

MONIA

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

DTU



AARHUS UNIVERSITET



AALBORG UNIVERSITET



SYDDANSK UNIVERSITET



DET BIOVIDENSKABELIGE FAKULTET
FOR FØDEVARER, VETERINÆRMEDICIN OG NATURRESSOURCER
KØBENHAVNS UNIVERSITET

DET FARMACEUTISKE FAKULTET
KØBENHAVNS UNIVERSITET



DET NATURVIDENSKABELIGE FAKULTET
KØBENHAVNS UNIVERSITET

2008-4

MONA

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

MONA udgives af Det Naturvidenskabelige Fakultet ved Københavns Universitet, i samarbejde med Danmarks Tekniske Universitet, Det Biovidenskabelige Fakultet for Fødevarer, Veterinærmedicin og Naturressourcer og Det Farmaceutiske Fakultet ved Københavns Universitet, det naturvidenskabelige område ved Roskilde Universitetscenter, Det Tekniske Fakultet og Det Naturvidenskabelige Fakultet ved Syddansk Universitet, Det Ingeniør-, Natur- og Sundhedsvidenskabelige Fakultet ved Aalborg Universitet, Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet og Det Naturvidenskabelige Fakultet ved Aarhus Universitet.

Redaktion

Henrik Busch, prodekan, Det Naturvidenskabelige Fakultet, Københavns Universitet (ansvarshavende)

Sebastian Horst, konsulent, Institut for Naturfagernes Didaktik (IND), Københavns Universitet

Inge Hviid Jensen, redaktionssekretær, IND, Københavns Universitet

Kjeld Bagger Laursen, ekstern lektor, Institut for Matematiske Fag, Københavns Universitet

Redaktionskomité

Jens Dolin, institutleder, Institut for Naturfagernes Didaktik, Københavns Universitet

Karsten Enggaard, centerleder, Center for Anvendt Naturfagsdidaktik

Claus Michelsen, institutleder, Institut for Matematik og Datalogi, Syddansk Universitet

Hanne Møller Andersen, adjunkt, Institut for Videnskabsstudier, Aarhus Universitet

Mogens Niss, professor, Institut for Natur, Systemer og Modeller, Roskilde Universitetscenter

Egon Noe, seniorforsker, Institut for Jordbrugsproduktion og Miljø, Aarhus Universitet

Jan Sølberg, adjunkt, Institut for Curriculumforskning, DPU, Aarhus Universitet

Rie Popp Troelsen, lektor, Institut for Filosofi, Pædagogik og Religionsstudier, Syddansk Universitet

Lene Østergaard Johansen, Lektor, leder af Adgangskursus og studieleder for H-studienævnet, Aalborg Universitet

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

Manuskripter

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

Abonnement

Abonnement kan tegnes via www.science.ku.dk/mona.

Meddelelser vedr. abonnement, adresseændring, mv., se denne hjemmeside.

Produktionsplan

MONA 2009-1 udkommer marts 2009

Deadline for indsendelse af artikler hertil: 17. november 2008

Deadline for kommentarer i litteraturanmeldelser og nyheder hertil: 9. januar 2009

MONA 2009-2 udkommer juni 2009

Deadline for indsendelse af artikler hertil: 18. februar 2009

Deadline for kommentarer, litteraturanmeldelser og nyheder hertil: 1. april 2009

Grafik og layout: Lars Allan Haugaard/PitneyBowes Management Services-DPU

Tryk: Narayana Press

ISSN: 1604-8628

© MONA 2008. Citat kun med tydelig kildeangivelse.

Indhold

- 4 Fra redaktionen

- 6 Artikler**
- 7 Variabelsammenhænge i gymnasiets matematikundervisning
Niels Nørskov Laursen
- 22 Formål med eksperimentelt arbejde i fysikundervisningen
Lærke Bang Jacobsen
- 42 Introduktion til Paul Cobbs matematikdidaktiske arbejde
Jeppe Skott

- 59 Aktuel analyse**
- 60 Den naturfaglige evalueringskultur i folkeskolen
Jens Dolin & Lars Brian Krogh

- 71 Kommentarer**
- 72 Fødekæden i gymnasielæreruddannelsen
Claus Michelsen
- 75 Læreruddannelse, naturfag og PCK
Birgitte Lund Nielsen
- 79 Praktisk arbejde – et vigtigt element i erkendelsesprocessen
Nana Quistgaard

- 83 Litteratur**
- 84 Overskuelig håndbog om fagteam i matematik i grundskolen
- 86 Ambitiøst undervisningsmateriale om nanoteknologi fra DTU

- 88 Nyheder**

- 92 Artikler og tekster i MONA 2008**

Fra redaktionen

Året går på hæld og MONA-redaktionen kan se tilbage på et spændende år, hvor naturfagsdidaktiske emner har stået højt på dagsordenen i det danske undervisningsmiljø. Vi takker læserne for mange gode bidrag til MONA i form af artikler, kommentarer og anmeldelser og håber, at skrive- og debatlysten vil være uformindsket også i 2009.

I årets løb introducerede vi nyskabelserne engelske abstracts og vores analysesektion. Begge dele er kommet godt fra start.

Vores bidragydere har taget godt imod muligheden for at opnå kvalificeret fagfællelevurdering og et C på kategoriskalaen for faglige publikationer.

Også analysesektionen er kommet for at blive. Der er masser af højaktuelle emner i det danske (og internationale) naturfagsdidaktiske miljø, som har potentiale til at blive analyseret og diskuteret af kvalificerede fagfolk, der brænder for naturfagsdidaktikken.

På falderebet til det nye år kan vi løfte lidt af sløret for planerne for næste år: Vi vil som altid tilstræbe et højt kvalitetsniveau, men opfordrer til, at bidragyderne leverer flere illustrationer – også i farver – samt at artikelforfatterne portrætteres med et foto. Vi udgiver derudover i 2009 et ekstra MONA-særnummer med rapporter om udviklingsprojekter udført i regi af Center for Anvendt Naturfagsdidaktik (CAND) i årene 2006 – 2008. Og så kommer der fortsat masser af debatstof.

Som følge af de stigende udgifter til produktion og særligt portoprisen som stiger 22 % pr. 1. januar 2009 bliver vi desværre nødt til at hæve abonnementsprisen for MONA med 25 kr., således at et årsabonnement med 4 ordinære MONA-udgivelser kommer til at koste 225 kr.

Indhold

Årets sidste udgave af MONA – og dermed julenummeret – byder på en pose blandede godter af tre hovedartikler, en analyse, tre kommentarer og to anmeldelser. Endvidere har vi udarbejdet en samlet oversigt over artikler bragt i MONA i løbet af 2008.

I den første artikel introducerer Niels Nørskov Laursen læserne til en såkaldt covarians-tilgang til variabelsammenhænge i matematikundervisningen på C-niveau i det almene gymnasium. Efter gymnasireformen skal man i matematikundervisningen på C-niveau ikke længere behandle det formelle funktionsbegreb. Artiklens formål er at give et bud på en alternativ tilgang til undervisningen af sproglige elever i variabelsammenhænge.

Den anden artikel fører os tilbage til fysikkens verden, hvor Lærke Bang Jacobsen med udgangspunkt i Derek Hodsons teoretiske overvejelser om praktisk arbejde i gymnasiet giver et bud på formålet med eksperimentelt arbejde i fysikundervisningen

og præsenterer læserne for en model for sin forståelse heraf, bl.a. ved at introducere begrebet eksperimentel problemløsningskompetence.

I den sidste hovedartikel introducerer Jeppe Skott os til Paul Cobbs som en af de væsentligste bidragydere til den matematikdidaktiske historie siden 1980. Cobb har i løbet af de sidste godt 25 år alene eller sammen med andre skrevet ca. 140 artikler til velrenommerede tidsskrifter og bøger og modtog i sommeren 2008 ICMI's Freudenthalmedalje for sin matematikdidaktiske forskning.

Aktuel analyse indeholder denne gang et koncentrat af 2. delrapport i forskningsprojektet Validering af PISA Science, hvor PISA 2006 science-undersøgelsen placeres i en dansk kontekst, og hvor forfatterne Jens Dolin og Lars Brian Krogh giver deres analyse af "Den naturfaglige evalueringskultur i folkeskolen".

Vores *kommentarsektion* indeholder tre bidrag til artikler bragt i *MONA*, 2008(3).

Claus Michelsen tager tråden fra "Fødekæden i gymnasielæreruddannelsen" op og supplerer med synspunkter på, hvordan rekrutteringen til gymnasielærerhvervet kan styrkes – og hvor ansvaret burde ligge.

Artiklen "Naturfagslæreres vidensgrundlag – med udgangspunkt i PCK" har affødt en kommentar fra Birgitte Lund Nielsen, der med henvisning til forskellige vidensdomæner og indholdselementer i læreplaner og uddannelsesprogrammer foreslår en tilgang, hvor PCK i højere grad anvendes til at diskutere "hvordan-spørgsmål".

Endelig forholder Nana Quistgaard sig til såvel Derek Hodsons artikel, Rie Troelsens indledning som Finn Bendixens artikel fra *MONA* 2008(3) og disses perspektiver på praktisk arbejde, idet hun betoner praktisk arbejde som et vigtigt element i erkendelsesprocessen, som både skoler og uformelle læringsmiljøer kan facilitere.

Vi bringer denne gang to anmeldelser. Hans Christian Hansen anmelder bogen "Fagteamets arbejde med matematik" af Arne Mogensen. Per Hedegaard anmelder "Nanoteknologiske horisonter" en indføring for gymnasieelever i emnet nanoteknologi.

Herefter følger nyhedssektionen og oversigten over årets artikler, kommentarer og anmeldelser.

Vi ønsker MONAs abonnenter en god jul og god læselyst i juleferien. Skulle noget af indholdet anspore til reaktion, vil vi gerne opfordre læserne til at indsende kommentarer til redaktionen på mona@ind.ku.dk.



I denne sektion bringes artikler der er vurderet i henhold til MONAs 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

Artikler

Variabelsammenhænge i gymnasiets matematikundervisning

Niels Nørskov Laursen, Institut for Naturfagenes Didaktik og Virum Gymnasium

Abstract. Efter gymnasireformen skal man i matematikundervisningen på C-niveau ikke længere behandle det formelle funktionsbegreb, men i stedet arbejde med de såkaldte variabelsammenhænge. I mit speciale har jeg benyttet den valgfrihed der er opstået på grund af funktionsbegrebets fravær, til at designe et undervisningsforløb om lineære, eksponentielle, potens- og logaritmiske sammenhænge der tager udgangspunkt i simple tabeller. Ved at vente med at bruge ligninger til senere i forløbet var ambitionen at flere af de forholdsvis sprogligt orienterede elever i forsøgsklassen ville være i stand til at følge aktivt med i undervisningen end hvis man valgte at fokusere på ligninger fra starten. Denne artikel henvender sig især til matematiklærere som gerne vil forsøge sig med en alternativ tilgang til variabelsammenhænge i en sprogligt orienteret C-niveau-klasse, men artiklen vil også være af interesse for dig som generelt har interesse for funktionsbegrebet i undervisningen.

Introduktion

Meningen med denne artikel er ikke at diskutere om det er en god idé at nedprioritere det formelle funktionsbegreb i gymnasiets matematikundervisning eller ej, men at benytte de rammer som bekendtgørelsen giver til at arbejde med funktioner, på en alternativ måde. Mens jeg skrev speciale i skoleåret 2006/2007, har jeg samtidig været årsvikar på Virum Gymnasium i en enkelt C-niveau-klasse i matematik, og denne klasse har været forsøgsklasse i mit speciale. Det skal her nævnes at på det tidspunkt hvor forløbet blev afprøvet i klassen, havde eleverne allerede lært om lineære sammenhænge, men ikke om eksponentielle, potens- og logaritmiske sammenhænge. Kendetegnende for klassen var at de færreste elever havde ambitioner inden for matematik, og at en del af eleverne havde huller i deres forudsætninger fra folkeskolen – specielt havde mange af eleverne problemer med at arbejde med ligninger. Blandt andet af denne grund valgte jeg at introducere lineære, eksponentielle, potens- og logaritmiske sammenhænge ved hjælp af tabeller. Tabel 1 til 4 er eksempler på repræsentationer for de fire nævnte typer af variabelsammenhænge.

