsætter dog at det inddrages aktivt i undervisningen. Der skal gives plads til fagenes metaperspektiver; viden "om" fagene.

Et andet konstituerende træk ved de naturvidenskabelige fag er deres *eksperimentelle* dimension. Dette gælder naturligvis især naturvidenskaberne, men også matematik kan bedrives eksperimentelt. Der er en stor kvalitet i at lade eleverne arbejde eksperimentelt, hvad enten det er i et laboratorium eller i felten, således at de

erkendelser de opnår her, bidrager til en dybere forståelse, både teoretisk og affektivt. Let er det ikke. Det er lettere at afvikle velprøvede kagebogsøvelser eller lade eleverne lege ustruktureret, end det er at lede dem gennem virkelighedens kompleksitet uden at styre det hele.

Især i gymnasiet er der en årrække arbejdet med *anvendelsesorientering* som en særlig tilgang til de naturvidenskabelige fag (Holm & Jacobsen, 2014). Formålet har været at etablere stærkere bånd mellem skolens omgivelser og arbejdet i fagene. Et af nøgleordene i de mange udviklingsprojekter under denne betegnelse er *autenticitet*. Herved forstås at undervisningen giver mening for eleven personligt, er samfundsmæssig relevant og er så tæt på rigtig naturvidenskab som muligt. Evalueringerne af disse forsøg viser at såvel elever som lærere oplever større engagement i undervisningen.

De seneste år er IBSME – Inquiry Based Science and Math Education – blevet ret udbredt, måske især i Europa, og fokus på at gøre undervisningen *undersøgelsesbaseret* er nu også ved at vinde indpas i undervisning i Danmark. Ideen er at forskning grundlæggende handler om at stille og besvare spørgsmål, og at sådanne processer er mere motiverende for elever end at få svarene, samtidig med at processerne har et stort læringspotentiale. Vi kunne godt skrive en masse om IBSME da vi finder den tilgang meget lovende, om end udfordrende. Det er dog allerede gjort tidligere i MONA (fx Harlen, 2011, Kruse, 2013, Michelsen, 2011, Østergaard et al., 2010) samt en række efterfølgende kommentarer til disse artikler). Lige her er det vigtigt for os at understrege at der ikke er noget der tyder på at elever bliver dårligere fagligt til de fag hvori de undervises med en undersøgelsesbaseret tilgang. Og der er samtidig meget der tyder på at elever bliver mere motiveret. Deres selvværd øges – den vigtigste enkeltfaktor ifølge Hattie til øget læring!

## Kvalitet bestemt gennem formålet med undervisningen

Alle uddannelser har et fagligt sigte, ofte med et uskønt udtryk kaldet fag-fagligt fordi en række generiske kompetencer (innovation, kreativitet, samarbejdsevne etc.) fylder stadig mere. Folkeskolen har altid haft et stærkt dannende element, i nogens øjne på bekostning af det (fag)faglige. Jo højere uddannelsesnivea, jo højere vægtes de (fag)faglige kompetencer, men også de videregående uddannelser har et alment, samfundsorienteret sigte ud over (fag)fagligheden. Det er en vigtig pointe at disse generiske kompetencer såvel som dannelseselementerne skal læres som en integreret del af det fag-faglige. Eleverne og de studerende skal lære at bruge deres fag innovativt, at kunne bruge faget sammen med andre fag etc. Og allerede her kan vi se at et udsagn som at der er sket en generel sænkning af det faglige niveau, at eleverne og de studerende er blevet fagligt svagere, er svær at evidensbasere. De faglige krav er

simpelthen ændret dramatisk de sidste 10-20 år, således at man sammenligner meget forskellige størrelser. Og ja, omfanget af den konkrete viden, eleverne og de studerende har i dag, er sandsynligvis mindre, mens evnen til at bruge den og reflektere over den sandsynligvis er blevet større.

Ofte opstilles en modsætning mellem at opfylde de (fag)faglige krav og samtidigt tilgodese de almene, dannelsesmæssige, generiske krav. I folkeskolen formuleret som en modsætning mellem dannelsesaspektet og faglighed, i gymnasiet som dilemmaet mellem undervisning rettet mod studieegnethed i fagene og dannelse i fagene, på de videregående uddannelser som en modsætning mellem videnskabsorienteringen og erhvervsrettethed. Men for os at se er det ikke et ægte dilemma. Det er en del af fagene at arbejde med deres danneseelementer, og også videregående studier i matematik og naturvidenskab kræver metaviden om fagene. Desuden viser bl.a. engelske erfaringer at det ikke vil mindske rekrutteringen til de videregående naturvidenskabelige studier at have større vægt på samfundsmæssige problemstillinger og metaperspektiver (dvs. fokus på scientific literacy) i naturfagsundervisningen (Millar, 2010).

Vi vil opfatte det som en kvalitet ved undervisningen at den formår at vægte de (fag)faglige og de almene, generiske elementer på en fornuftig måde, og især at undervisningen naturligt integrerer de forskellige elementer i fagligheden, således at eleverne og de studerende får et helt og nuanceret fagsyn.

## Kvalitet – en lang kæde af relationer

Men klassen er jo ikke en selvstændig enhed, og kvalitet i undervisningen kan ikke ses uafhængigt af de rammer som undervisningen indgår i. Undervisning er ikke et mål i sig selv, men et middel til at opnå noget bestemt hos eleverne (viden, færdighed, kompetencer, personlig udvikling, demokratisk indsigt, studieparathed etc.). Så med mindre undervisningens mål/resultater er beskrevet klart og forståeligt, og de er modsætningsfri og principielt realiserbare, så kan man ikke tale om hvorvidt en tilhørende undervisning har kvalitet eller ej. Hertil kommer det mere politiske aspekt, at målene er "fornuftige", at de giver mening for de umiddelbart involverede, og at de giver mening set i et samfundsperspektiv. Hvad dette vil sige, er et politisk spørgsmål og genstand for løbende offentlig debat. Men hvis de der udfører og er genstand for undervisningen, skal se kvalitet i målene, skal de inddrages aktivt i deres tilblivelse. På et ret overordnet niveau forudsætter kvalitet i undervisningen således kvalitet i undervisningsministeriets arbejde.

Realiserbarheden i undervisningsmålene er ikke blot en udfordring for den enkelte lærer. Læreren er afhængig af at den institution han eller hun arbejder på, er organiseret på en sådan måde at det støtter læreren i arbejdet. Hvis for eksempel målene bygger på (stiltiende) forudsætninger om samarbejde, er det afgørende at skolen



ledes så det fremmer lærersamarbejde. Skolens ledelse skal opstille produktive rammer for undervisningen, og skal have kapacitet til at hjælpe de lærere der har behov for støtte. Desuden skal skolen støtte i forhold til resurser og fysiske rammer. Det er ledelsens opgave at skabe rum og rammer for lærernes samarbejde og deres fælles udvikling. Og at lærerne får tid til refleksion. Kvalitet i undervisningen forudsætter altså kvalitet i skolens ledelse.

Da samfund, skoler og fag er i en evig udvikling, er det også nødvendigt at skoler og skolesystemer er i stand til at forvalte udfordringen med at sørge for lærernes løbende professionelle udvikling. I gamle dage hed det "efteruddannelse" og var en individuel sag for de lærere der ønskede at komme på kurser. Men den tid er forbi. Efteruddannelse hænger nu uløseligt sammen med den institutionelle udvikling af skolen, dens resurser, dens samarbejdskultur, dens identitet, dens samarbejde med nærområdet. Og ude i klassen er læreren direkte ladt i stikken hvis der ikke tilbydes ordentlige rammer for professionelt virke og professionel udvikling.

Da der hele tiden fremkommer krav om en optimering i læringen – undervisningen skal udvikle hver elevs fulde potentiale – er der hele tiden brug for justeringer og optimeringer af en type der rent faktisk kan udnyttes af læreren i den situation som han eller hun pt står i. Det betyder at ordentlig professionel udvikling skal være båret af indsigt i hvad der skal til for at løse de løbende og stigende krav. Lærernes professionelle udvikling skal være forskningsbaseret og i en eller anden forstand kumulativ. Det stiller krav til udbydere af kurser og anden efter-/videreuddannelse – professionshøjskoler og universiteter – og deres didaktiske forskning og formidling. Ringe kvalitet i udbuddet af efter-/videreuddannelse giver ringe kvalitet i undervisningen.

Denne sidste forpligtelse rækker tilbage til lærerens uddannelse. Gør professionshøjskoler og universiteter det ordentligt? Kunne det blive bedre? Er grundskolens og gymnasiets lærere uddannet og klædt på så de har den optimale baggrund for at levere kvalitetsundervisning i den forstand at undervisningen bringer hver enkelt elev så langt i retning af de opstillede mål som det er muligt? Og er lærerne klædt på til at lave analyser og refleksioner over deres egen undervisning i situationer hvor de opdager at noget ikke er godt nok? Har de overhovedet redskaber (ud over summative prøver og eksaminer) til at finde ud af om de gør fejl. Det er svært at opnå kvalitet – det gælder også på en fabrik der fremstiller et produkt – uden redskaber til at måle og kvalitetschecke og holde styr på processen. Så kvalitet i undervisningen forudsætter kvalitet i læreruddannelsen. Formanden for Regeringens Kvalitetsudvalg, Jørgen Søndergaard, tager denne debat op i et indlæg i Politiken 29. januar og foreslår en kulegravning af om vi uddanner vores lærere og undervisere godt nok.