Tabel 1. Et eksempel på en lineær sammenhæng.

x	0	2	4	6	<i>plus 2</i>
y	4	7	10	13	<i>plus 3</i>

Tabel 2. Et eksempel på en eksponentiel sammenhæng.

x	0	1	2	3	<i>plus 1</i>
y	5	10	20	40	<i>gange 2</i>

Tabel 3. Et eksempel på en potens-sammenhæng.

x	1	3	9	27	<i>gange 3</i>
y	1	2	4	8	<i>gange 2</i>

Tabel 4. Et eksempel på en logaritmisk sammenhæng.

x	1	2	4	8	<i>gange 2</i>
y	0	1	2	3	<i>plus 1</i>

"System"

Hovedidéen i mit design var at de fire typer af variabelsammenhænge alle har meget systematiske tabeller hvis man udelukkende bruger tabeller hvor hver af variablene har den samme absolutte eller den samme relative ændring fra søjle til søjle. Disse ændringer valgte jeg at skrive ind i den søjle i tabellen der er længst til højre, og denne søjle valgte jeg at kalde for tabellens *system*.

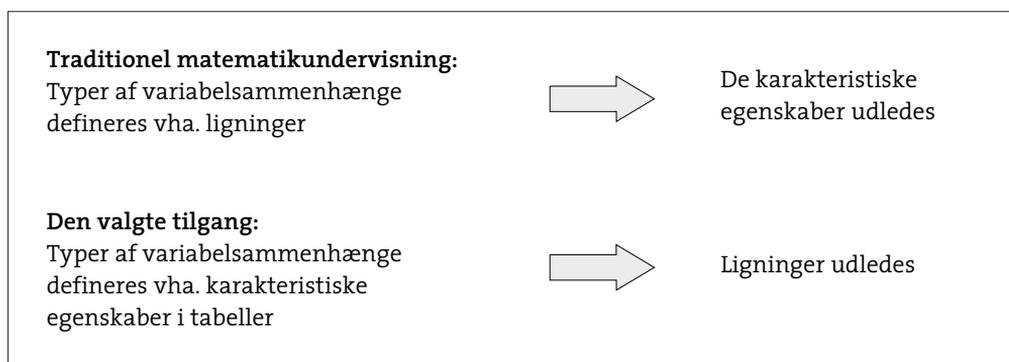
De fire nævnte variabelsammenhænge udgør en pæn, afsluttet klasse hvilket illustreres i tabel 5. Bemærk at det også fremgår af tabellen at eksponentielle sammenhænge og logaritmiske sammenhænge opfører sig modsat.

Tabel 5. En oversigt over de fire typer af variabelsammenhænge. Det er underforstået at den samme absolutte eller relative ændring gentages igen og igen for hver af de to variable i en tabel.

	Absolut ændring af x	Relativ ændring af x
Absolut ændring af y	<i>Lineær</i>	<i>Logaritmisk</i>
Relativ ændring af y	<i>Eksponentiel</i>	<i>Potens</i>

Sammenlignet med den traditionelle matematikundervisning hvor man definerer forskellige typer af variabelsammenhænge ved hjælp af ligninger og viser deres

egenskaber bagefter, har jeg altså gjort det modsatte: De forskellige typer af variabelsammenhænge defineres ved hjælp af deres egenskaber (i tabeller), og derefter udledes ligningerne (se figur 1).



Figur 1. Karakteristiske egenskaber eller ligninger først?

Fordelen ved den valgte tilgang er at man kan udforske de centrale egenskaber for lineære, eksponentielle, potens- og logaritmiske sammenhænge uden at blive forvirret af de symbolske udregningers tekniske detaljer. Ligninger bruges til sidst til at forbedre præcisionen af de metoder som er lært ved hjælp af tabeller og grafer, så selv om man skulle have en form for “lignings-blokering”, er det muligt at følge med i den første del af forløbet.

Teoretiske rammer

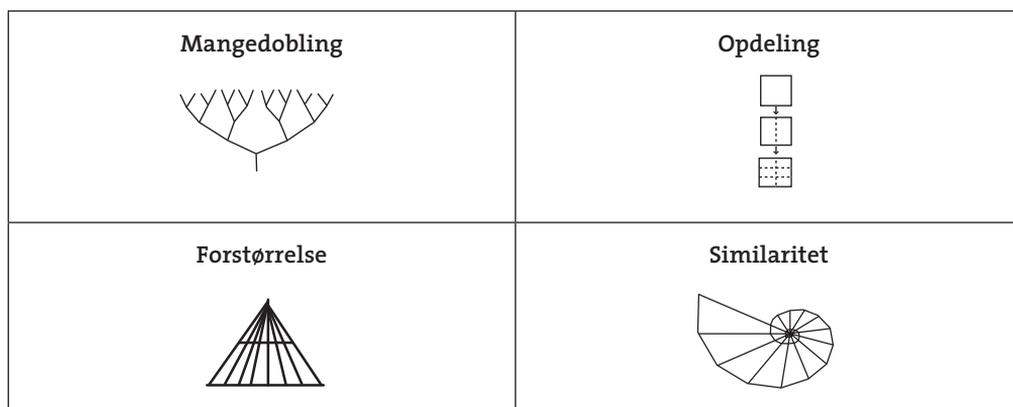
Jeg vil starte teoriafsnittet med at skelne mellem de to tilgange hvormed man kan undervise i funktioner eller variabelsammenhænge: *korrespondance-tilgangen* og *kovarians-tilgangen*. Korrespondance-tilgangen er statisk i sin natur – den handler om at der til enhver x -værdi *korresponderer* præcis én y -værdi, og det er denne tilgang der traditionelt bruges i gymnasimatematikken. Kovarians-tilgangen er derimod af dynamisk natur – den handler om hvad der sker med y -værdien når x -værdien *varieres* (Confrey & Smith, 1994, s. 135). Hvor korrespondance-tilgangen lægger op til en formel og abstrakt gennemgang af funktioner, lægger kovarians-tilgangen op til en mere uformel tilgang, og der er ingen officielt anerkendt opskrift på hvordan man underviser ved hjælp af kovariation.

Kovarians-tilgang af Confrey og Smith

Kovarians-tilgangen i mit speciale er inspireret af en artikel af Confrey og Smith (1994) om såkaldte additive og multiplikative ændringer. Artiklen beskriver hvordan additive og multiplikative processer er af fundamental betydning i matematikken,

i vores tilegnelse af matematikken og i vores anvendelser af matematikken i den virkelige verden. Når et barn for eksempel lærer at tælle, foretager barnet en additiv proces: at lægge 1 til igen og igen. Senere kan barnet lære at tælle med andre additive ændringer, for eksempel ved hjælp af 2-tabellen. Additive ændringer er meget vigtige i matematikken, og derfor har det været nødvendigt at indføre en notation for additive ændringer, nemlig $\Delta x = x_2 - x_1$. Multiplikative ændringer har man derimod tildelt en mindre rolle i matematikken. Dette afspejles for eksempel af det faktum at der ikke findes en anerkendt notation til multiplikative ændringer. Confrey og Smith foreslår at man hjælper til med at udjævne denne uligevægt ved at indføre notationen ${}^{\circ}x = x_2/x_1$ hvor ${}^{\circ}$ står for *ratio*. Et andet eksempel på at multiplikative ændringer nedtones i matematikken, er at man som regel vælger additive ændringer for x -værdierne i tabeller, så tabeller som tabel 3 ovenfor forekommer sjældent.

I den virkelige verden forekommer multiplikative processer hyppigt. Confrey og Smith giver som eksempler blandt andre mangedobling, opdeling, forstørrelse og similaritet (se figur 2), og generelt er der ingen grund til at additive ændringer skulle være vigtigere end multiplikative ændringer.



Figur 2. Eksempler på multiplikative processer.

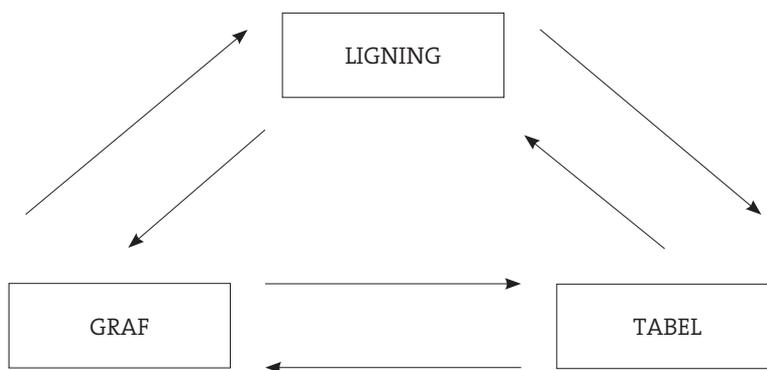
En af grundene til at en kovarians-tilgang til funktioner skulle være intuitivt nem at forstå for eleverne, er at børn på et tidligt stadie har en fornemmelse for ændringer både i matematikken og i det virkelige liv. Ud over den dimension af ændringsbegrebet som omhandler gentagne numeriske ændringer med en fast størrelse af ændringerne, findes der ifølge Confrey og Smith to andre dimensioner: *den grafiske dimension* og *den komparative dimension*. Den grafiske dimension handler om relationen mellem grafens hældning og ændringer af de to koordinater, mens den komparative dimension handler om at vi alle har en fornemmelse for ændringsmekanismer i den virkelige verden. For eksempel mærkes vindmodstanden tydeligere jo hurtigere man kører på

sin cykel. Hvis alle tre dimensioner af ændringsbegrebet bruges i undervisningen, får eleverne et intuitivt grundlag for at arbejde med funktioner, og man kan senere formalisere funktionsbegrebet hvis der bliver brug for det.

Duval om repræsentationer

Når en elev har problemer med at løse en opgave om funktioner, er det ikke sikkert at kilden til problemet skal søges i elevens manglende viden om den konkrete type af funktion som der arbejdes med, men derimod i elevens grundlæggende forudsætninger for at bruge tabeller, grafer og ligninger. For at kunne diskutere disse problemstillinger i en teoretisk sammenhæng har jeg valgt at inddrage Duvals teori om repræsentationer.

Duval (2006) definerer en *repræsentation* som “noget, som står for noget andet”. Eksempler på repræsentationer i matematikken er brøker som repræsenterer tal, eller grafer som repræsenterer funktioner. Et *register* defineres som et system af repræsentationer hvor der kan udøves matematiske processer; for eksempel hører en graf til i det *grafiske register*, en ligning hører til i det *symbolske register*, og en tabel hører til i det *numeriske register*. Duval skelner mellem to slags grundlæggende matematiske processer: *operationer* og *konversioner*. En operation er en proces der foregår i et enkelt register mens en konversion er en proces som starter i ét register og ender i et andet register. Et eksempel på en operation er løsningen af en ligning i det symbolske register, og et eksempel på en konversion er tegningen af en graf ud fra en tabel. I denne artikel er alle de seks konversioner mellem tabel, graf og ligning relevante, se figur 3.



Figur 3. Oversigt over konversioner mellem tabel, graf og ligning.

En af Duvals hovedpointer er at man for at forbedre undervisningen først må undersøge hvordan eleverne bruger og opfatter repræsentationer. Fra et matematisk synspunkt er det ofte sådan at valget af register og notation er arbitrært, og den

trænede matematikere vil nemt kunne skifte notation inden for det samme register eller foretage konverteringer mellem to registre. Men fra elevernes synspunkt er enhver ændring af de tegn der står på tavlen, en potentiel kilde til misforståelser, og det kan være svært at se hvilke ændringer i notationen der er matematisk relevante. Ethvert register har ifølge Duval sine egne muligheder og begrænsninger – dette vil jeg følge op på i det næste afsnit.

Elevernes brug af tabeller, grafer og ligninger

Før jeg kastede mig over det egentlige design af undervisningsforløbet i mit speciale, fordybede jeg mig i de tre registre der var relevante, nemlig det numeriske, det grafiske og det symbolske register. Jeg undersøgte litteraturen om de enkelte registers begrænsninger og om elevernes misforståelser af registre, jeg testede elevernes forudsætninger for brug af disse tre registre, og jeg udarbejdede en serie opgaver der havde til formål at rette op på nogle af elevernes svagheder i forbindelse med de enkelte registre.

Muligheder og begrænsninger for tabeller, grafer og ligninger

Schwarz og Dreyfuss (1995) præsenterer nogle interessante overordnede betragtninger om tabeller, grafer og ligninger. For det første bemærkes det at det traditionelt kun er det symbolske register der bruges aktivt i undervisningen. Fokus er på at foretage operationer i det symbolske register, mens de to andre registre bruges til at give en slags statiske billeder af de matematiske objekter. Med min kovarians-tilgang forsøger jeg at ændre på dette og gøre især tabeller til mere dynamiske repræsentationer end normalt. For det andet skelner Schwarz og Dreyfuss mellem to slags operationer:

1. Det matematiske objekt bevares.
2. Det matematiske objekt bevares ikke.

Et eksempel på en operation som bevarer det matematiske objekt, er en omskrivning af ligningen for en variabelsammenhæng hvor x isoleres i stedet for y . Fra et matematisk synspunkt har man at gøre med den samme variabelsammenhæng før og efter omskrivningen, men i elevernes øjne ser ligningerne vidt forskellige ud. Et andet eksempel på denne type operation er en omskalering af akserne i et koordinatsystem. Grafens udseende ændres tilsyneladende, men det matematiske indhold er det samme. Endelig er en parallelforskydning af en graf et eksempel på en operation som *ikke* bevarer det matematiske objekt. Grunden til at disse betragtninger er vigtige, er at uanset om man arbejder med den ene type operation eller den anden, så vil den konkrete repræsentation ændre sig, men kun i det ene tilfælde vil den matematiske betydning ændre sig, og dette er ikke nødvendigvis nemt at gennemskue for eleverne.

Den tredje og sidste af Schwarz og Dreyfuss' pointer som bringes her, er at repræsentationer sjældent indeholder den fulde information om det matematiske objekt. For eksempel indeholder en tabel kun information om et endeligt antal punkter, og en graf indeholder kun en begrænset definitionsområde. Igen er der tale om simple observationer der ikke volder problemer for det trænedede øje, men som kan give anledning til misforståelser i undervisningen.

Elevernes misforståelser om tabeller, grafer og ligninger

Som det efterhånden fremgår, er det en vigtig pointe i mit speciale at eleverne ikke nødvendigvis forstår de matematiske repræsentationer på samme måde som lærerne. I en artikel af Kieran (1981) behandles elevernes opfattelse af lighedstegnet, og pointen er at eleverne fra de første klassetrin lærer at bruge lighedstegnet som noget der adskiller udregningen (som står til venstre) fra svaret (som står til højre), og at mange elever aldrig slipper denne opfattelse af lighedstegnet som et *do something-signal* på de højere klassetrin. Det fremgår af artiklen at mange skoleelever på de første klassetrin har svært ved at forklare ligninger som for eksempel $4 + 5 = 3 + 6$ eller (*ingenting*) $= 4 + 3$. "Efter lighedstegnet skal svaret stå" var en hyppig kommentar, og til den sidste ligning bemærkede en elev: "Læser du baglæns?" Når disse elever skal lære at arbejde med ligninger, skal man pludselig bruge lighedstegnet som et *ækvivalenssymbol*, og der skal regnes på begge sider af lighedstegnet hvilket strider mod elevernes procesopfattelse af lighedstegnet, og eleverne kan komme i vanskeligheder. Denne artikel førte mig til at foretage forsøg i min klasse med ækvivalens af ligninger hvilket jeg vender tilbage til i det næste afsnit.

Litteraturen behandler en lang række af potentielle misforståelser af grafer. Jeg vil her nøjes med at referere til Duval (2002, s. 324) som ud fra sine undersøgelser konkluderer at de fleste elever sagtens kan aflæse enkelte koordinatsæt på en graf, og de kan også opfatte grafens overordnede form, men de kan ikke skelne hvad der er matematisk relevant, og hvad der ikke er, på en graf, og de kan heller ikke forbinde egenskaber på grafen med informationer i andre registre. Det betyder at de fleste elever godt nok har nemt ved at konstruere en graf, men har svært ved at koordinere grafer og ligninger.

Diagnostisk test

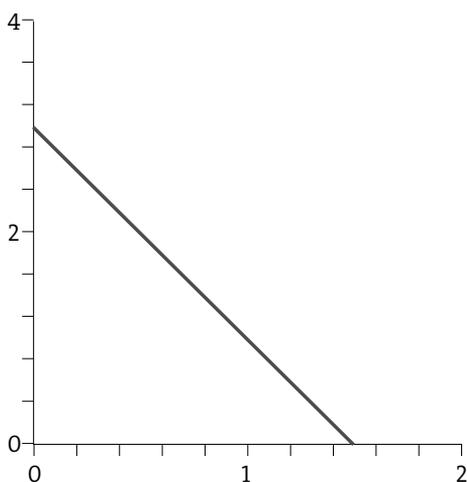
For at undersøge hvordan eleverne i forsøgsklassen behandlede de 6 konversioner mellem tabel, ligning og graf, og for at bringe eventuelle misforståelser frem i lyset lavede jeg en multiple-choice-test med 10 spørgsmål til hver af de 6 konversioner. Her er et uddrag af de opgaver som gav de mest opsigtvækkende resultater (se figur 4):

$x = -y$	OPGAVE 4.3 Find (ved hjælp af ligningen) den y -værdi der hører til hver af de givne x -værdier.		
	x -værdi: $x = -2$	x -værdi: $x = 0$	x -værdi: $x = 2$
	y -værdi: a) $y = -4$ b) $y = 2$ c) $y = 0$ d) $y = -2$	y -værdi: a) $y = -4$ b) $y = 2$ c) $y = 0$ d) $y = -2$	y -værdi: a) $y = 4$ b) $y = 2$ c) $y = 0$ d) $y = -2$

Figur 4. Opgave om konversion fra ligning til tabel.

Det svære ved denne opgave er at det er x og ikke y der er isoleret i ligningen. En enkelt elev rakte hånden op under testen og sagde at der var en fejl i opgaven! Dette viser sammen med en succesrate på 36 % at eleverne er så vant til at y er isoleret, at de ikke umiddelbart omskriver ligningen og løser spørgsmålet som sædvanligt. Dette antyder at eleverne i høj grad ser lighedstegnet som et *do something-signal* og ikke et *ækvivalenssymbol* i overensstemmelse med den nævnte artikel af Kieran.

Den vanskeligste opgave (18 % rigtige) viste sig at være følgende (se figur 5), og det skal her nævnes at den diagnostiske test blev givet til eleverne umiddelbart før de lærte om lineære sammenhænge, således at konklusionerne fra testen omhandler elevernes forudsætninger fra folkeskolen.



OPGAVE 3.1

Sæt en ring om den ligning som svarer til grafen.

- a) $y = 3 - x$
- b) $x = \frac{2}{3}$
- c) $y = 3$
- d) $y = 3 - 2x$

Figur 5. Opgave om konversion fra graf til ligning.

Elevernes besvarelse af denne opgave bekræfter Duvals påstand om at eleverne har svært ved at afgøre hvad der er matematisk relevant på en graf. Eleverne ved at en ret linjes skæring med den ene af akserne er vigtig, men de kan måske ikke huske om det er y -aksen eller x -aksen, og de kan måske også huske at hældningen af linjen spiller en rolle. Med mine tre forkerte svarmuligheder har jeg givet plausible forslag til forbindelser mellem ligningens koefficienter og grafens udseende. De forkerte svarmuligheder b) og c) lægger op til at det kun er skæringspunktet med den ene akse der bestemmer ligningen, og for at gøre disse svarmuligheder visuelt mere tiltalende har jeg placeret x' et og y' et på akserne ud for skæringspunkterne.

Det virker måske lidt plat at forsøge at snyde eleverne på denne måde, men jeg kan konstatere at det virker, og det viser hvor usikre eleverne i en C-niveau-klasse er inden for et emne som de ellers har brugt lang tid på i folkeskolen. Eleverne kan huske nogle af de vigtige ingredienser, men kan ikke ræsonnere sig frem til de præcise forbindelser. Den forkerte svarmulighed a) er baseret på den potentielle misforståelse at hældningen af en linje kun afhænger af hvor stejl den er på papiret, det vil sige af vinklen med x -aksen. Mange elever tænker ikke over at operationen "skalering af akser" ikke ændrer på det matematiske objekt, men ændrer på linjens vinkel til x -aksen. Hvis man tæller streger på akserne, kan man se at linjen går en enkelt streg hen og en enkelt streg ned, og derfor kunne man tro at linjens hældning er minus 1, hvilket forklarer svarmulighed a).

Alt i alt viste den diagnostiske test at en del af eleverne havde alvorlige mangler i deres forudsætninger for overhovedet at bruge grafer og ligninger. Inspireret heraf valgte jeg at bruge tid på at undervise i egenskaberne ved de enkelte registre – for eksempel fokuserede jeg på skalering af grafer og ækvivalens af ligninger, men det vil jeg ikke gå i dybden med her.

Design af undervisningsforløb

I det undervisningsforløb som var resultatet af mit speciale, valgte jeg en kovarians-tilgang baseret på tabeller som jeg har behandlet i introduktionen til denne artikel. Fordelen ved at tage udgangspunkt i tabeller er at man starter i det mindst kompli- cerede register og derved i første omgang undgår de typer af misforståelser som jeg har været inde på i forbindelse med grafer og ligninger. Dermed vil en større andel af klassen være i stand til at følge med i starten af forløbet. Ulempen er at man samtidig starter i det register som indeholder mindst information. Dette kan føre til at eleverne får et ufuldstændigt billede af hvad variabelsammenhænge er, og man kan spørge sig selv om man overhovedet kan behandle de centrale egenskaber for variabelsammenhænge uden at bruge ligninger.

I mit speciale har jeg vist hvordan man ved at gøre tabellerne til dynamiske repræ- sentationer ved hjælp af de såkaldte "systemer" faktisk kan behandle halverings-/

fordoblingstid, monotoniforhold, omvendte sammenhænge og de karakteristiske egenskaber uden at bruge ligninger. Dette vil jeg uddybe om lidt, men først vil jeg behandle de regneteknikker i tabeller som det hele bygger på, nemlig udvidelse af tabeller.

Grundlæggende teknik: udvidelse af tabeller

En tabel kan i mit setup udvides på to forskellige måder. Enten bruges det givne system til at udvide tabellen for større og større (eller mindre og mindre) x -værdier, eller man kan interpolere og finde nye x -værdier mellem de eksisterende x -værdier (se figur 6).

Gentagen brug af eksisterende system:

x	0	2	4	plus 2
y	1	5	9	plus 4

x	0	2	4	6	8	plus 2
y	1	5	9	13	17	plus 4

Interpolation:

x	0	2	4	plus 2
y	1	5	9	plus 4

x	0	1	2	3	4	plus 1
y	1	3	5	7	9	plus 2

Figur 6. To måder at udvide en tabel på: gentagen brug af eksisterende system eller interpolation.

Læg mærke til at interpolation er en ændring af systemet i en tabel til et system som er ækvivalent med det oprindelige system. For lineære sammenhænge er det særlig nemt at interpolere fordi ændringerne for begge variable er additive, men for eksponentielle, potens- og logaritmiske sammenhænge skal man også kunne opdele multiplikative ændringer (se figur 7).