Og at svare bare nogenlunde på det – om vi har en folkeskolelæreruddannelse og en gymnasielæreruddannelse med kvalitet – forudsætter eksistensen af en levende og informeret debat om hvordan vi underviser bedre, og hvordan vi bedst uddanner

lærere. Det kræver at for eksempel de faglige foreninger (og didaktiske tidsskrifter som MONA) løser deres opgaver “med kvalitet”. Men det kan de ikke gøre hvis landet fagdidaktisk er underernæret. Der skal være dialogpartnere, og der skal være debatører som har overblik og er internationalt velorienterede og har netværk og projekter at trække på. Kvalitet i undervisningen forudsætter kvalitet i de fagdidaktiske diskussioner og institutioner.

Eksistensen af kvalitet i fagdidaktikken forudsætter at der er personer der kan arbejde kontinuert og systematisk med fagdidaktik, forske og systematisk udvikle undervisning i fagene og på tværs af fagene. Det kan de hvis der er gode nok rammer til det. Rammerne leveres af staten på baggrund af politiske beslutninger. Så kvalitet i fagdidaktikken forudsætter kvalitet i de politiske beslutninger.

Altså hænger kvaliteten i klasseværelset sammen med kvaliteten af de politiske beslutninger. Kan man levere god kvalitet i undervisning i tilfælde af dårlige politiske beslutninger? Ja, det er muligt, men det er på trods. Kan man levere kvalitet i undervisningen uden kvalitet i de fagdidaktiske forsknings- og uddannelsesinstitutioner? Ja, men det bliver usystematisk. Kan man levere kvalitet i undervisningen uden at den er understøttet af skolen? Ja, men det er op ad bakke og den bliver ikke anerkendt. Kan man levere kvalitet i undervisning uden at man som lærer har de nødvendige kompetencer og redskaber til at planlægge, gennemføre og evaluere undervisningen? Ja, men den er tilfældig.

Vi ser frem til at fortsætte diskussionerne om kvalitet på BIGBANG-konferencens MONA-spor 19.-20. marts.

## Referencer

- Dolin, J. (2013). *Undervisning og læring*. I: Damberg, E., Dolin, J., Ingerslev, G.H. & Kaspersen, P. Gymnasiepædagogik – En grundbog. 2. udgave. Hans Reitzels Forlag.
- Harlen, W. (2011). Udvikling og evaluering af undersøgelsesbaseret undervisning. *MONA*, 2011-3, s. 46-70.
- Hattie, J. (2013). *Synlig læring – for lærere*. Dafolo.
- Holm, C. og Jacobsensen, L. B. (2014). Anvendelsesorientering i de naturvidenskabelige fag. Afrapportering fra runde 4 af udviklingsprojektet – erfaringer fra fem gymnasieudviklingsprojekter. København: Institut for Naturfagernes Didaktik, Københavns Universitet. (<http://www.ind.ku.dk/projekter/anvendelse4/>)
- Kruse, S. (2013). Hvor effektive er undersøgelsesbaserede strategier i naturfagsundervisningen? *MONA*, 2013-2, s. 24-48.
- Michelsen, C. (2011). IBSME – inquiry-based science and mathematics education. *MONA* 2011-3, s. 74-77.

- Millar, R. (2010). Increasing participation in science beyond GCSE: the impact of Twenty First Century Science. *School Science Review*, 91(337), 67-73.
- Østergaard, L.D., Sillasen, M., Hagelskjær, J. & Bavnhøj, H. (2010). Inquiry-based science education – har naturfagsundervisningen i Danmark brug for det? *MONA 2010-4*, 2010, 25-43.

## English abstract

*This analysis intends to start a debate on what 'quality' in mathematics and science education means. At the BIGBANG conference March 19-20 2015 in Roskilde this is the topic of the strand arranged by MONA; our analysis starts with a discussion of some general characteristics of quality in education. We then discuss more specific aspects that can be said to distinguish quality in math and science. Finally we emphasize that quality in teaching is closely connected with the quality of the rest of the educational system, e.g. school management, and especially the quality of the decisions made at the political level.*

# Kommentarer

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

# Efter-/videreuddannelses-eventyret – for matematiklærere



Vibe Aarkrog, Aarhus  
Universitet

Det er med stor interesse at jeg har læst Thomas R.S. Albrechtsen og Mie Engelbert Jensens artikel i *MONA*, 2014(4), om efter- og videreuddannelse (EVU) af matematiklærere. Min interesse udspringer af mange års erfaring med forskning i transfer og samspillet mellem arbejdsliv og læring. Og artiklen er interessant fordi den viser at deltagerne i et modul på matematikvejlederuddannelsen, (en PD), møder de udfordringer som også transferforskningen har vist, er forbundet med at anvende det man har lært i en situation, i en anden mere eller mindre lignende situation. Der er således fokus på det tredje af Frank Lipowskys niveauer til vurdering af effekten der omtales i artiklen side 30-31, nemlig det niveau der drejer sig om at deltagerne ændrer deres undervisningspraksis som følge af deltagelse i efteruddannelse.

Det fremgår af artiklen at diplomuddannelsen ligesom mange andre EVU'er er kendetegnet ved et hjemme-ude-hjemme-forløb. Denne vekslen skulle give de bedste muligheder for at deltagerne kan anvende det de lærer ude på kurset når de kommer hjem. Men sådan går det ikke helt, og artiklen har godt fat på at det i høj grad er hjemmedelene af forløbet der skal gøres noget ved hvis transfer skal styrkes.

Artiklen afspejler på denne måde resultaterne af forskningen i transfer. Med udgangspunkt i disse resultater drejer tekster om transfer sig ofte om to matricer der kan anvendes til at forstå hvorfor eller hvorfor ikke transfer lykkedes.

Den ene matrix er at man skal forstå et uddannelsesforløb (typisk EVU-forløb) som bestående af en før-, under- og efterfase. Traditionelt ligger efter- eller videreuddannelsesforløbet i underfasen, det som i artiklen betegnes som "ude". Med henblik på at styrke transfer indeholder uddannelsesforløbet i stedet for en førfase hvor man på arbejdspladsen forbereder deltagelsen i kurset/uddannelsen, en under-fase hvor deltageren er på kursus, og en efterfase hvor deltageren anvender det hun har lært, i sit arbejde.

Artiklen sætter fokus på de tre faser og peger fint på de udfordringer der kendetegner de tre faser, og som kan systematiseres ved at anvende den anden matrix til forståelse af transfer. Denne matrix indeholder tre typer af faktorer der har betydning

for transfer: hos deltageren i uddannelse, i undervisningssituationen (kurset) og i anvendelsessituationen (Wahlgren, 2009; Wahlgren & Aarkrog, 2012).

De to matricer kan kombineres, således som Nikolaj Stegeager har gjort det i sin ph.d.-afhandling om masterstuderendes transfer (Stegeager, 2014), således at man kan beskrive hvilke forhold man skal være opmærksom på hos deltageren, i undervisningssituationen og i anvendelsessituationen i henholdsvis før-, under- og efterfaserne.

Med udgangspunkt i transferforskningen er det for det første væsentligt i førfasen at der bruges tid på at præcisere hvad medarbejderen har behov for at udvikle i sin praksis. Medarbejderens motivation for at anvende det han lærer på en uddannelse, hviler på at han har et behov for at lære netop dette. Udgangspunktet er ikke kursuskataloget, men medarbejderens aktuelle udfordringer i sin praksis. Først når medarbejderen (i artiklen læreren) har præciseret hvad han/hun gerne vil kunne gøre anderledes i sin praksis, kan man begynde at overveje om dette kræver at læreren deltager i et kompetenceudviklingsforløb, og i givet fald hvilket. Artiklen belyser problemstillingen idet der stilles spørgsmålstegn ved "om den enkelte lærer har mulighed for at vælge den form for EVU, som han eller hun selv ønsker og har behov for", side 28. Ja, her er en udfordring hvis man ønsker at styrke transfer fra EVU til arbejdspraksis. Og jo mere kontakt den enkelte arbejdsplads og kursusudbyder har, jo bedre kan kursusudbyder "ramme" lærernes behov.

Førfasen skal også bruges til at planlægge arbejdspladsens opgaver i under- og efterfaserne. Forskningen viser at det er vigtigt for transfer at arbejdspladsen planlægger hvordan deltageren i efteruddannelse kan støttes i at afprøve noget af det der læres på kurset undervejs i kursusforløbet (hvis det er tilrettelagt som et vekseluddannelsesforløb), og ikke mindst i at fastholde og anvende det lærte i efterfasen. Dette kan blandt andet understøttes, som det også fremgår af artiklen, hvis arbejdspladsen sender mindst to afsted på samme kursus.

Som det også fremgår af artiklen, side 31-32, drejer underfasen sig om kursets indhold og pædagogik hvor transferforskningen peger på at følgende to forhold har betydning for deltagerens transfer:

Deltageren skal opfatte kursusforløbet som relevant i forhold til sin praksis hvilket betyder at kurset skal være praksisrelateret (Aarkrog, 2010) og skabe tydelige forbindelser til anvendelsessituationen, fx ved at deltagerne giver eksempler fra eller arbejder med problemstillinger fra deres hverdag. Og deltagerne skal undervises i hvordan de kan anvende det de lærer når de kommer hjem.

Deltageren skal forstå og mestre stoffet på kurset for at kunne anvende det lærte. Det betyder at det styrker transfer hvis man på kurset går i dybden med relativt få ting med henblik på at deltageren får mulighed for at gentage og øve det lærte.