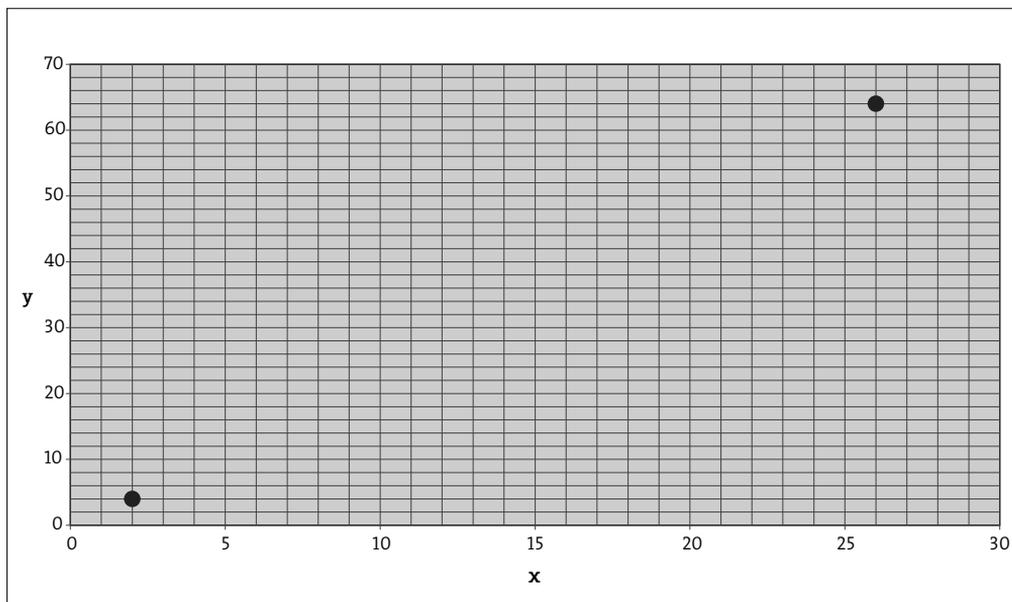
x	0	2	4	plus 2
y	1	9	81	gange 9

x	0	1	2	3	4	plus 1
y	1	3	9	27	81	gange 3

Figur 7. Udvidelse af tabel: eksponentiel interpolation.

Når en additiv ændring halveres for x , skal man altså tage kvadratroden af den tilhørende multiplikative ændring for y når man har at gøre med en eksponentiel sammenhæng. De viste teknikker er nyttige når man skal tegne en graf hørende til en tabel som kun indeholder få punkter, idet man ikke har ligninger til rådighed til at finde

flere punkter til tabellen. Her er et eksempel på en opgave hvor tabeller og grafer på denne måde skal koordineres (se figur 8).



Figur 8. Teknikker til udvidelse af tabeller bruges til at konstruere grafer.

Opgaven løses ved at opstille en tabel med de to punkter, finde et system i tabellen, udvide tabellen ved interpolation og til sidst overføre de nye punkter til grafen.

Fordoblingstid, monotoniforhold og omvendte sammenhænge

I dette afsnit vil jeg beskrive hvordan jeg i mit speciale brugte systemer i tabeller og udvidelse af tabeller til at arbejde med fordoblingstid, monotoniforhold og omvendte sammenhænge uden at bruge ligninger. For det første er fordoblingstid meget nemt at indføre i mit setup. Fordoblingstiden T_2 for en eksponentiel sammenhæng er simpelthen den additive ændring for x som giver en multiplikativ ændring af y på 2. Jeg vil her gå mere i dybden med monotoniforhold (se tabellen i figur 9).

x	1	gange 2
y	1	gange 3

Figur 9. En tabel for en voksende potens-sammenhæng.

Man kan se at tabellen i figur 9 er en potens-sammenhæng da ændringerne for både x og y er multiplikative, og man kan se at sammenhængen er voksende da y bliver

større når x bliver større. Hvad sker der når x går mod henholdsvis 0 og uendelig? For at besvare spørgsmålet udvides tabellen i begge retninger (se figur 10).

x	1/8	1/4	1/2	1	2	4	8	<i>gange 2</i>
y	1/27	1/9	1/3	1	3	9	27	<i>gange 3</i>

Figur 10. Tabellen udvides.

Udvidelse af tabeller giver på denne måde en introduktion til grænseværdier, og man kan udtale sig kvalitativt om grafernes udseende på denne baggrund. Grafen til ovenstående tabel nærmer sig for eksempel koordinatsystemets begyndelsespunkt. Generelt kan man se at man med gentagen brug af en fast, multiplikativ ændring af positiv størrelse aldrig kan skifte fortegn af variabelen, mens man med gentagen brug af en additiv ændring altid vil kunne skifte fortegn. Derfor vil for eksempel grafen for en logaritmisk sammenhæng altid skære x -aksen, og grafen for en eksponentiel sammenhæng vil aldrig skære x -aksen.

Endelig vil jeg komme ind på hvordan det er naturligt at arbejde med omvendte sammenhænge i mit setup. I tabel 5 kan man se at da lineære sammenhænge og potens-sammenhænge befinder sig i skemaets diagonal, er den omvendte sammenhæng til en lineær sammenhæng også lineær, mens den omvendte sammenhæng til en potens-sammenhæng også er en potens-sammenhæng. De to resterende typer af sammenhænge er omvendte sammenhænge til hinanden. En omvendt sammenhæng defineres simpelthen som en omvendt tabel (se figur 11).

x	0	2	4	<i>plus 2</i>		x	1	9	81	<i>gange 9</i>
y	1	9	81	<i>gange 9</i>		y	0	2	4	<i>plus 2</i>

Figur 11. Eksempel på to omvendte tabeller, svarende til omvendte sammenhænge. Det er nemt at se at logaritmiske og eksponentielle sammenhænge opfører sig modsat.

Jeg håber at jeg med mine eksempler har givet et indblik i hvor meget matematik man faktisk kan lave ved hjælp af de såkaldte systemer i tabeller. Nu vil jeg gå over til at behandle anvendelserne af de viste metoder til modellering.

Modellering og overgangen til brug af ligninger

I mit speciale var modellering af tidsmæssige hensyn ikke i fokus, men for at undersøge om man kan lave meningsfulde modelleringsopgaver *uden* brug af ligninger, valgte jeg at lade et enkelt sæt hjemmeopgaver handle om modellering ved hjælp af tabeller og grafer. Opgaverne blev designet på baggrund af de tre dimensioner af ændringsbegrebet som jeg nævnte i teoriafsnittet om ændringer af Confrey og Smith: den numeriske dimension, den grafiske dimension og den komparative dimension. Jeg skulle finde en situation i det virkelige liv hvor eleverne havde nemt ved at forholde sig til ændringerne af de to variable, og hvor sammenhængen var en af de fire udvalgte typer. Valget faldt på bremselængdens afhængighed af hastigheden som er en velkendt kvadratisk sammenhæng, og på internetadressen www.doctordriver.dk/05ddnew/play/brems/brems.html fandt jeg et interaktivt program kaldet *doctor-driver* hvor man med en bjælke kunne udvælge en hastighed hvorefter bremselængden blev udregnet. Det er velkendt at en fordobling af hastigheden giver en firedobling af bremselængden, og dette kan med vores notation udtrykkes således (se figur 12):

x	gange 2
y	gange 4

Figur 12. Eksempel på et muligt system til en kvadratisk sammenhæng.

Eksperimenterne med *doctordriver* skulle lede eleverne til at finde andre ækvivalente systemer til den samme sammenhæng (se figur 13).

x	gange 2	x	gange 3	x	gange 4
y	gange 4	y	gange 9	y	gange 16

Figur 13. Eksempler på andre mulige systemer til en kvadratisk sammenhæng.

Det er nemt at se at det første og det sidste system er ækvivalente da det sidste system fremkommer ved at bruge det første system to gange. Det er derimod ikke med de givne forudsætninger nemt at se at det midterste system er ækvivalent med de to andre. Jeg vil ikke gå mere i detaljer med dette, men blot konstatere at dette blev brugt som en overgang til at arbejde med ligninger for potens-sammenhænge på formen $y = b \cdot x^a$ hvor det kom frem at koefficienten a kan fortolkes på følgende vis: a er den potens som den multiplikative ændring for x skal opløftes i for at man kommer frem til den multiplikative ændring for y .

Generelt opstillede jeg formler for hver af de fire typer af sammenhænge hvor koefficienten a kun afhænger af tabellens system, og koordinerede på denne måde det numeriske og symbolske register. I den forbindelse er det vigtigt at bemærke at koefficienten a (hvis ligningerne for de fire typer af sammenhænge opskrives på standardform) netop fortæller noget om *ændringerne* for en variabelsammenhæng mens koefficienten b er mere statisk – b angiver et fikspunkt. Resultatet blev på denne måde et afrundet forløb hvor ligningerne for de fire typer af sammenhænge til sidst kunne udledes og fortolkes på baggrund af den viden eleverne havde fra det numeriske og det grafiske register.

Evaluerings af undervisningsforløbet

Som ønsket betød den valgte rækkefølge hvor vi tog udgangspunkt i tabeller, at alle elever havde større mulighed for at deltage i undervisningen end normalt. I evalueringen af forløbet var der flere elever der fremhævede den stigende sværhedsgrad:

- (Om sværhedsgraden) “Passende. Startede nemt og blev gradvist sværere.”
- “Det var ret nemt i starten og så blev det lidt udfordrende til sidst.”

Som lærer var det en fornøjelse at se *alle* elever række hånden op når man spurgte om noget i starten af forløbet, hvilket var et stort plus ved den valgte tilgang. Der var en helt anden stemning i klassen end i en normal matematiktime hvor mange af eleverne ikke ville være i stand til at følge med, så der er ingen tvivl om at vi fik en god start på forløbet. Til gengæld vendte normaltstanden tilbage da vi begyndte at arbejde med ligninger sidst i forløbet. Der var ikke noget der tydede på at eleverne havde nemmere ved at bruge ligninger efter at have arbejdet intenst med tabeller og grafer først.

Et relevant spørgsmål er om eleverne lærte noget matematik de kunne bruge til noget, eller var det matematiske indhold blevet så fortyndet at det slet ikke var på gymnasieniveau? Min konklusion er at man med fordel kan introducere de fire typer af variabelsammenhænge ved hjælp af tabeller fordi man hurtigt får de karakteristiske egenskaber frem i lyset, men at man meget tidligere end jeg gjorde, bør inddrage modelleringsopgaver for at vise hvordan disse karakteristiske egenskaber kommer til udtryk i den virkelige verden. Der skal altså lægges vægt på *den komparative dimension* af ændringsbegrebet noget tidligere, jævnfør teorien om ændringer af Confrey og Smith. Ellers er der en fare for at det eneste eleverne lærer, er at lege med nogle “kunstigt udseende” tabeller. Dette bygger jeg på at mange af eleverne aldrig lærte at bruge tabellerne fleksibelt til at løse ukendte opgavetyper selv om de nemt kunne udvide tabeller og tegne grafer.

Konklusion

Jeg har i denne artikel fremlagt et udpluk fra mit speciale (Laursen, 2007) med titlen “En Covarians-tilgang til Variabelsammenhænge i Gymnasiet – i et semiotisk perspektiv”. Formålet er at give et bud på en alternativ tilgang til undervisningen i variabelsammenhænge i matematik på C-niveau i gymnasiet, og resultatet blev et undervisningsforløb der tog udgangspunkt i de karakteristiske egenskaber for lineære, eksponentielle, potens- og logaritmiske sammenhænge udtrykt ved hjælp af tabeller.

Derudover har jeg analyseret brugen af tabeller, grafer og ligninger i undervisningen i funktioner og er efter empiriske undersøgelser kommet frem til at mange af eleverne i forsøgsklassen havde alvorlige huller i deres forudsætninger for overhovedet at arbejde fleksibelt med disse repræsentationer. Det skal nævnes at jeg efterfølgende har haft mulighed for at afprøve min diagnostiske test på en 2. g-klasse med matematik på højt niveau, og at mange elever også her falder i fælderne med et brag! Man burde efter min mening bruge længere tid på generelle egenskaber for ligninger og grafer før man kører derudad med en lang række typer af variabelsammenhænge.

Min samlede vurdering er at det undervisningsforløb som jeg designede, giver en lettilgængelig introduktion til de fire nævnte typer af variabelsammenhænge og tilhørende begreber som halveringstid, monotoniforhold og omvendte funktioner. Forløbet kan sagtens genbruges i fremtiden, men modellering skal inddrages fra starten – ellers risikerer forløbet at blive en leg med “kunstige tabeller”.