Endelig peger artiklen på nogle vigtige forhold i efterfasen: Det er fint at kunne fordybe sig; det er godt at kunne reflektere, men det er ikke altid at man kommer

videre, som Maja siger, side 37. Transferforskningen viser at transferklimaet på arbejdspladsen har afgørende betydning for om deltagerne kommer til at anvende det de har lært. Transferklimaet drejer sig væsentligst om om nogen, fx en supervisor eller en udpeget kollega, støtter medarbejderen i at anvende det lærte ved at motivere og fastholde og give medarbejderen feedback på afprøvningen. Artiklen viser det opfattes som en kamp at komme til at anvende noget af det lærte eller at bringe sin viden i spil i organisationen, for ellers “går den nye viden langsomt tabt og forbliver privat”, side 39. Og eventyret ender dårligt.

Så tak for denne artikel der kan inspirere til videreudvikling af vores efter- og videreuddannelsesforløb hvis vi da ellers forstår at omsætte og anvende resultaterne fra artiklen i praksis.

## Referencer

- Stegeager, N. (2014). *Viden i bevægelse: En undersøgelse af masterstuderende i spændingsfeltet mellem uddannelse og arbejdsplads*. Ph.d.-afhandling. Aalborg Universitet.
- Wahlgren, B. (2009). *Transfer mellem uddannelse og arbejde*. NCK, Aarhus Universitet.
- Wahlgren, B. & Aarkrog (2012). *Transfer. Kompetence i en professionel sammenhæng*. Århus Universitetsforlag.
- Aarkrog, V. (2010). *Fra teori til praksis. Undervisning med fokus på transfer*. Munksgaard.

# Der var engang en gang



Mikael Skånstrøm, VIAUC,  
Læreruddannelsen & hf i  
Nørre Nisum

Der var engang en gang – og for enden af den gang forsøger de to eventyrlystne undervisere Thomas R. S. Albrechtsen og Mie Engelbert Jensen i MONA 2014 – 4 i artiklen *'Efter-/videreuddannelseseventyret – for matematiklærere'* at kaste lys over eftervidereuddannelsens dunkle effektmørke.

Forfatterne anvender Frank Lipowskys lygte til at lyse med. Den kan lyse fire niveauer op sammen med Lipowskys læreres-lærings-labyrintagtige model. Desværre kaster artiklen kun lys over det første af de fire niveauer, nemlig det der angår de deltagende læreres egne refleksioner, mens de tre øvrige om udvidelsen af lærerkognitionen, forandring af undervisningspraksis og – ikke mindst – effekten på eleverne forbliver u-belyste.

Det er rigtigt ærgerligt, og på den måde bliver det også vældig vanskeligt at besvare det spørgsmål, forfatterne stiller lige fra starten: Hvad kendetegner et godt efter-/videreuddannelsesprogram for matematiklærere i folkeskolen? Jeg finder ikke svaret på det spørgsmål, men det er nok heller ikke meningen, og artiklen ender da også med en række nye spørgsmål og et ønske.

Afslutningsvis spørges der nemlig til motiverne til efter-/videreuddannelserne, til ønsker og behov og til strukturen af efter-/videreuddannelserne, og så har forfatterne det ønske, at artiklen kan være med til at igangsætte en dialog på skolerne og i kommunerne. Det ønske bifalder jeg, og jeg ved, at nogle skoler og kommuner – og tilmed Undervisningsministeriet – allerede har tænkt tanker omkring efter-/videreuddannelserne.

Med udgangspunkt i de erfaringer, jeg personligt har med arbejde på flere forskellige måder i alle de fire temaer, der angives på side 29 i artiklen, og i forfatternes opbygning af artiklen, vil jeg her efterfølgende kommentere artiklen i hjemme-ude-hjemme perspektivet.

Og så tillader jeg mig at udnytte denne mulighed til at sætte nogle punkter på dagsordenen til den omtalte, ønskede dialog, samt tilføje to andre mulige modeller: Ude-hjemme-ude og hjemme-hjemme-hjemme.



## **Hjemme (- Ude - Hjemme)**

For de fire lærere i fokusgruppeinterviewet synes motiverne til at deltage i det enkelte modul på PD-uddannelsen, der er omdrejningspunktet i artiklen, noget blandede og tilfældige. Forfatterne forsøger indledningsvis at skelne mellem efter – og videreuddannelse og bruger tiden, hvor læreren er på uddannelsen, som et afgørende parameter, men har dog også øje for den gråzone, der er imellem de to begreber, som for tiden bruges i flæng.

En af lærerne, Maja, bliver citeret for at den opgave, hun skal skrive i forbindelse med modulet for at få sine ti ECTS-point, har fyldt så meget, at den skygger for alt andet.

Blandt andet på grund af den afsluttende eksamen personliggøres den studerendes arbejde i den pædagogiske diplomuddannelse i voldsom grad – med mindre forløbet organiseres, så den inddrager andre end den studerende selv, nemlig kollegerne og lederen tilbage på skolen.

Der skal være et klart formål med at efter-/videreudanne sig, og det kan være defineret af både læreren, faggruppen og skolelederen. I dette aktuelle tilfælde med et enkelt PD-modul bliver formålet 'tydeligt uklart', mens jeg ser det entydigt tydeligt, hos de lærere, jeg har haft på mine PD-moduler, da hvert af modulerne har til formål at være en del af uddannelsen til matematikvejleder, og lærernes motivation har været båret af at der venter en funktion tilbage på skolen.

Else J., der netop har afsluttet de tre grund-moduler, bidrager her til denne kommenterende artikel med disse spørgsmål:

*Hvilke forventninger har skolelederne til matematikvejlederuddannelsen?*

*I hvor høj grad er skolelederne klar over, hvad uddannelsen indebærer, og hvilke kvalifikationer de pågældende lærere opnår?*

*I hvor høj grad er skolelederne aktivt involverede i at sætte disse kvalifikationer i spil efterfølgende?*

*Hvordan kan vi opnå flere fagdidaktiske diskussioner på skolerne?*

*Hvad kan skolelederen gøre, og hvad kan matematikvejlederen gøre?*

*Hvor befinder fagteamet sig i denne sammenhæng?*

Om end den type kurser, der i denne sammenhæng kaldes efteruddannelse i form af fx en-dages kurser i CFU-regi, er af en anden konsistens end et PD-forløb, burde de alligevel afstedkomme en tankerække a la Elses ovenstående!

Så – ingen bør vel sendes af sted før disse spørgsmål er afklarede!?

## **Hjemme (- Ude - Hjemme)**

Uanset om ovenstående afklarende samtaler har fundet sted, og uanset om de enkelte moduler i PD-forløbet er struktureret som et samlet seks-ugers-forløb eller en eftermiddag om ugen i ti uger, så er det vel bydende nødvendigt, at den studerende

oplever sammenhæng mellem studiet og praksis – at de så at sige ikke føler sig ‘alene hjemme’, selv om de er ude.

PD-modulerne er beskrevet med læringsmål og indhold, og det giver jo underviserne en enestående chance for at tilpasse modulet til den aktuelle lærergruppe. Den situation har de set i Holstebro Kommune og de har derfor ønsket, at underviserne tilrettelægger modulet, så de studerende har opgaver, der kræver, de kommer tilbage på skolen undervejs i forløbet. På denne måde ønsker man at fastholde kontakten og bidrage til, at der skabes sammenhæng for både den studerende og de lærere, der ikke lige kom på modulet.

I Holstebro-tilfældet har det ikke været så vanskeligt et ønske at opfylde, da den opgave, som Maja i de foregående afsnit bokser så meget med, her har været en case-baseret eksamensopgave med udgangspunkt i egen praksis og udmunding i forslag til mulige ændringer.

Og så er der stadig både tid og rum til det, som eks-studerende Else J. her beskriver:

*“Ja, det er meget vigtigt, at vi i uddannelsesforløbet får sat spørgsmålstegn ved vores egen praksis. Hvordan bevarer vi den kritiske refleksion, når vi er tilbage på skolen? – Det, som Peter Dahler-Larsen kalder ‘at have som vane at være skeptisk over for sine vane’” (citeret efter hukommelsen).”*

Jeg forestiller mig, at der for Else og andre, der har været gennem et forløb med ovenstående indhold (og tænker og handler som hende), er gode muligheder for at komme til både niveau to og tre i Lipowskys effektmodel – niveauerne med udvidelsen af lærerkognitionen, forandring af undervisningspraksis.

Efteruddannelsen, de typiske en-dages kurser, har slet ikke samme gode muligheder. Bare ordet kursus indikerer noget andet end ordet modul. Kurset er skruet sammen og beskrevet af kursusholder og har oftest et forholdsvis snævert og formidlende indhold.

Og lærerne melder sig i tro på og håb om de kan få noget med hjem.

Forfatterne angiver fire aktuelle temaer for efteruddannelse, og de vil helt sikkert holde nogle år endnu – stærkt suppleret af implementeringen af Forenklede Fælles Mål.

## **Hjemme (- Ude - Hjemme)**

Dette afsnit er forstemmende læsning, hvor de interviewede lærere simpelt hen er ladt ‘alene hjemme’.

Hvis man nu havde været omhyggelig med de to ovenstående positioner, altså taget stilling til formålet med videreuddannelsen og skabt sammenhæng til arbejdet i skolen, tænker jeg ikke, at lærerne havde behøvet at få det som Susanne og Per i artiklen – Susanne der skal til at ‘kæmpe en enekamp’ og ‘få startet en kultur’ og Per der bare gerne vil have noget tid, nogle timer, som en slags anerkendelse og til at dele sin nyerhvervede viden med andre.

Så – hvis ikke det lykkes at skabe klar sammenhæng mellem de tre eventyrlige positioner, er der ikke en særlig god grobund for en lykkelig slutning.

### *En lykkelig slutning!*

Jeg har ændret spørgsmålstegnet i artiklens overskrift til et udråbstegn, og jeg vil her, som lovet i indledningen, afslutningsvis kort skitsere yderligere to modeller.

Den første kan hedde **ude-hjemme-ude** og er fx beskrevet i artiklen 'Brug af didaktisk teori i lærerens udvikling af modelleringsprojekter i matematik' (Blomhøj & Kjeldsen, 2014).

Her beskrives, hvordan kursisterne starter på et tre-dages seminar, som består dels af oplæg og dels af samarbejde i grupper med at designe undervisningsforløb, der efterfølgende afprøves hjemme. En tid efter mødes man så igen og fremlægger og deler erfaringer på et nyt seminar.

Den anden kan vi så kalde **hjemme-hjemme-hjemme**-modellen. Den model er iscenesat af Undervisningsministeriet, men selv om de nok ikke kalder den for netop det, kan det i denne sammenhæng give vældig god mening.

Undervisningsministeriet har i 2014 søsat to store såkaldte demonstrationsskoleprojekter – intentioner for millioner, kan man kalde dem.

Det ene skal *"bidrage til at skabe ny, praksisorienteret viden om, hvordan it kan understøtte elevernes læring og give tid til mere undervisning"*, og det andet skal *"videreudvikle og formidle praksisnær viden om udeskole og give bud på, hvordan skoler kan arbejde med udeskole som undervisningsmetode."*

Der er mange interessenter i de to store projekter, men fælles for dem er, at lærerne bliver hjemme på skolen og arbejder med konkrete undervisningsforløb under vejledning af konsulenter, der kommer på skolen.

Det er endnu for tidligt at drage konklusioner og sammenligninger, men involverede lærere udtrykker stor tilfredshed med og udbytte af at deltage i et forpligtende samarbejde med både hinanden og de udefrakommende konsulenter.

Et tredje projekt, der også er startet i 2014, er det såkaldte it-lærernetværk, der *"med udgangspunkt i lærernes egen praksis skal netværket blandt andet arbejde med it-baserede læringsforløb og fungere som lokale it-ambassadører"*.

De første læringsforløb ligger på EMU's Materialeplatform (Materialeplatformen, 2015).

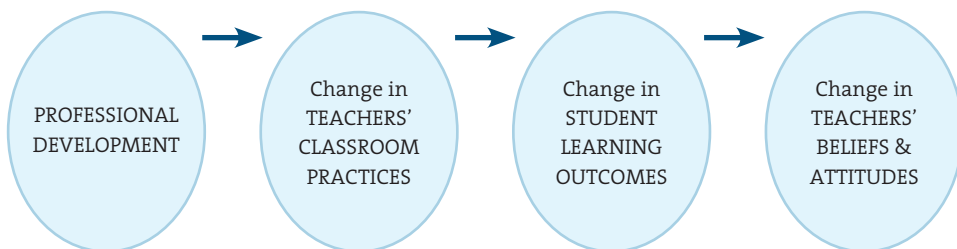
I alle de her tre nævnte eksempler udtrykkes der klare fordele i at arbejdet både er placeret og baseret lokalt. Det giver vældig gode muligheder – igen i forhold til Lipowsky-modellen – for at der sker 'udvidelse af lærerkognition' og 'forandring af undervisningspraksis'.

Så nu mangler vi bare(!) svar på punkt fire:

Er der en målbar effekt hos eleverne – på bedre faglige præstationer og øget motivation?

Men det er jo en anden historie ...

Og den historie kan da passende tage udgangspunkt i den model Thomas R. Guskey (Guskey, 2002) præsenterer som en udfordring til den gængse opfattelse, at lærerne skal overbevises om værdien af at ændre på undervisningen, før de skrider til egentlig handling – forandring af undervisningspraksis.



I artiklen har Guskey mange referencer til støtte for modellen: *Support for this Model of Teacher Change comes from many sources.*

En mere personlig illustration henter jeg i et citat af Peter, matematiklærer i Aarhus, der efter at have hørt et forholdsvis kort indlæg om innovation og matematik anfægtede den undersøgende tilgang til faget med henvisning til læreres forberedelsesmuligheder. Han gav alligevel sagen en chance, da han dagen efter iscenesatte en lektion om afstand, tid og hastighed i sjette klasse.

Efterfølgende sendte han en mail, hvor han efter en gennemgang af forløbet videre skrev:

*“Som du kan læse, er der blevet regnet og overvejet mere, end der ville have gjort på side 47 i arbejdsbogen. Det fik mig til at tænke, hvad der lykkedes særligt godt i dag. Jeg forsøgte ikke at opfylde alle kravene til innovativ undervisning i dag, men det lykkedes meget godt alligevel. Hvis jeg skal koge det ned til én ting, så må det være at jeg stillede dem et spørgsmål, som jeg ikke selv kendte svaret på. Det vil jeg til at praktisere noget mere.*

*Så, når du møder en lærer med en lignende argumentation om manglende tid, næste gang du holder oplæg, så kan du jo stille dem den opgave.”*

Afslutningsvis gentager jeg så lige forfatterens ønske om at deres artikel kan være med til at igangsætte en dialog på skolerne og i kommunerne og håber så blot at problematikkerne omkring efter-/videreuddannelserne når frem til de rette.

## Referencer

- Blomhøj, M. og Kjeldsen, T. H.: 'Brug af didaktisk teori i lærerens udvikling af modelleringsprojekter i matematik.', i MONA 2014-2
- Demonstrationsskoler – det med it, lokaliseret 01.01.15 på <http://demonstrationsskoler.dk/>
- Demonstrationsskoler – det med udeskole, lokaliseret 01.01.15 på <http://www.uvm.dk/Aktuel/~UVM-DK/Content/News/Udd/Folke/2014/Aug/140821-De-15-foerste-demonstrationsskoler-for-udeskole-er-i-gang>
- Guskey, Thomas R.: "Professional Development and Teacher Change", i Teachers and Teaching: theory and practice, Vol. 8, No. 3/4, 2002, lokaliseret 02.01.15 på [http://class.anhoes.ntpc.edu.tw/happy/wenwen/files\\_dl/Guskey2002%20Professional%20Development%20and%20Teacher%20Change.pdf](http://class.anhoes.ntpc.edu.tw/happy/wenwen/files_dl/Guskey2002%20Professional%20Development%20and%20Teacher%20Change.pdf)
- Lærernetværk for it i skolens fag – lokaliseret 01.01.15 på <http://www.emu.dk/modul/1%C3%A6remetv%C3%A6rket-it-i-folkeskolens-fag>
- Materialeplatformen – formater fra Lærernetværk for it i skolens fag – lokaliseret 06.01.15 på <https://materialeplatform.emu.dk/materialer/find/p2p/?q=1%C3%A6remetv%C3%A6rk&k=FSK>

# Når en matematikunderviser ser på matematik



Claus Jessen, Ørestad  
Gymnasium

Artiklen "Når matematikere undersøger matematik" i *MONA*, 2014(4), giver anledning til at stille mange og fundamentale spørgsmål til undervisningsfaget matematik – spørgsmål der ikke umiddelbart har gode og enkle svar. I denne kommentar vil jeg fremhæve fem spørgsmål. Grundlæggende er problemstillingen: Hvordan skal man undervise i matematik så eleverne faktisk får det største læringsmæssige udbytte? Og for en matematiklærer er spørgsmålet af største relevans, så lad os undersøge sagen nærmere ud fra Mikkel Willum Johansen og Morten Misfeldts perspektiv.

Udgangspunktet for artiklen er en interviewundersøgelse af professionelle matematikeres praksis, dvs. deres måde at opsøge gode problemer på, løse dem og så formidle deres løsning. Artiklen demonstrerer generelle træk ved matematikeres problemløsningsmetoder og viser at arbejdsmetoderne ligger langt fra matematikkens aksiomatisk deduktive struktur. Desuden giver artiklen bud på hvordan matematikeres arbejdsmetoder kan give inspiration til nye undervisningsmetoder, fx i gymnasiet.

## *Undersøgelsesbaseret undervisning i matematik?*

Undersøgelsesbaserede undervisningsmetoder (IBSE) har gået deres sejrsgang inden for naturfagsundervisningen. Grunden til IBSE's succes er metodens måde at aktivere eleverne på i læringsprocessen hvor eleverne optræder som små forskere af deres egne problemstillinger. Denne elevaktivering giver større ejerskab og interesse fra elevens side og virker dermed motiverende. Samtidig kan den undersøgelsesbaserede undervisningsmetode give de faglige emner mere relevans så spørgsmålet om hvorfor vi skal lære dette, ændres til hvad jeg skal vide for at løse mit problem. Desuden giver de undersøgelsesbaserede læreprocesser indblik i fagenes arbejdsmetoder. Det støtter en kompetencetænkning hvor de faglige mål er en kombination af faglig viden og handlekompetencer, samt en vurdering af validiteten af den opnåede indsigt. Parole-mæssigt sagt er IBSE's program at erstatte passiv reproduktion af faglig viden med aktiv tilegnelse og udvikling af faglige kompetencer.