Referencer

- Confrey, J. & Smith, E. (1994). Exponential functions, rates of change, and the multiplicative unit. *Educational Studies in Mathematics*, 26, s. 135-164.
- Duval, R. (2002). Representation, Vision and Visualization: Cognitive Functions in Mathematical Thinking. Basic Issues for Learning. I: F. Hitt (red.), *Representation, vision and visualization* (s. 311-335). Lokaliseret den 3. November 2008 på:
www.emis.de/cgi-bin/mathdien/MATH/DI/en/quick.html?first=1&maxdocs=100&type=html&an=2003b.01690&format=complete.
- Duval, R. (2006). A cognitive analysis of problems of comprehension in a learning of mathematics. *Educational Studies in Mathematics*, 61, s. 103-131.
- Kieran, C. (1981). Concepts associated with the equality-symbol. *Educational Studies in Mathematics*, 12(3), s. 317-326.
- Laursen, N. (2007). *En Covarians-tilgang til Variabelsammenhænge i Gymnasiet – I et semiotisk perspektiv*. Institut for Naturfagernes Didaktik, Københavns Universitet. Speciale som endnu ikke er publiceret.
- Schwarz, B. & Dreyfuss, T. (1995). New actions upon old objects: A new ontological perspective on functions. *Educational Studies in Mathematics*, 29, s. 259-291.

Formål med eksperimentelt arbejde i fysikundervisningen

Lærke Bang Jacobsen, Roskilde Universitetscenter

Abstract Med udgangspunkt i Hodsons 1990-artikel som findes i en oversat udgave i seneste MONA, 2008(3), beskriver denne artikel formålene med eksperimentelt arbejde i naturfagsundervisningen som fundet i forskningslitteraturen. Nedslagene viser at eksperimentelt arbejde typisk ses som et middel til at opnå primært kognitive, procedurale og affektive evner. Med denne artikel ønsker jeg at vende diskussionen så disse evner ikke længere ses som mål med eksperimentelt arbejde i undervisningen, men er midler til at lære at udføre eksperimentel fysik, opfattet som at løse fysikfaglige problemer ved brug af eksperimentelle metoder. Denne evne kaldes eksperimentel problemløsningskompetence.

Indledning

Denne artikel består dels af en oversigt over formålene med eksperimentelt arbejde i fysikundervisningen som givet i forskningslitteraturen fra de seneste 20-30 år og dels af en model for min forståelse af de formål, der kan være med eksperimentelt arbejde. Denne model er opbygget omkring begrebet *eksperimentel problemløsningskompetence* og benytter formålsbeskrivelserne i litteraturen som udgangspunkt til at italesætte hvilke evner eleverne må trække på for at opnå denne kompetence.

En kortlægning af formålene med eksperimentelt arbejde i fysikundervisningen er en del af mit ph.d.-projekt i fysikkens didaktik, omhandlende laboratoriearbejdet i fysikundervisningen i gymnasiet. I denne forbindelse er jeg nået frem til en række betragtninger som jeg finder relevante for MONA's læsere.

Formålene med eksperimentelt arbejde i naturfagsundervisningen har været diskuteret lige så længe som eksperimentelt arbejde har været en del af naturfagsundervisningen, og denne artikel er oplagt ikke det første forsøg på en kortlægning af formålene. Der findes flere review-artikler og bøger, som fx Shulman & Tamir (1973), Hofstein & Lunetta (1982), Hegarty-Hazel (1990), Woolnough (1991a), Leach & Paulsen (1999) og Hofstein & Lunetta (2004). Dog eksisterer denne diskussion primært på engelsk, og oversættelsen af Hodsons artikel i sidste nummer af MONA ser jeg som indgang til en diskussion på dansk.

De beskrevne formål med eksperimentelt arbejde er i vid udstrækning generelle for naturfagsundervisningen, og en del af den refererede litteratur omhandler da også den eksperimentelle undervisning i naturfagene frem for ren fysik. Betragtningerne omhandler primært undervisning på gymnasieniveau, men diskussionerne kan oftest overføres til andre undervisningsniveauer hvor eksperimentelt arbejde benyttes som undervisningsmetode.¹

Med begrebet *eksperimentelt arbejde* afgrænser jeg mig til den undervisningsmetode hvor eleverne selv (i forskellig grad) planlægger, udfører og rapporterer deres praktiske arbejde i et laboratorielignende miljø på selve undervisningsstedet. Dermed er demonstrationsforsøg ikke en del af denne diskussion. Heller ikke forsøg uden for skolen, fx på museer, virksomheder og forskningsinstitutioner, medtages. Endelig ser jeg også bort fra virtuelle laboratorier, simuleringer og computereksperimenter.

Dette er ikke en artikel der refererer hvilke formål der er i spil i fysikundervisningen på danske og internationale uddannelsesinstitutioner.² Det er heller ikke en artikel der refererer hvordan man eksaminerer eller tester den læring eleverne har opnået gennem det eksperimentelle arbejde.³ Jeg ønsker heller ikke at beskrive hvilke laboratorieforsøg der kan fremme at disse formål nås. Det er derimod en beskrivelse af de normative formål med eksperimentelt arbejde som den eksisterende litteratur opstiller, samt mit bud på det samme.

Eksperimentelt arbejde har været en integreret del af fysikundervisningen i gymnasiet i over hundrede år (Beyer, 1992) og er med gymnasiebekendtgørelsen af 2005 (Læreplan 2006a, b, c) stadig en vigtig og tidskrævende del af undervisningen. Læreplanerne dikterer at 20 procent af konfrontationstiden i fysikundervisningen i gymnasiet skal bruges på eksperimentelt arbejde.

Eksperimenternes rolle og formål i naturfagene er løbende debatteret. Internationalt set blev eksperimentelt arbejde ved de store reformarbejder i 1960'erne set i et særdeles positivt lys hvor elevstyrede laboratorieforsøg antoges at tjene lange lister af formål (Trumper, 2003). Sidst i 1970'erne og op gennem 1980'erne blev formålene med eksperimentelt arbejde betvivlet (Hofstein & Lunetta, 1982; Newton, 1979; White, 1979; Woolnough, 1979, 1983), og en række forskningsarbejder blev iværksat for at undersøge om denne undervisningsmetode faktisk lærte eleverne alle de ting som det var antaget.⁴ Mange negative konklusioner fandtes, og eksperimentelt arbejde måtte samle sig omkring nye formål, blandt andet ved at indføre nye metoder: kon-

1 I projektet Labwork in Science Education (Welzel et al., 1998) rapporteres dog visse forskelle mellem gymnasie- og universitetsunderviseres holdninger til formålene med eksperimentelt arbejde.

2 Se f.eks. Welzel et al. (1998), Johnstone et al. (1998), Swain et al. (1999), Hirvonen og Viiri (2002), Lavonen et al. (2004) og Gomes et al. (2008).

3 Se f.eks. Dynan og Kempa (1977), Hellingman (1982) og Hodson (1992a)

4 Se f.eks. Johnstone og Wham (1982), der beskriver laboratoriet som en tilstand af ustabil overload. Derudover vil en del af den refererede litteratur klarlægge problemer med at nå de mål, som eksperimentelt arbejde pålægges at tjene.

struktivistiske syn på eksperimentelt arbejde (se bl.a. Goldbech et al., 1992), Predict-Observe-Explain (se Gunstone, 1991), autentisk læring (se Dolin, 2002 og Roth, 1995), åbne opgaver og projektarbejde osv.

I dag har feltet til en vis grad drejet sig mod diskussionen af virtuelle laboratorier, eksperimentelt arbejde uden for skolesammenhæng samt særligt diskussionen omkring elevers interesse, udsprunget af kvantitative studier der viser elevers negative holdninger til og evner i naturvidenskab (Troelsen & Sølberg, 2008; Andersen & Kjærnsli, 2003).

I Danmark er der stadig en diskussion af eksperimentelt arbejde, se fx ph.d.-afhandlingen af Schilling (2007), kompetencebeskrivelsen af fysik (Dolin, 2002 og Dolin et al., 2003) og kompetencebeskrivelsen af naturfag i FNU-rapporten (Andersen et al., 2003). Tillige har der været danske publikationer omhandlende eksperimentelt arbejde i fysik (bl.a. Thomsen, 1992; Goldbech & Paulsen, 2004) og det danske bidrag til LSE (Labwork in Science Education), (Welzel et al., 1998).

Nedslag i litteraturen

I dette afsnit fremhæves en række undervisningsforskere der på forskellig vis har haft betydning for diskussionen af formålene med eksperimentelt arbejde. De valgte nedslag er Hodson, Woolnough & Allsop, Gott & Duggan og Jensen. Dette afsnit er af refererende karakter. Jeg har valgt disse forfattere da de har haft relevans for udviklingen af min forståelse af formålet med eksperimentelt arbejde.

Hodsons “at lære naturvidenskab”, “at lære om naturvidenskab” og “at udføre naturvidenskab”

En aktiv kritiker i debatten om formål og udførelse af eksperimentelt arbejde i undervisningssammenhæng er Derek Hodson (se bl.a. Hodson, 1990, 1992a, 1992b, 1993, 1996 og 1998).

For at styre sin kritik af de formål med eksperimentelt arbejde der ofte listes af lærere og forskere i feltet, inddeler han formålene i fem overordnede kategorier (Hodson, 1990, 1993; se *MONA*, 2008(3)):

1. at motivere ved at stimulere interesse og inspiration
2. at undervise i laboratoriefærdigheder
3. at fremme læring af videnskabelig viden
4. at give indsigt i naturvidenskabelige metoder og udvikle ekspertise i at anvende dem
5. at udvikle særlige “naturvidenskabelige holdninger” som fx fordomsfrihed, objektivitet og accept af at man ikke skal drage forhastede konklusioner.

Formålsbeskrivelsen refererer ikke direkte til eksisterende litteratur, men lægger sig op ad tilsvarende kategoriseringer af bl.a. Shulman & Tamir (1973) og Newton (1979).

Efter at have præsenteret sin liste giver Hodson en hård kritik af disse formål. Men Hodson er ikke i gang med at afskaffe eksperimentelt arbejde som undervisningsmetode. Eksperimentelt arbejde bruges ifølge Hodson for meget og for lidt. Hans udredning af eksperimentelt arbejde som undervisningsmetode er en mere stramt kørt og til alle tider teoridrevet tilgang.

Hodson tillægger de forskellige formål en snæver betydning hvor fx laboratoriefærdigheder fortolkes som rent psykomotoriske evner. Den senere refererede litteratur fortolker tilsvarende kategori bredere. Da Hodson ikke angiver hvem der har inspireret ham til opstillingen og ikke selv udfolder kategorierne, finder jeg hans kritik mangelfuld. Men fortolkes formålene på Hodsons snævre vis, da finder jeg kritikken oplagt, og selv i en bredere fortolkning af kategorierne er hans kritik relevant.

I stedet for femdelingen af formålene med eksperimentelt arbejde appellerer han til en anden kategorisering med tre indgange som er af en anden natur (Hodson, 1992b, 1996, 1998):

1. at hjælpe eleverne til *at lære naturvidenskab* – opnå og udvikle konceptuel og teoretisk viden
2. at hjælpe eleverne med *at lære om naturvidenskab* – udvikle en forståelse for naturen og de naturvidenskabelige metoder samt bevidsthed om de komplekse vekselvirkninger mellem naturvidenskab, teknologi, samfund og miljøet
3. at sætte eleverne i stand til *at udføre naturvidenskab* – engagere sig i og udvikle ekspertise i naturvidenskabelig undersøgelse og problemløsning.

Man kan kritisere Hodsons sprogbrug. *At lære naturvidenskab* vil normalt opfattes som samlebetegnelse for at lære konceptuel og teoretisk viden, at lære om naturvidenskab og at lære at handle naturvidenskabeligt, hvor Hodson her kun henviser til konceptuel og teoretisk viden.

I kategorien *at lære naturvidenskab* kan eksperimentelt arbejde bruges til at gøre eleverne bekendte med den fysiske verden. Hodson skriver:

... hvis uddannelse i naturvidenskab handler om at give mening til den fysiske verden og forstå (og bruge) den konceptuelle og procedurale viden som naturvidenskabsfolk har udviklet til at assistere dem i denne opgave, da må et første skridt i naturvidenskabsundervisningen være at *gøre sig bekendt* med denne verden. Her er laboratoriearbejde essentielt. Det er muligvis den eneste måde på første hånd at opleve mange af de fænomener og begivenheder som naturvidenskab arbejder med. (Hodson, 1993, s. 110, egen oversættelse, original kursiv)

At lære naturvidenskab er af andre (fx White, 1979, 1991) kaldet opbygning af episodisk viden, og Woolnough & Allsop (1985) kalder "at gøre sig bekendt med verden" for "at få en fornemmelse for fænomenet". Derudover påpeger Hodson at laboratoriearbejde

kan begrundes ved at lade elever udforske, gennemarbejde og teste deres eksisterende idéer mod erfaringer, men han understreger at dette kun har sin berettigelse når laboratoriearbejdet er teoriladet og velforstået af eleven.