Kan dette bruges i andre fag? Det korte svar er et ja, for undersøgelsesbaserede

metoder er ikke kun forbeholdt de traditionelt eksperimentelle fag. Professionelle matematikere går også induktivt og undersøgende til værks i deres forskningsproces, viser artiklen. Og selvfølgelig skal man i matematikfaget udnytte de motivationsmæssige og relevansmæssige fordele som undersøgelsesbaseret undervisning giver. Men de undersøgelsesbaserede metoder har tidligere været begrænset af at de ofte krævede lange og besværlige udregninger. Men i dag kan CAS-værktøjet lave dette regneteknisk krævende arbejde meget hurtigt. Derfor kan vi i dag i undervisningen undersøge rigtigt mange hypoteser inden for matematik meget hurtigt og nemt. For tiden foregår et udviklingsarbejde omkring eksperimentel tilgang til matematiklæring ved hjælp af CAS-værktøjer. Her kan man udvikle elevernes intuitive forståelse af de matematiske begreber gennem eksperimenter udført på CAS. Men spørgsmålet er om denne tilgang skal gå forud for den aksiomatisk deduktive tilgang, eller om den intuitive forståelse er nok i sig selv.

*Spørgsmål 1: Hvordan tilrettelægger vi induktive forløb i matematik med anvendelse af CAS, og hvilken rolle skal den traditionelle deduktive fremstilling af matematikken indtage i en undersøgelsesbaseret matematikundervisning?*

### *Matematikens repræsentationsformer*

I artiklen beskrives forskernes arbejde med forskellige repræsentationsformer. Det kan være metaforer eller små diagrammer der præsenterer de abstrakte begreber. De er med til at støtte og udvikle de mentale modeller af matematikken der undersøges. Det stiller spørgsmål ved hvad matematik egentlig er. Er den mentalt indlejrede struktur i hjernen, og er matematik så blot en afspejling af vores måde at erkende vores omverden på, eller er den en selvstændig teoribygning der afdækkes af forskerne, men principielt er uafhængig af mennesker? Herved kommer den gamle diskussion om intuitionismen anført af Brouwer på banen igen. I forrige århundrede havde formalismen det program at formulere matematikken aksiomatisk og formelt, og dette kom ind i skolesystemet med New Math i slutningen af 1950'erne. Men den aksiomatisk deduktive fremstilling er måske ikke det mest hensigtsmæssige grundlag for matematiklæring selvom den er næsten enerådende i lærebøgerne. Kort sagt: Den aksiomatiske opbygning er ikke et middel til at opnå forståelse, men et middel til repræsentation af opnået forståelse. Derfor er næste spørgsmål:

*Spørgsmål 2: Hvad betyder matematisk indsigt på gymnasieniveau, og hvordan opnås den?*

### *Gymnasiets matematikundervisning*

Undervisningen skal forberede eleverne til livet efter skolen. Det kan være almindelse hvor matematisk indsigt er en del af den nødvendige viden for at kunne tage stilling i den politiske debat. Det kan også være nødvendige kompetencer der skal

anvendes i videre uddannelsesforløb. Så hvad er det relevante indhold i gymnasiets matematikundervisning? Hvor skal man finde fagets essens? Artiklen ser på professionelle matematikforskeres arbejde med problemløsning, men bør man ikke også vende blikket andre steder hen. Burde man ikke også se på brugen af matematik – på professionel anvendelse af matematiske modeller?

*Spørgsmål 3: Hvilket indhold er relevant i gymnasiets matematikundervisning på A-, B- og C-niveau i forhold til elevernes fremtidige behov – og skal alle lære det samme og nuværende meget omfangsrige kernepensum?*

Dette fører direkte til det næste spørgsmål – nemlig om eksamen i matematik i gymnasiet fungerer efter hensigten. Eksamen er stærkt styrende for undervisningen, og ønsker man at styrke kompetenceudvikling og undersøgelsesbaserede aktiviteter, så skal man også sørge for at eksamen faktisk afspejler disse. Før CAS-æraen skulle den dygtige elev demonstrere indsigt i udvalgte dele af den aksiomatisk deduktivt opbyggede struktur ved at reproducere den ved eksamen. Samtidig skulle eleven demonstrere beherskelsen af en række standardprocedurer i opgaveløsning, fx integration ved substitution, til løsning af opgaver netop konstruerede så eleven kunne demonstrere denne færdighed. Eksamen afdækkede elevens evne til reproduktion af det lærte. Mange af disse reproduktive færdigheder er med CAS reduceret til særlige kuriositeter, ligesom fx kvadratudsdragsregning med håndkraft. Man kan selvfølgelig vælge at give eleverne det handicap at de ikke må bruge CAS ved eksamen, og så udsætte dem for en prøve uden hjælpemidler. Men det er stærkt tvivlsomt om dette sikrer eleverne fremtidssikrede matematiske kompetencer. Hvis elever skal demonstrere matematiske kompetencer, så må man organisere prøveformer hvor lærer og censor faktisk ser disse kompetencer i spil hos eleven, og det sker ikke i de nuværende prøveformer.

*Spørgsmål 4: Hvordan tilrettelægger vi prøveformer hvor eleverne aktivt viser at de behersker nogle matematiske kernekompetencer i faget?*

### **Matematiklæreruddannelsen**

Endelig peger artiklen på et væsentligt spørgsmål ved matematiklæreruddannelsen. Når nu professionelle matematikere arbejder både induktivt og eksperimenterende, hvorfor er disse aktiviteter så ikke en del af uddannelsen så lærerne helt naturligt inddrager disse aktiviteter i deres egen undervisningspraksis? Samtidig viser artiklen at netop den induktive, eksperimenterende fase i den professionelle matematikers arbejde er den der skaber glæde og begejstring for faget. Med den nuværende matematikuddannelse uddanner man lærere med et fagsyn der favoriserer en aksiomatisk deduktiv tilgang til undervisningen og ikke en eksperimenterende.

*Spørgsmål 5: Er den nuværende uddannelse af matematiklærere tidssvarende? Hvordan kan vi sikre at fremtidens matematiklærere er i stand til at arbejde undersøgelsesbaseret og eksperimenterende med matematikundervisning i gymnasiet?*



# Folkeskolereformen og naturfag – vi står lidt stærkere nu



Christina Frausing Binau, NTS-centeret

*MONA*, 2014(4), bringer Iben Dalgaard's aktuelle analyse der slår fast at naturfagene ikke har stået forrest i køen da der blev delt opmærksomhed ud i forbindelse med folkeskolereformen. Iben knytter an til de af reformens nøgleord som naturfagene har en rolle at spille i forbindelse med. Denne kommentar vil supplere Ibens glimrende analyse idet der er sket en markant udvikling på naturfagsfronten siden *MONA*, 2014(4), udkom: Den fælles naturfagsprøve, som er blevet forsøgt indført ad adskillige omgange, er endelig en realitet (UVM, november 2014). Yderligere vil kommentaren nuancere et par af Ibens nedslagspunkter. Ærindet er i sin enkelthed dels at give Iben medhold i nogle af de bekymrede betragtninger om naturfagenes status og tilstand i forbindelse med folkeskolereformen, og dels at slå et slag for optimisme omkring fagrækkens udvikling. Jeg bør i øvrigt straks anføre at denne kommentar er skrevet ud fra min baggrund som tidligere naturfagslærer og -vejleder i folkeskolen og medlem af arbejdsgruppen til forenkling af Fælles Mål i biologi.

## Fælles prøve i naturfagene

I november 2014 offentliggjordes "Initiativer til videreudvikling af folkeskolens prøver" (UVM, november 2014) hvor 1 ud af 12 initiativer handler om naturfagenes 9. klasseprøver og et forsøg med en ekstra naturfaglig projektopgave.

Mens vi i spænding venter på en prøvebekendtgørelse og -vejledning der uddyber prøveformen, kan vi forholde os til hovedpunkterne i initiativets sparsomme ordlyd:

### *Praktisk-mundtlig prøve*

Der er tale om en bunden praktisk-mundtlig prøve som er fælles for biologi, fysik/kemi og geografi. Eleverne får mulighed for at gå til prøve i grupper, de trækker et tema som de udarbejder en selvvalgt problemstilling inden for, og forbereder med vejledning fra lærerne prøven i den sidste del af undervisningstiden i 9. klasse.

### *Først frivillig – så permanent*

I skoleåret 2015/2016 udgør den fælles prøve et frivilligt alternativ til den praktisk-mundtlige prøve fysik/kemi har i dag, mens den indføres som permanent prøveform året efter (i skoleåret 2016/2017).

### *De selvrettende udtræksprøver*

De selvrettende elektroniske prøver vi kender fra biologi og geografi i dag, suppleres med en i fysik/kemi. Disse prøver "afprøver de fagspecifikke færdigheder og viden" (UVM, november 2014, side 3, linje 19) og indgår i puljen af prøver til udtræk. Det betyder altså at der nu er en sandsynlighed på 3/5 for en egentlig naturfaglig (her forstået som biologi, fysik/kemi eller geografi) udtræksprøve fordi matematik og idræt indgår i den samme gruppe (UVM, august 2014). Om det er en styrke eller en svaghed afhænger nok især af synet på multiple choice-prøver.