Hodson argumenterer for hvorfor eksperimentelt arbejde kan bidrage til *at lære om naturvidenskab*:

En teoridrevet tilgang til undersøgelser hvor eleverne *bruger* processerne og metoderne i naturvidenskab til at udforske fænomener og konfrontere problemer som et middel til at forbedre og udvikle deres forståelse [...] giver en stærk indsigt i naturvidenskabelige aktiviteterets natur. (Hodson, 1993, s. 114, egen oversættelse, original kursiv)

Yderligere kan eksperimentelt arbejde bidrage til *at lære om naturvidenskab* ved at lade eleverne reflektere over deres personlige læreproces (hvilket han ikke uddyber betydningen af). Tillige kan eksperimentelt arbejde kaste lys over det komplekse samspil der er mellem teori og eksperiment i naturvidenskab, dvs. klarlægge at der findes eksperimenter der verificerer teorier, eksperimenter der bidrager til udvikling af teorier, eksperimenter der står uforklarede hen og venter på at teorier udvikles, og endelig de tilfælde hvor teori og eksperimenter udvikles sammen. Kort sagt assisterer eksperimenter teori, og teori assisterer eksperimenter. Dette bliver der ikke undervist i på den måde eksperimentelt arbejde praktiseres i undervisningen i dag. Hodson mener at eksperimentelt arbejde kan bidrage til at eleverne forstår sammenhængen mellem teori og empiri: at eksperimenter kan bruges til at teste teorien empirisk og assistere i videreudviklingen af teorien, og omvendt at teorien kan bidrage til at generere spørgsmål der kan testes empirisk og guide designet af eksperimentet der kan svare på spørgsmålene.

Endelig diskuterer Hodson hvordan eksperimentelt arbejde kan bidrage til *at udføre naturvidenskab*. Han understreger at det ikke handler om at lære metoderne i naturvidenskab eller at blive eksperter i at bruge specifikke laboratorietechnikker, men at bruge disse metoder og procedurer til at undersøge fænomener, løse problemer og forfølge interesser, dvs. at eleverne går fra at svare på spørgsmål til at stille spørgsmål. Hodson påpeger at de valg eksperter i naturvidenskab træffer i udførelsen af undersøgelser, er en kombination af viden, kreativitet, eksperimentel flair og affektive komponenter som ikke kan ekspliciteres og derfor ikke kan fralæres (han bruger her ordene rationale og intuition). Dermed må dette læres ved at udføre naturvidenskab i selskab med en erfaren praktiker.⁵

Hodson mener altså at eksperimentelt arbejde bruges forkert, men hvis eksperimentelt arbejde udføres så de ovenstående formål tjenes, da vil denne undervisningsform

5 I mange angelsaksiske lande er der tilknyttet laboratorietechnikere til den eksperimentelle del af naturfagsundervisningen.

kunne bidrage med langt mere og må derfor gives endnu mere tid end den tillægges i dag.

Jeg mener at Hodsons opdeling af eksperimentelt arbejde er meningsfuld og giver overblik. Jeg er glad for hans fokus på metaperspektivet på eksperimentelt arbejde, og jeg er glad for at han ikke sætter motivation som et formål i sig selv. Men derudover mener jeg at hans tredeling til en vis grad overlapper med den femdeling han kritisk refererer at lærere benytter sig af. *At udføre naturvidenskab* har visse overlap med at undervise i laboratoriefærdigheder samt at udvikle ekspertise i at anvende naturvidenskabelige metoder. *At lære om naturvidenskab* overlapper til en vis grad med at give indsigt i den naturvidenskabelige metode. *At lære naturvidenskab* overlapper delvis med at fremme læring af videnskabelig viden. At motivere ved at stimulere interesse og inspiration genfindes i Hodsons beskrivelse af *at udføre naturvidenskab*. At udvikle særlige naturvidenskabelige holdninger genfindes i alle tre kategorier.

Woolnough & Allsops “at udvikle færdigheder og teknikker”, “at være problemløsende forsker” og “at få fornemmelse af fænomenet”

Woolnough & Allsop (1985) udvikler, efter en opstilling og kritik af de formål der ofte findes for eksperimentelt arbejde (meget lig Hodsons kritik), en tredeling af formålene med eksperimentelt arbejde i naturfagsundervisningen (se tabel 1). Disse tre formål nås med forskellige øvelsestyper som ligeledes er givet i tabellen.

Tabel 1. Woolnough & Allsops tredeling af formålene med eksperimentelt arbejde samt de undervisningsformer der bedst tjener disse formål. En række eksempler er givet for de forskellige øvelsestyper (egen oversættelse).

Formål	Type af øvelse	Eksempler
Udvikle praktiske, naturvidenskabelige færdigheder og teknikker	Øvelse	<ul style="list-style-type: none"> – Observere og beskrive kogende vand – Opdage forskelle mellem at observere med øjet, lup og mikroskop – Estimere antal molekyler i en vejtrækning
Være en problemløsende forsker	Undersøgelse	<ul style="list-style-type: none"> – Undersøge hvilke faktorer der påvirker styrken af beton – Bestemme hvilke materialer der er bedst til fremstilling af skosål, køkkengulv og cykelbremse – Bygge en anordning der kan få et æg til at falde 5 meter så hurtigt som muligt uden at smadres

Opnå en fornemmelse for fænomenet	Oplevelse	<ul style="list-style-type: none"> – Strække en elastik – Se på formationen af olielag på vandoverflader – Sammentrykke luft i en sprøjte – Bevæge armene ud og ind mens man sidder på en roterende stol
-----------------------------------	-----------	--

At udvikle praktiske, naturvidenskabelige færdigheder og teknikker er en samlebetegnelse for at observere, måle, estimere, manipulere, se forskelle og ligheder, gennemskue hvilke mulige observationer der er relevante og vigtige, være i stand til at måle forskellige fysiske egenskaber, bruge naturvidenskabeligt udstyr forsvarligt og sikkert, estimere værdier, approksimere, udvikle eksperimentelle teknikker, planlægge, udføre og fortolke resultater, udføre databehandling samt analysere pålideligheden af data. For at opnå disse færdigheder og teknikker udføres *øvelser*. Øvelser er ikke drevet af indholdet, og det gøres klart for eleverne at denne undervisningsform omhandler processen og ikke resultatet. Der er særligt fokus på at observere og beskrive.

At være en problemløsende forsker sættes lig gennemløbet af en række stadier: stille et spørgsmål, undersøge relevante faktorer omhandlende problemet, opstille idéer til at angribe problemet, designe, opstille og udføre eksperimentet og endelig evaluere resultaterne. Denne undervisningsmetode er åben og divergerende og har ikke et forudsagt resultat eller en specifik teori der kan løse problemet. Denne undervisningsform som de kalder *undersøgelser*, giver dels en dyb viden om det relevante emne, dels udvikler den en række personlige evner såsom tilfredshed og personligt engagement i problemet, og derudover styrkes evner såsom originalitet, kreativitet, uafhængighed, selvtillid og vedholdenhed.

At opnå en fornemmelse for fænomenet er at få kendskab til den fysiske verden som vi lever i. At få oplevelser med fysiske fænomener er opbygning af et reservoir af udtalt viden som eleverne kan trække på i fremtidige problemløsningssituationer. Undervisningsformen er *oplevelser* som gerne er af kort varighed. Det er vigtigt at *oplevelser* er adskilt fra matematiske forklaringer, modeller eller komplicerede apparater eller processer. Oplevelser handler ikke om at indsamle data, men om at sanse fænomener. Grundet den ofte korte varighed, påpeger Woolnough & Allsop, bliver *oplevelser* gerne undervurderet.

Jeg anser Woolnough & Allsops inddeling og argumentation for formålene med eksperimentelt arbejde som fornuftige. Jeg kan også godt lide deres sammenstilling af formål og øvelsestyper. Jeg mener dog at Woolnough & Allsop (1985) i virkeligheden anser dét at være en problemløsende forsker som det sande formål, hvor at opbygge et udtalt reservoir af fænomenoplevelser og at opnå praktiske færdigheder og teknik-

ker er midler til at nå målet. Dette lægger op til min egen forståelse af formålet med eksperimentelt arbejde som det gives i næste afsnit. Denne fortolkning af Woolnough & Allsops holdning underbygges af følgende senere citat af en af forfatterne:

I hjertet af naturvidenskabelig aktivitet må den praktiske *undersøgelse* være. [...] Når det er nødvendigt at udvikle en særlig færdighed eller at blive bekendt med et særligt stykke udstyr, kan en praktisk *øvelse* være nødvendig selv om det selv her er passende at integrere denne øvelse i den oprindelige naturvidenskabelige aktivitet i stedet for at forsøge at udvikle færdigheden uden for denne sammenhæng. Til sidst må det nævnes at praktiske *oplevelser* er designet til helt specifikt at give den studerende en fornemmelse for fænomenet der skal undersøges, at opbygge personlig erfaring og uudtalt viden som vil forme basis for en efterfølgende handling og forståelse når sammenhænge dannes. (Woolnough, 1991b, s. 185-186, egen oversættelse, original kursiv)

Gott & Duggans eksperimentelle færdigheder

Gott & Duggan (1996) inddeler formålene med eksperimentelt arbejde i tre:

1. Motiverende aspekter forbundet med at fremme interesse og sociale færdigheder
2. Brug af faktisk viden
3. Udvikling af eksperimentelle færdigheder

Det første formål, om de motiverende og sociale aspekter, bliver fremhævet som vigtigt, men kan næppe udgøre basis for læreplansudvikling. Vedrørende det andet formål skriver de:

... praktisk arbejde for brugen af faktisk viden forekommer logisk, men i virkeligheden er virkningsgraden ikke bevist (Gott & Duggan, 1996, s. 792, egen oversættelse)

Det tredje formål udvikler de forståelsen af i Gott & Duggan (1995, 1996), og jeg vil her referere en del af deres konklusioner. De udvikler en fra teoretisk viden adskilt vidensbase i eksperimentelle færdigheder omkring betegnelsen "begreber om evidens". Jeg vil i det følgende omtale dem som "procedurale begreber" da "evidens" tillægges en anden betydning i naturfagsdidaktisk forskning.

De opstiller en model for naturfagsundervisning baseret på to vidensbaser: en vidensbase af begreber (forankret i fakta) og en vidensbase af procedurale begreber (forankret i færdigheder). Som beskrevet er den sidstnævnte vidensbase ikke vel-defineret i tidligere litteratur hvilket leder dem til udviklingsarbejdet af denne (se tabel 2).

Tabel 2. *Procedurale begreber som de er udviklet af Gott & Duggan (1996), s. 796-797, egen oversættelse.*

<i>Associeret med</i>	<i>Procedurale begreber</i>
Design	Variabel-identifikation, fair test, datasættets størrelse, variabeltyper
Måling	Relativ skala, område og interval, valg af apparatur, gentagelser, nøjagtighed
Databehandling	Tabeller, typer af grafer, mønstre, multivariate data
Evaluering	Pålidelighed, gyldighed

De procedurale begreber der er associeret med design, underinddeler de i fire: *variabelidentifikation*, som består af en forståelse af begrebet variabel, at kunne identificere den eller de relevante uafhængige variable og de afhængige variable samt at kunne måle (eller på anden vis bestemme) den afhængige variabel. *Fair test-forståelse*, dvs. at forstå hvorfor variablerne nødvendigvis skal kontrolleres, og dettes betydning for validering af resultaterne. *Datasættets størrelse*, dvs. at forstå betydningen af at vælge en passende størrelse af datasættet. Og endelig forståelse af de forskellige *variabeltyper*, dvs. at forstå forskellen mellem kategoriske, diskrete, kontinuerte og afledte variable og hvordan de repræsenteres i forskellige grafter.