### *Forsøg med naturfaglig projektopgave*

Som et forsøg der har til formål at understøtte skolens naturfaglige kultur og styrke elevernes interesse for naturvidenskab, indføres en ekstra obligatorisk naturfaglig projektopgave i 9. klasse<sup>1</sup>. Forsøget omfatter en analyse af projektopgaven som vi kender den i dag, løber i to år fra skoleåret 2015/2016 og evalueres i efteråret 2017.

## Muligheder qua den nye fælles prøve – og forenklede Fælles Mål samt læseplan

Den nye fælles naturfagsprøve er set gennem mine naturfaglige briller med helheds-optik en fantastisk nyhed der kan føre flere gode muligheder med sig.

### *Prøven som anledning til fagligt samarbejde*

Allerførst springer mulighederne for øget prioritering af reelt meningsgivende samarbejde mellem naturfagene i øjnene. Grundstenene er allerede lagt ganske eftertrykkeligt i den del af folkeskolereformen som omfatter naturfagenes forenklede Fælles Mål. Det *fælles* mellem fagene er styrket med de stort set enslydende fagformål, de fælles kompetencemål og de naturfaglige (generelle) færdigheds- og vidensmål – det grønne i grafikken nedenfor.

---

<sup>1</sup> At den er "ekstra" og "obligatorisk" gælder kun de klasser som indgår i forsøget – ordlyden i "Initiativer til videreudvikling af folkeskolens prøver" (UVM, november 2014) kan i første omgang godt give indtryk af at den er obligatorisk for alle de to år forsøget strækker sig over. Men det er ikke tilfældet. Nærlæs: "Elever, der indgår i forsøget ..." (side 3 linje 30).

Kompetence-område	Kompetencemål	Faser	Færdigheds- og vidensmål				
Undersøgelse							
Modellering							
Perspektivering							
Kommunikation							

Her ses en forenklet version af et målskema der rummer kompetence, færdigheds- og vidensmålene for et af udskolingens naturfag. De grønne områder af målskemaet viser alt det der er fælles (og enslydende eller næsten enslydende) for biologi, fysik/kemi og geografi. De gule er de fagspecifikke områder hvor de enkelte fags særkender udkrystalliserer sig – endskønt der også her ses indholdsmæssigt sammenfald mellem fagene – fx mål om vands og karbons kredsløb.

### *Prøvens afsmittende effekt på undervisningen*

Den velkendte wash-back-effekt fra prøve til undervisning kan også gøre at naturfagenes mål tjenes bedre – hvis der vel at mærke er overensstemmelse mellem fagenes mål og prøvens form og omdrejningspunkt. I det vi indtil videre kan læse om den nye prøve, begrundes ændringen af prøven ikke med at prøven må føres i overensstemmelse med den kompetencetilgang som nu præger naturfagene.<sup>2</sup> Men indtil andet eventuelt vil vise sig når prøvebekendtgørelsen og -vejledningen kommer, vil et godt bud formentlig være at det netop bliver elevernes naturfaglige kompetencer prøven skal dreje sig om.

### *Bedre sammenhæng for eleverne via det fællesfaglige*

De *fællesfaglige fokusområder* som læseplanen for de tre udskolingsnaturfag med forenklede Fælles Mål indeholder, er *også* indført for at fremme sammenhængsfor-

<sup>2</sup> Se note i afsnittet Ask not ... længere fremme.

ståelsen hos eleverne: Heri peges der på det fællesfaglige (eller tværfaglige om man vil) som en vej til "... at styrke elevernes tilegnelse af de naturfaglige kompetencer" (Vidensportalen, læseplan for biologi, side 3). Læseplanen foreskriver at der skal være seks af disse fællesfaglige forløb i løbet af 7.-9. klasse. Det er et element folkeskolereformen fører med sig som i min optik er på listen over gevinster for naturfagene, og som Ibens analyse ikke kom ind på.

## Naturfagene (stort set) ikke styrket i reformen – end ikke ligestillede

Iben fremhæver i sin analyse (side 61) at man kunne have valgt at styrke naturfagene timetalsmæssigt også i udskolingen i stedet for kun via en ugentlig lektion i indskolingen og en på mellemtrinnet i natur/teknologi. Det ville jeg også ønske mig! Og jeg ville ønske der samtidig var taget skridt i retning af at ligestille de tre udskolingsnaturfag – timetalsmæssigt.

Med den fælles prøve bliver biologi, fysik/kemi og geografi ligestillet prøvemæssigt. Både prøven og læseplanens fællesfaglige fokusområder samt forsøget med den ekstra naturfaglige projektopgave som vil finde sted på nogle af landets skoler, aktualiserer en timetalsmæssig ligestilling af naturfagene. For netop timetallet – er min erfaring – kan faktisk udgøre en praktisk udfordring der kan spænde ben for fællesfagligt samarbejde.

## Et principielt perspektiv på ligestillingsproblematikken mellem fagene

Med fare for at stikke hånden ind i en hvepserede tillader jeg mig at spørge: Hvad er egentlig begrundelsen for at vi i dag ser en 1-3-1-fordeling når vi kigger på det vejledende timetal i henholdsvis biologi, fysik/kemi og geografi i 9. klasse?<sup>3</sup> Retorisk spurgt: Inden for hvilket af naturfagene monstro eleverne med sådan en timefordeling står stærkest/senest opdateret ved afslutningen af 9. klasse når den fælles prøve finder sted? Især når vi har Ibens betragtninger (side 62-63) om det uheldige i nu at "binde" lektioner i biologi og geografi på 7. klassetrin hvor elevernes abstrakte tænkning sædvanligvis er mindre udviklet end i 9. klasse? Kan det tænkes den skæve fordeling drejer sig om fagtradition og nogle naturfags status i forhold til andres pga. hvide kitler – sat lidt på spidsen?

Der er masser af diskussioner at tage. Jeg synes vi der kerer os om naturfagenes udvikling i grundskolen, bør bruge den glædelige anledning som de nye Fælles Mål,

3 Jf. tabel 1 MONA 2014 (4) side 62.

læseplanens fællesfaglige fokusområder, den fælles prøve og forsøget med naturfaglig projektopgave udgør, til at sætte fokus på fagenes rolle, status og indbyrdes sammenhænge.

## Et lavpraktisk perspektiv på ligestillingsproblematikken mellem fagene

Når gode hensigter om fællesfagligt samarbejde skal omsættes til undervisningsforløb fx i tema- eller faguger, går den skæve timetalsfordeling fra at være en statusmæssig besynderlighed (formentlig med rod i fagtraditioner) til en reel udfordring med praktisk betydning. Når 1-3-1-fordelingsnøglen fx betyder en faguge med 35 naturfagslektioner fordelt på 7-21-7 i henholdsvis biologi, fysik/kemi og geografi, kan det let gå i clinch med selve temaet eller problemstillingen hvis faglige vinkler sjældent er 1-3-1. Selvfølgelig kan man fordele ligeligt med omkring 11,5 lektion for hvert fag. Men så “forbruger” biologi og geografi mere end 1/4 af årets lektioner. Det kan groft sagt<sup>4</sup> betyde at hen ved en 1/4 af de målpar (af færdigheds- og vidensmål) som eleverne skal nå i 9. klasse, skal kunne relateres til temaugens problemstilling eller tema.

Der er skoler som udnytter reformens muligheder for en mere fleksibel skoledag, og skoler der i årevis har praktiseret et fleksibelt skema hvor den slags går mere eller mindre op. Men den skæve timetalsfordeling kan altså somme tider spænde ben for et funktionelt fagteamsamarbejde omkring en helhedsorienteret naturfagsundervisning.

## Forenklingen af Fælles Mål

Ibens analyse problematiserer den forenkling der er fundet sted med de nye Fælles Mål (side 65), og fremhæver at afklaringen af hvad der egentlig ligger i målene, kræver didaktisk dialog. Jeg er meget enig og vil gerne slå et slag for at netop opgaven med at komme ind under huden på målene, at sætte dem i relation til læseplanen, at bruge Vidensportalens eksempler på læringsmål er et oplagt anliggende for fagteamet at gøre fælles. Jeg er også klar over at netop både “fælles” og “tid” kan være en udfordring i virkelighedens skole med lov nr. 409 om lærernes arbejdstid i fuldt flor.

Iben retter opmærksomhed mod indholdet i eller måske formuleringerne af målene. Og som én af dem der har bidraget i arbejdsgruppen til biologis mål, skal jeg gerne medgive at formuleringen har været noget af en balanceakt: på den ene side

<sup>4</sup> Og det er groft sagt: Der behøver ikke at være en lineær sammenhæng mellem antallet af lektioner et forløb strækker sig over, og antallet af målpar der er i spil i forløbet. Ikke desto mindre vil det tilnærmelsesvist ofte falde sådan ud, siger min erfaring.

at gøre målene så konkrete som muligt – og på den anden side ikke at gøre dem til en spændetrøje.

Lad mig komme med et eksempel fra biologigruppens arbejde: På et tidspunkt havde vi under det færdigheds- og vidensområde<sup>5</sup> der nu hedder mikrobiologi, inden for undersøgelseskompetencen formuleret et færdighedsmål der lød: “Eleven kan mikroskopere”. Det mål fik rigtig god respons fra de tilknyttede forskere og UVM. Men vi endte med at gå bort fra det og i stedet skrive målparret: “Eleven kan undersøge mikroorganismer (færdighedsmål) – eleven har viden om mikroorganismers opbygning (videnssmål)” (Vidensportalen, målskemaet for biologi).

Hvorfor? At mikroskopere er ikke målet i sig selv. Eleverne skal kunne undersøge mikroorganismer – og en helt oplagt måde er selvfølgelig ved at mikroskopere. Men selv om verbet er dejligt konkret og retningsanvisende for lærerne (og eleverne samt forældrene som alle skal kunne læse og forstå målene), er det for snævert til at kunne blive målet. Den mere konkrete præcisering hvor undersøgelsesmetoden mikroskopering nævnes, fremgår af læseplanen som – må jeg lige præcisere, for Ibens formulering på side 69, linje 33 kunne forlede én til at tro det modsatte – er bindende medmindre kommunen har vedtaget en anden.

Mit ærinde er ikke her at forsvare alle målformuleringerne, hvori enkelte skønhedsfejl kan have sneget sig ind. Blot vil jeg gerne pointere at der *skal* kompetent fagdidaktisk refleksion til for at arbejde ud fra målene – og det finder allerbedst sted i et fagligt fællesskab som det et velfungerende fagteam er. Det er en opgave for fagteamet at få skoleledernes øjne op for det – for det er bl.a. gennem en solid, naturfaglig kultur at målene om elever der kan det efter 8. klasse som eleverne før har kunnet efter 9. klasse, skal nås.

## Understøttende undervisning – også i naturfagene

Jeg deler Ibens bekymring om hvordan eleverne kan få støtte til naturfaglig læring i naturfagene via understøttende undervisning hvis ikke den varetages af personer som kan og/eller kender naturfag (side 68). Det er et reelt problem – og opleves som et sådant på *begge* sider af lærer-/pædagog samarbejdet, kan jeg rapportere fra kilder i mit personlige netværk – hvis den understøttende undervisning ikke varetages af personer som er klædt på til opgaven.

Jeg vil blot henlede opmærksomheden på de erfaringer der er gjort med at inddrage andre ressourcepersoner i den understøttende undervisning i naturfag, fx i et projekt på Bornholm. Her har skoler indgået samarbejde med naturvejledere der har varetaget

5 Et færdigheds- og vidensområde er en lodret søjle med en faglig overskrift der går ned gennem de vandrette kompetenceområder undersøgelse, modellering og perspektivering (overskriften er gennemgående når det gælder udskolingens naturfag – med skiftende i natur/teknologi – se målskemaerne på Vidensportalen).

understøttende undervisning med naturfaglige færdigheder som omdrejningspunkt. Det har drejet sig om teknikker og undersøgelsesmetoder som bl.a. at bruge kikkert og termometer og at dissekere og mikroskopere (NTSnet.dk *Færdighedstræning – Bornholms Kommune*). Tanken er at eleverne opøver disse færdigheder i den understøttende undervisning så de kan trække på dem i de almindelige naturfagslektioner (EVA, 2014). Eksempelvis blev der med en indskolingsklasse trænet brug af kikkert ved at kikke på vejskilte lige uden for skolen – og så kunne eleverne efterfølgende bruge kikkerterne da de skulle på fugletur.

Der er ikke nogen tvivl om at understøttende undervisning rummer nogle udfordringer – men bestemt også nogle muligheder. I tilfældet med naturfagsvejlederne på Bornholm har en utilsigtet men positiv sideeffekt været at lærerne oplevede kompetenceudvikling hos sig selv gennem samarbejdet med naturvejlederne (EVA, 2014).

## Bevægelse – også i naturfag – og med forskellige mål

På side 66-67 knytter Iben an til de 45 minutters motion og bevægelse eleverne med reformen gennemsnitligt skal have pr. dag – en opgave naturfagene også kan være med til at løfte. Der bliver både omtalt bevægelse med sundhedsfremmende effekt som mål og senere (side 70) bevægelse med andre didaktiske begrundelser – fx at modellere.

Jeg vil supplere med at NTS-centeret netop har udgivet en folder der henvender sig til naturfagslærere, med overblik over fem forskellige perspektiver på bevægelse i naturfagene og inspiration til konkrete øvelser. For bevægelse i naturfagsundervisningen kan også inddrages for at understøtte læringen omkring selve den faglige substans når det fx gælder kredsløb, bevægelser og processer (NTSnet.dk *Sæt bevægelse i naturfagene*).

## Naturfagene i skole-/virksomhedssamarbejde

Et af reformens buzzwords som Ibens analyse ikke slår ned på, er “den åbne skole” (UVM, 2013). Ordet er muligvis nyt, men fænomenet ingen ny opfindelse – siden 1970’erne er der blevet slået slag for at det omgivende samfund skal inddrages i skolens undervisning. Og naturfagene har – med variationer de enkelte naturfag imellem – tradition for at “tage på tur”, som praksis har været kaldt. Turen går til stranden, på museet, akvariet, naturskolen – og til virksomheden, det være sig mejeriet, landbruget, enzymproducenten eller kalkbruddet.

Senest med prøveinitiativ nr. 8, “Forsøg med prøver i partnerskab med lokale virksomheder, institutioner og foreninger”, (UVM, november 2014 side 6-7) og i en kronik af undervisningsministeren (Antorini, 2014) skærpes fokus på samarbejde mellem virksomheder og skoler. I – fristes man til at sige – vanlig stil bliver naturfagene

faktisk ikke nævnt i dette prøveinitiativ, mens fx historie nævnes sammen med et museum og matematik sammen med et snedkerfirma gør.

Men hvad med den fælles naturfagsprøve og den lokale mekaniker eller elinstallatør? Det lokale renseanlæg, affaldsforbrændingen, genbrugsstationen, bageren – eller en virksomhed (privat som offentlig eller halvoffentlig) inden for transport- eller sundhedssektoren?

Mulighederne er mange, og det er et spørgsmål om at naturfagene indgår disse partnerskaber – med eller uden prøven som afsæt (især uden hvis det drejer sig om natur/teknologi) – med virkelighedsnær, anvendelsesorienteret naturfagsundervisning for eleverne som resultat. I samme åndedrag er naturfagene med til at løfte den opgave inden for det obligatoriske emne der med forenkede Fælles Mål hedder “uddannelse og job”. Nu skal lærerne – *også* naturfagslærerne – i højere grad være med til at vise eleverne relevante uddannelses- og karriereveje, og det kan oplagt finde sted i naturfagene, bl.a. gennem virksomhedsbesøg (Vidensportalen, læseplan for emnet uddannelse og job, side 3).

## Ask not ...

Iben afslutter sin analyse med sætningen: “*hvis folkeskolereformen skal komme den naturfaglige læring til gode, så kræver det, at skoleledere og naturfagslærere sammen finder frem til at bruge reformens muligheder, så det giver mening for elevernes naturfaglige dannelse.*”

Jeg kunne ikke være mere enig, men vil alligevel tilføje det omvendte perspektiv med henvisning til John F. Kennedys berømte retoriske perle: “Ask not what your country can do for you – ask what you can do for your country”. Naturfagene skal udnytte de muligheder folkeskolereformens fokuspunkter lægger op til. Men naturfagene har *også* en opgave i at vise hvordan det også er *gennem naturfagene* reformens mål skal blive til virkelighed.

To sider af samme sag? Ja, men et *sværdslag* for *positioneringen* af naturfagene som væsentlige bidragsydere til elevernes almene dannelse kan passende tages nu – med folkeskolereformens forandringer af skolens praksis som anledning. *Især* nu hvor prøveformen i naturfag har bevæget sig i en ny retning. Nytteargumentet i Sjøbergsk forstand, som synes at være politikernes foretrukne, idet det ofte er i forbindelse med rekrutteringsudfordringen til de naturvidenskabelige og tekniske uddannelser naturfagene vies opmærksomhed<sup>6</sup>, må ikke stå alene, men naturfagene må begrundes ud fra demokratiargumentet.

6 Fx begrundes den fælles prøve i naturfagene således: “Formålet er at gøre flere elever interesserede og motiverede i forhold til at søge videre uddannelse med fokus på naturvidenskab”. (UVM, november 2014 s. 3, linje 8-9).



Her kommer naturfagslærere og skoleledere (og andet godtfolk omkring naturfagene i grundskolen, på universiteterne, UC'erne, CFU, NTS-centeret osv.) ind i billedet: Vi kan vise hvordan eleverne profiterer via naturfaglig læring, bl.a. når reformens muligheder udnyttes (med hensyn til bevægelse, faglig fordybelse, åben skole, understøttende undervisning og lektiehjælp m.m. i forbindelse med naturfag). Reformorienteret praksis i naturfagene kan tydeliggøre over for beslutningstagerne at også naturfagene er en vej til at nå målene om elever der bliver så dygtige som de kan, og mindsket betydning af social baggrund for faglige resultater (UVM, juni 2014).

På den måde kan vi håbe naturfagene står lige så langt fremme i køen som dansk og matematik næste gang der skal deles opmærksomhed ud nationalt (fx i form af øget timetal), kommunalt (fx hvad efter- og videreuddannelse og økonomisk prioritering angår) og helt lokalt på den enkelte skole (fx i prioriteringen af diverse udviklingstiltag, skemalægning og økonomi).

Denne reform går næppe over i historien som naturfagernes reform, som Iben også bemærker. Men lad os smøge ærmerne op og bruge anledningen til at bane vejen for at den næste kommer til at gøre det, og at naturfagernes mange muligheder udnyttes af dygtige, aktive naturfagsteam – mens vi venter.