De procedurale begreber der er associeret med måling, indeholder en række underforståelser: *Relativ skala*, dvs. at være i stand til at vælge fornuftige værdier af de fysiske størrelser så den resulterende måling er meningsfuld. *Intervalforståelse*, dvs. forståelse for at vælge et fornuftigt interval af variablerne så den resulterende graf består af værdier der er spredt tilstrækkeligt bredt og med fornuftige afstande så hele mønsteret ses. Hermed kræves der også en forståelse af nødvendigheden af et fornuftigt antal målepunkter. Her findes også en *forståelse af valget af instrument*, dvs. sammenhængen mellem valg af instrument og det påkrævede måleområde, interval og nøjagtighed. *Gentagelsesforståelse* af, at siden fysiske målinger fluktuerer, kræves der et antal gentagelser for at give pålidelige data. *Nøjagtighedsforståelse* er at forstå den grad af nøjagtighed der er krævet for at give pålidelige data der kan ende ud i meningsfulde fortolkninger.

De procedurale begreber der er associeret med databehandling inkluderer: *Forståelse af at tabeller* er mere end en måde at præsentere indsamlede data på (kan organisere designet og efterfølgende dataindsamling inden eksperimentet). *Graftypeforståelse* beskriver forståelse af sammenhængen mellem grafisk repræsentation og den type variable de repræsenterer. *Mønsterforståelse* er forståelse af at mønstre repræsenterer hvordan variablerne opfører sig, og at dette kan ses i tabeller og grafer. Desuden er der *multivariat-forståelse*, dvs. forståelse af naturen af multivariate data og hvordan

dele af variableerne skal holdes konstante for at opdage effekten af en variabel på en anden (evt. kendt som variabelkontrol). Gott & Duggan (1996) slutter her, men jeg vil også gerne inkludere *fysisk størrelsesforståelse*, dvs. at en empirisk fysisk størrelse består af en værdi, en enhed og en usikkerhed, og *enhedsregningsforståelse*, dvs. at forstå at fysiske størrelser hænger sammen gennem enhederne.

Endelig er der de procedurale begreber der er associeret med evaluering: *pålidelighedsforståelse*, dvs. at forstå konsekvensen af en målingsstrategi for pålideligheden af de resulterende data (kan vi tro på vores data?), og *gyldighedsforståelse*, dvs. forståelsen af konsekvensen af designet på gyldigheden af de resulterende data (kan denne metode løse vores spørgsmål?).

Gott & Duggan (1995) udfolder begrebet eksperimentelle færdigheder, så disse evner løfter sig over rent psykomotoriske færdigheder. Denne udfoldelse finder jeg både relevant og anvendelig til udvikling af min model.

Jensens eksperimentelle problemløsningskompetence

Jensen (2002) beskriver formålene med eksperimentelt arbejde som de ofte gives i en tredeling:

... eksperimentelt arbejde som en motiverende måde at nærme sig teoretiske begreber på, som et middel til at lære måleteknik, talbehandling, at regne med enheder eller til at få sans for usikkerheder, eller som noget der kan være med til at udvikle respekt for empiri og sans for 'naturvidenskabelig metode'. (Jensen, 2002, s. 38)

Hvad angår eksperimentelt arbejde som en vej til begrebstilegnelse, spørger Jensen om denne undervisningsform ikke er unødigt besværlig og dyr sammenlignet med andre undervisningsmetoder. Eksperimentelt arbejde som træning i måleteknik, talbehandling, enheder og usikkerheder er brugbar, men kan muligvis trænes bedre i andre fag og på samme vis som respekten for empiri.

Hvorimod oplevelser med 'naturvidenskabelig metode', hvis der skal udvikles forståelse så langt, at der fornemmes at der i virkeligheden findes flere 'naturvidenskabelige metoder', nødvendigvis også må inddrage oplevelser med det for fysik karakteristiske vekselspil mellem empiri og teori ved hjælp af matematiske modeller og de formålsbestemt tilrettede, kunstige situationer, som vi kalder eksperimenter. (Jensen, 2002, s. 38)

Men der hersker uklarhed, om det eksperimentelle arbejde f.eks. primært skal bidrage til begrebs- og fænomenforståelse, til udvikling af laboratorie- og talbehandlingsfærdigheder, eller til den her efterspurgte eksperimentelle problemløsningskompetence, hvor den sidstnævnte eksperimentelle problemløsningskompetence forklares bl.a. ved, at ele-

verne bør opnå forståelse for og træning i at løse problemer ved at angribe problemerne empirisk-eksperimentelt. (Jensen, 2005, s. 76)

Jeg har medtaget Jensens udtalelser om eksperimentelt arbejde da jeg er inspireret af hans begreb *eksperimentel problemløsningskompetence* som jeg selv har valgt at sætte som formålet med eksperimentelt arbejde. Selve begrebet er af Jensen ikke uddybet yderligere hvorfor jeg selv har videreudviklet begrebet til mit brug.

Modellen

I dette afsnit angives min udviklede model til beskrivelse af formålet med eksperimentelt arbejde og hvilke evner der er nødvendige for at opnå dette formål. Tillige diskuteres min holdning til formålet med eksperimentelt arbejde i forhold til de tidligere beskrevne artikler. Endelig diskuteres fordele og ulemper ved modellen.

Beskrivelse af modellen

Inspireret af begrebet *eksperimentel problemløsningskompetence* som givet af Jensen (2005) og kort beskrevet i et foregående afsnit har jeg udviklet en model der tager udgangspunkt i at formålet med eksperimentelt arbejde er at udvikle eksperimentel problemløsningskompetence. For at udvikle denne kompetence må eleven trække på en række evner (forstået som færdigheder, forståelse, holdninger og viden) for at være i stand til at udføre et eksperimentelt arbejde på tilfredsstillende vis. Selvfølgelig vil fortolkningen af "tilfredsstillende vis" afhænge af niveauet, dvs. det er forskelligt i hvilken grad eleverne skal besidde disse evner i folkeskolen, i gymnasiet og på universitetet. Evnerne er indlejret i modellen. De er i høj grad overlappende med de formål der er blevet opstillet for eksperimentelt arbejde, og jeg har derfor ladet mig inspirere af den beskrevne litteratur. Men jeg lader dem antage en anden betydning: Hvor disse evner tidligere blev anset som mål for eksperimentelt arbejde i undervisningen, er de nu midler til at blive i stand til at løse fysiske problemer ved brug af eksperimentelle metoder.

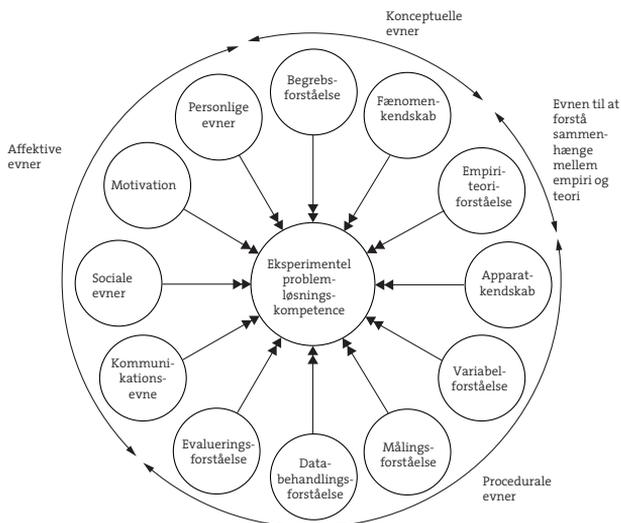
Jeg vender altså diskussionen af formålene med eksperimentelt arbejde på hovedet. Jeg lader formålet med eksperimentelt arbejde være at opnå eksperimentel problemløsningskompetence og benytter tidligere diskussioner af formålene til at italesætte hvilke evner elever må trække på for at kunne løse eksperimentelle problemer.

Inspireret af Gott & Duggan har jeg brugt deres procedurale begreber til at beskrive de *procedurale evner* en elev skal besidde for at være i stand til at løse problemer af empirisk, naturvidenskabelig karakter. Til dette har jeg tillagt Woolnough & Allsops praktiske, naturvidenskabelige færdigheder og teknikker.

Inspireret af bl.a. Hodson har jeg udviklet de *affektive evner* en elev må besidde for at opnå eksperimentel problemkompetence.

Hodson har derudover bidraget med de evner, der handler om at lære om naturvidenskab, her kaldet *evnen til at forstå sammenhænge mellem empiri og teori*.

Endelig har Woolnough & Allsop samt Hodson inspireret mig til udviklingen af de *konceptuelle evner* der er nødvendige for at løse eksperimentelle problemer. Modellen findes på figur 1.



Figur 1. beskriver den udviklede model der sætter eksperimentel problemløsningskompetence som formålet med eksperimentelt arbejde og beskriver de evner eleven må trække på for at løse fysiske problemer eksperimentelt.

I midten af figuren findes den *eksperimentelle problemløsningskompetence* som jeg i tråd med Jensen definerer som at opnå forståelse for og træning i at løse problemer ved at angribe problemerne empirisk-eksperimentelt – dvs. at besidde evnen til at danne eksperimentelle strategier og løse problemer eksperimentelt. Gott & Duggan (1995) definerer problemløsning generelt som “enhver aktivitet der kræver at eleven bruger hans eller hendes forståelse i en ny situation” (Gott & Duggan, 1995, s. 26, egen oversættelse). At besidde eksperimentel problemløsningskompetence kan til en vis grad ligestilles med Woolnough & Allsops *at være en problemløsende forsker*, altså at opstille et problem, undersøge relevante faktorer omhandlende problemet, få idéer til at angribe problemet, opstille og udføre eksperimentet og endelig evaluere resultaterne. Måden at udøve eksperimentel problemløsningskompetence på er at udføre *undersøgelser* som denne term bruges af Woolnough & Allsop. Eksperimentel problemløsningskompetence overlapper altså til en vis grad FNU-rapportens empirikompetence (observation og beskrivelse, eksperimenteren, manuelle færdigheder, dataindsamling og -behandling, sikkerhed, vurdering af usikkerhed og hensigtsmæs-

sighed, kritik af metoder, generalisering mellem praksis og teori), men med et langt højere fokus på opstillingen og løsningen af et problem.

Efter at have defineret eksperimentel problemløsningskompetence bevæger jeg mig nu ud fra midten og beskriver de evner der er nødvendige for at løse fysikfaglige, eksperimentelle problemer. De er inddelt i fire overordnede kategorier: *konceptuelle evner, evner til at forstå sammenhænge mellem empiri og teori, procedurale evner samt affektive evner.*

Inden for hver af disse kategorier findes en række evner som jeg anser som nødvendige for at kunne løse empiriske problemer i fysik. Disse evner forholder sig til hinanden, som de er placeret i modellen.

Jeg vender altså pilene og går fra at placere eksperimentelt arbejde i midten og lade dette være et middel til at nå en række mål, såsom affektive, konceptuelle, procedurale og problemløsende evner, hvorved pilene ville pege udad. I stedet peger pilene i denne model ind mod midten, hvor man finder evnen til at kunne udføre eksperimentelle arbejder som ligestilles med at besidde eksperimentel problemløsningskompetence. Midlerne til at nå hertil er nu dem der før opfattedes som målene.

Konceptuelle evner har været meget omdiskuteret inden for eksperimentelt arbejde. At formålet med eksperimentelt arbejde er at tilegne sig teoretisk viden, er blevet gentaget igen og igen og lige så ofte blevet kritiseret fra mange sider. I denne artikel findes kritikken hos Hodson og Gott & Duggan. Men for at løse problemer eksperimentelt kræves visse konceptuelle evner som jeg her vil uddybe.

Eleverne skal have et *kendskab til begreber*, det være sig teorier, lovmæssigheder, fakta og principper der kan guide deres videre arbejde med at løse problemer. Hodson nævner at eleverne kan bruge eksperimentelt arbejde til at undersøge teoretisk funderede begreber, altså at manipulere og bruge ny viden og idéer. Denne evne bygger bro til de personlige evner med Hodsons "at blive bekendt med egne idéer" som findes ved siden af konceptuelle evner.