## Referencer

- Antorini, C. (2014). *Fra udenadslære til digitale prøver*. Kronik. Lokaliseret den 4. november 2014 på: <http://jyllands-posten.dk/opinion/kronik/ECE7171703/Fra-udenadsl%C3%A6re-til-digitale-pr%C3%B8ver/>.
- Danmarks Evalueringsinstitut (EVA) (2014). *Inspiration til arbejdet med skolereformen – de første erfaringer med en længere og mere varieret skoledag*. Lokaliseret den 15. januar 2015 på <http://www.eva.dk/eva/projekter/2014/inspiration-til-skoler-om-folkeskolereformen/hent-udgivelser/inspiration-til-arbejdet-med-skolereformen>
- NTSnet.dk. *Færdighedstræning – Bornholms Kommune*. Lokaliseret den 15. januar 2015 på <http://ntsnet.dk/f%C3%A6rdighedstr%C3%A6ning-bornholms-kommune>.
- NTSnet.dk. *Sæt bevægelse i naturfagene*. Lokaliseret den 15. januar 2015 på <http://ntsnet.dk/bev>.
- Undervisningsministeriet (juni 2013). *Aftale mellem regeringen (Socialdemokraterne, Radikale Venstre og Socialistisk Folkeparti), Venstre og Dansk Folkeparti om et fagligt løft af folkeskolen*. Lokaliseret 15. januar 2015 på <https://www.uvm.dk/~media/UVM/Filer/Folkeskolereformhjemmeside/2014/Oktober/141010%20Endelig%20aftaletekst%207.6.2013.pdf>
- Undervisningsministeriet (juni 2014). *Den nye folkeskole – en kort guide til reformen* Lokaliseret den 15. januar 2015 på. <http://www.uvm.dk/~media/UVM/Filer/Folkeskolereformhjemmeside/2014/Juni/140611%20miniguide%20reform.pdf>.

Undervisningsministeriet (august 2014). *Prøvefag i 9. og 10 klasse*. Lokaliseret den 15. januar 2015 på

<http://www.uvm.dk/Uddannelser/Folkeskolen/Folkeskolens-proever/Proevefag-og-planer/Proevefag?smarturl404=true>.

Undervisningsministeriet (november 2014). *Initiativer til videreudvikling af folkeskolens prøver*.

Lokaliseret den 15. januar 2015 på [http://www.uvm.dk/~media/UVM/Filer/Udd/Folke/PDF14/Nov/141127\\_Initiativer\\_til\\_videreudvikling\\_af\\_folkeskolens\\_proever.pdf](http://www.uvm.dk/~media/UVM/Filer/Udd/Folke/PDF14/Nov/141127_Initiativer_til_videreudvikling_af_folkeskolens_proever.pdf).

Vidensportalen [www.ffm.emu.dk](http://www.ffm.emu.dk) – mål, fagformål, læseplan og vejledende materiale for naturfagene (og skolens andre fag og obligatoriske emner).

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

# Litteratur

# Metoder i naturfag – en antologi

Anmeldelse af:

*Metoder i naturfag – en antologi. 2. udgave*, København 2014. Faglig redaktion Sara Tougaard og Lene Hybel Kofod. Med bidrag af Svein Sjøberg, Lars Brian Krogh, Jens Dolin, Robin Millar, Jos Elstgeest og Sheila Jelly.

I de 20 år jeg har været lærer har der været talt om naturfagskrisen. Jeg ser ingen tegn på forandring i den tilstand. Indførslen af en skolereform jeg tidligere har kaldt uambitiøs på naturfagenes vegne indikerer ikke at der er hjælp at hente i forhold til at udvikle naturfagene i folkeskolen. Det er derfor vigtigt at orientere sig mod andre kilder der kan inspirere til udvikling af det daglige arbejde i natur-

Peter H Jensen, Grønnevang skole, Hillerød Kommune



fagene. Jeg vil i det følgende forsøge at argumentere for, hvorledes “Metoder i naturfag en antologi” kan anvendes som udviklingsværktøj.

Forordet til 2. udgave er skrevet af undervisningsminister Christine Antorini. Jeg vil anbefale læserne ikke at springe forordet over. I dette understreger ministeren især det nye fag natur/teknologis indbyggede fortræffeligheder i forhold til at opnå målene i den nye reform.

Bogen er opdelt i tre dele. I del 1 forklares og introduceres fem undersøgelsesmetoder kort og præcist. Helt i tidens ånd er de fem metoder opstillet ens, med hver deres korte introducerende forklaring efterfulgt af fire punkter der er ens for de fem metoder. Opsætningen giver et hurtigt og præcist billede af metoden samt dens svagheder og styrker. Det er en forbedring i forhold til den første udgave.

Del 2 handler om perspektiver på naturfaglige undersøgelsesmetoder og videnskabsteori. I denne del gøres der rede for de tanker om kompetencer, metoder og naturfag som videnskabsfag i den alment dannende skole. Del 2 indeholder bogens teoretiske fundament. Især det, i forhold til den første udgave, nye afsnit



af Jens Dolin om kompetencetænkningen i de nye Forenklede Fælles Mål bør tildeles ekstra opmærksomhed. I dette afsnit beskrives den ændrede måde at tænke naturfagsundervisning på, som det kræves af lærerne for at opfylde de nye Forenklede Fælles Mål.

Sidste del af antologien handler om evaluering, læringsmål og anvendelse af spørgsmål i det praktiske arbejde i natur-

fagene. Her gives der bud på hvordan vi som lærere kan opfylde kravet om dokumentering og løbende evaluering. Denne del giver bud på hvorledes det kan gøres.

Jeg kan varmt anbefale bogen. Lån den ikke på biblioteket, men køb den. Anvend den som en inspirerende værktøjskasse, hvor afsnit og dele af bogen læses når behovet for udvikling og nytænkning af undervisning i naturfag opstår.

# Læring og interaktion i ph.d.-vejledning

*Learning Dynamics in Doctoral Supervision*, ph.d.-afhandling forsvaret juni 2014 på IND, KU

Sofie Kobayashi,  
skobayashi@ind.ku.dk



Vejledning er en essentiel del af ph.d.-uddannelsen, og en bedre forståelse af hvordan de ph.d.-studerende kan bruge vejledningen i læreprocessen er vigtig for at kunne efteruddanne vejledere bedst muligt. Denne afhandling omfatter fire studier om ph.d.-vejledning inden for biovidenskab på et dansk universitet. Det første studie afdækker hvordan ph.d.-studerende aktivt kan styrke samarbejdet med deres vejleder. Som en del af et introduktionskursus for nye ph.d.-studerende udarbejder deltagerne en personlig plan for egen læreproces, der fordrer at de reflekterer over deres læringsmål for ph.d.-studiet, vurderer egne kompetencer, og overvejer hvilke tiltag der er nødvendige for at nå målene. Efterfølgende diskuterer kursusdeltagerne deres plan med vejleder sammen med en række spørgsmål til at afklare forventningerne til vejledningsprocessen. Studiet viser hvordan en sådan struktureret samtale med vejleder kan fungere som et aktiv i at etablere gode samarbejdsrelationer i vejledningen, men peger også på vanskelighederne ved at nå vejledere, der synes at have for travlt til at bidrage effektivt til processen, eller ikke prioriterer deres ph.d.-studerende.

De resterende tre studier er baseret på observationer og lyd- og videooptagelse af vejledningssessioner. Sessionerne er analyseret ved hjælp af forskellige teoretiske tilgange for at belyse mulighederne for at lære det faglige indhold, metoder m.v. samt muligheder for at lære at blive forsker, dvs. lære den tavse viden om hvordan man forventes at tænke og agere som forsker indenfor biovidenskab. Vilkårene for læring er analyseret gennem positioneringsteori. De måder de ph.d.-studerende positioneres af vejlederne har betydning for hvordan de ph.d.-studerende opfatter sig selv og for deres muligheder for at positionere sig selv i interaktionen. Det første af disse tre studier var en analyse ved brug af positioneringsteori og dialogisme af en enkelt vejledningssession med en ph.d.-studerende og hendes tre vejledere. Gennem analysen blev to modsigende storylines identificeret, idet vejlederne i dette specifikke forskningsmiljø talte om god videnskabelig praksis ud fra forskellige forståelser. Vejledernes uenigheder (flerstemmighed) blev en læringsmulighed

for den ph.d.-studerende som derigen- nem kunne skabe sine egne forståelser og på sigt sin egen profil som forsker, fordi vejledningen foregik i en atmosfære af samarbejde.

De to sidste studier er baseret på observationer af fire vejledningssessioner med ph.d.-studerende med hver deres to vejledere. Analytisk benytter det første af disse to studier begrebet variation fra fænomenografi. Ved hjælp af variationsteori illustreres hvordan der skabes muligheder for at lære både om faget, videnskabelige kompetencer samt videnskabelige normer og værdier. Begrebet variation beskæftiger sig ikke med

interaktive aspekter af læring, så der er brug for et andet perspektiv hvis man vil kunne sige noget om betydningen af at have flere vejledere. I det sidste studie blev begrebet variation anvendt sammen med positioneringsteori og læring som deltagelse. Vejledning med flere vejledere viser sig at berige læringsmiljøet for de ph.d.-studerende, men det er mere komplekst og krævende for vejlederne, og det er en forudsætning at vejlederne samarbejder og sætter den ph.d.-studerendes læreproces i højsædet.

Afhandlingen vil kunne findes på [http://www.ind.ku.dk/publikationer/inds\\_skriftserie](http://www.ind.ku.dk/publikationer/inds_skriftserie).