Fænomenkendskab er elevernes førstehåndsoplevelser af fysiske fænomener der i problemløsningssituationer kan anvendes som argument for og imod opstillede hypoteser samt medvirke til at lede den videre proces. Eksperimentelt arbejde er en unik mulighed for at lade eleverne opleve og sanse fænomener der vil lagres i et reservoir af uudtalt viden som de senere kan trække på.

Mellem konceptuelle og procedurale evner findes *evnen til at forstå sammenhænge mellem empiri og teori*, hvilket er forståelse af det komplekse samspil der er mellem teori og eksperimenter. Som beskrevet af Hodson må eleven forstå om det givne problem bruges til at teste teorien samt assisterer i videreudviklingen af teorien, eller om det er teorien der har bidraget til at stille spørgsmålene og dermed guider eksperimentet. At have denne forståelse giver en indsigt i de naturvidenskabelige aktiviteters natur som er nødvendig for at kunne løse eksperimentelle problemer på

naturvidenskabelig vis. Herunder findes også elevens behov for at forstå forskellen på kvalitative og kvantitative undersøgelser og hvornår de hver især kan bruges, samt forstå generalisering og modellering.

På samme vis som de konceptuelle evner byggede bro til forståelsen af sammenhænge mellem empiri og teori, følges denne forståelse af de procedurale evner.

Procedurale evner inkluderer apparatforståelse, variabelforståelse, målingsforståelse, talbehandlingsforståelse og evalueringsforståelse. De sidste fire er direkte hentet hos Gott & Duggan i deres procedurale begreber. Den første er udfoldet her:

Apparatforståelse inkluderer evner såsom kendskab til hvilket måleudstyr der eksisterer, og hvordan det bruges og aflæses, viden om hvordan man agerer sikkert og hensigtsmæssigt i et laboratorium, samt laboratorieteknikker.

Evalueringsforståelse inden for procedurale evner bygger i processen omkring problemløsning oplagt op mod kommunikation af resultaterne hvilket findes først under de affektive evner.

Eksperimentelt arbejde bliver ofte fremhævet som en motiverende og selvstændighedsfremmende undervisningsform, idet eksperimentelt arbejde har som formål at tjene affektive faktorer. Om man kan lide dette argument eller ej, så kræves det for at løse eksperimentelle problemer at eleven både er motiveret til at udføre opgaven, har evnerne til at arbejde selvstændigt og tror på sine egne evner til at løse opgaven. Eleven må også kunne samarbejde og kommunikere. Det er disse evner der befinder sig i kategorien *de affektive evner*.

Kommunikationsevne er placeret mellem evalueringsforståelse og social kompetence da denne deler sig i to. Rettet mod sociale kompetencer er det evnen til at kommunikere med andre elever og læreren om planlægningen og udførelsen af eksperimenterne der skal løse problemet. Rettet mod evalueringsevnerne forstås det som evnen til at rapportere undersøgelsen (skriftligt og mundtligt) og særligt evalueringen af resultaterne og metoden.

Sociale evner kræves for at kunne løse et eksperimentelt problem da eksperimentelt arbejde i skolesammenhæng udføres som et samarbejde elever imellem. Disse evner er placeret ved siden af kommunikationsevnen der oplagt er forbundet med den sociale kompetence. På den anden side ses motivationen da disse evner er indbyrdes forbundet.

Motivation inkluderer motivation, glæde, interesse og lyst. For at kunne udføre et eksperimentelt arbejde (eller et vilkårligt andet arbejde) kræves en lyst til at udføre det. Motivation er placeret ved siden af personlig kompetence da der findes et overlap mellem disse to ved fx troen på egen evne samt inddragelse og autonomi i opgaven.

Personlige evner inkluderer forståelse af egne læreprocesser. Til løsning af eksperimentelle problemer kræves det, at eleven gøres bekendt med egne forestillinger om fysiske begreber der så kan udvikles på baggrund af resultaterne af løsningen af

problemet. Derudover findes, hvilket er særlig vigtigt, også elevens tro på at kunne klare opgaven hvilket både omhandler selvtillid i faget og rækker bredere ud til elevens tro på at han eller hun kan løse de problemer af tilnærmelsesvis naturvidenskabelig art som han eller hun må møde på sin vej. Personlige evner inkluderer også en række holdninger der har relevans i fysikken, såsom objektivitet, vilje til at indstille skøn til fordel for målbare fakta, kreativt ræsonnement og logisk ræsonnement samt selv-virksomhed.

Modellen beskriver altså evnen til at løse fysiske problemer på empirisk vis – kaldet eksperimentel problemløsningskompetence – som formålet med denne undervisningsform. Derudover beskriver modellen de evner eleverne må besidde for at opnå den eksperimentelle problemløsningskompetence, placeret under overskrifterne: konceptuelle evner, evnen til at forstå sammenhænge mellem empiri og teori, procedurale evner samt affektive evner.

Diskussion af modellen

Formålet med eksperimentelt arbejde er ifølge denne model at tilegne sig eksperimentel problemløsningskompetence. Denne tanke er inspireret af både Woolnough (1991b) og Jensen (2005). Modellen klarlægger altså et bud på formålet med eksperimentelt arbejde hvori den tidligere diskussion anerkendes og anvendes. Men derudover bidrager modellen til en diskussion af de evner der kræves for at opnå eksperimentel problemløsningskompetence.

I forhold til de citerede artikler anses eksperimentelt arbejde ikke som et middel til at opnå en række evner, men i stedet betragtes disse evner som nødvendige bidrag til at arbejde fysisk-eksperimentelt. Dette anser jeg for en rimelig måde at "redde" eksperimentelt arbejde på som ellers er blevet beskudt af en lang række empiriske undersøgelser der viser at eleverne ikke opnår de evner som laboratoriearbejdet skulle have givet eleverne.

Jeg ønsker til sidst at gøre det klart at den her opstillede inddeling i evner som er nødvendige for at løse eksperimentelle problemer, ikke anses som en endegyldig sandhed. Andre kan have andre holdninger til hvordan evnerne skal inddeles, samt hvor stor detaljeringsgrad de med rimelighed skal antage. Jeg har forsøgt at sikre at evnerne klart kan adskilles fra hinanden og dermed ikke overlapper hinanden. Men de forholder sig naturligt til hinanden. Evnerne er placeret i en rækkefølge så de oplagt bygger bro til hinanden.

Ved at lade formålet med eksperimentelt arbejde være at opnå eksperimentel problemløsningskompetence kan der argumenteres for at eksperimentelt arbejde vender sig ind i sig selv og ikke lærer eleverne noget der kan finde anvendelse uden for laboratoriet. Dette er ikke hensigten da det for at opnå eksperimentel problemløsningskompetence kræves at eleven trækker på en række affektive, konceptuelle og

procedurale evner samt en forståelse af sammenhænge mellem empiri og teori som eksperimentelt arbejde må tage på sine skuldre at formidle til eleverne (selvfølgelig trænes en del af dette også i andre undervisningssituationer og andre fag).

At opnå eksperimentel problemløsningskompetence bevirker at eleverne må tilægge sig fysikfaglig viden samt lære at databehandle og reflektere over metoderne hvilket alt sammen tjener fysikundervisningen generelt. De personlige og sociale evner, bl.a. troen på egne evner til at løse problemer, er gavnlige både i den generelle undervisning og uden for undervisningsøjemed (hvilket FNU-rapporten angav som en af de store udfordringer, nemlig individudfordringen og herunder selvforståelse og handleberedskab).

Afrunding

Op gennem historien er der blevet hevet i eksperimentelt arbejde fra to sider: den side der har beskrevet at eksperimentelt arbejde er en dyr og tidskrævende aktivitet der bidrager til meget lidt læring, og den side der kræver at eksperimentelt arbejde bidrager til at nå en stor del af de mål som fysikfaget opstiller.

Mit formål med denne artikel er ud over at beskrive en del af den eksisterende litteratur på området at angive en model for diskussionen af eksperimentelt arbejdes formål som kan bruges både til at plædere for min egen holdning til formålet med eksperimentelt arbejde samt til at beskrive hvilke evner der er nødvendige for at nå dette mål.

Når eleverne trænes i eksperimentel problemløsningskompetence, vil de møde en række forhindringer i form af manglende evner der er nødvendige for at løse eksperimentelle problemer. For at tilegne sig disse evner er det muligvis nødvendigt at udvikle eksperimentelle arbejder der træner disse. Jeg finder det vigtigt at det gøres klart for eleverne hvorfor eksperimentel problemløsningskompetence og de dertil nødvendige evner skal trænes, enten ved at det bliver artikuleret af læreren, eller fordi eleverne selv efterlyser disse evner i forbindelse med løsningen af et eksperimentelt problem.

Skal formålene kunne artikuleres af læreren, er det oplagt nødvendigt at denne formålsdiskussion er kendt og anerkendt af læreren så det eksperimentelle arbejde planlægges til at møde formålene. Dette påpeger Troelsen også i indledningen til Hodson-artiklen:

Artiklen kan dog ikke kun bruges som afsæt for diskussioner der tydeliggør meningen og målet med praktisk arbejde for alle de involverede parter i undervisningen. Den kan også bruges til diskussioner om hvorvidt de udtrykte rationaler stemmer overens med de signaler som den aktuelle undervisning sender om formålene med praktisk arbejde. (Troelsen, MONA, 2008(3))

Min forståelse af formålet med eksperimentelt arbejde kan bidrage til to måder at udføre eksperimentelt arbejde på. Den konservative løsning er i høj grad at udføre de samme øvelser som i dag, men hvor fokus ændres mod træning af specifikke evner der er nødvendige for at løse problemer eksperimentelt, hvorefter eleverne i forbindelse med længerevarende forløb er klar til at løse fysikfaglige problemer eksperimentelt på mere holistisk vis. Her finder jeg det essentielt at eleverne gøres klart hvilke mål de arbejder hen imod, og hvorfor. Den mere radikale løsning som bl.a. er diskuteret af Woolnough og Roth, er at lade alle de eksperimentelle arbejder være *undersøgelser* der evt. afbrydes for at udføre specifikke *øvelser* eller *oplevelser* (Woolnough & Allsops termer) hvis eleverne indser at de mangler særlige procedurale eller konceptuelle evner. Som bl.a. Schilling fandt ud af i sit ph.d.-arbejde, kræver den sidstnævnte metode utrolig meget tid som er svært at forene med læreplanerne.

Som det måske fornemmes, hælder jeg til den konservative metode hvor det fremtidige arbejde da er at gøre både lærere og elever klar over, hvilke formål eksperimentelt arbejde skal tjene, både generelt og for hver enkelt øvelse. Mit videre arbejde er at klarlægge hvad denne formålsforklaring bidrager til i undervisningssituationen.

Jeg håber at denne artikel vil bidrage til at formålet med eksperimentelt arbejde diskuteres såvel i forskningsmiljøet som i de relevante undervisningssituationer.

Tak

Tak til Jens Højgaard Jensen og Uffe Thomas Jankvist for gennemlæsning af artiklen og til mine kolleger i fysik- og matematikdidaktik på IMFUFA for diskussion og kritik af modellen.

Referencer

- Andersen, A.M. & Kjærnsli, M. (2003). PISA og andre internationale komparative undersøgelser. I: H. Busch, S. Horst & R. Troelsen (red.), *Inspiration til fremtidens naturfaglige uddannelser. En antologi* (s. 143-179). Uddannelsesstyrelsens temahæfteserie nr. 8.
- Andersen, N.O., Busch, H., Horst, S. & Troelsen, R. (2003). *Fremtidens naturfaglige uddannelser. Naturfag for alle – vision og oplæg til strategi*. Uddannelsesstyrelsens temahæfteserie nr. 7.
- Beyer, K. (1992). Fysiske øvelser – det store fremskridt eller den store illusion. I: *Fysiklærerforeningen 1921-1996*. Budolfi Tryk, Aalborg.
- Dolin, J. (2002) *Fysikfaget i forandring*. Ph.d.-afhandling, Roskilde Universitetscenter.
- Dolin, J., Krogh, L.B. & Troelsen, R. (2003). En kompetencebeskrivelse af naturfagene. I: H. Busch, S. Horst & R. Troelsen (red.), *Inspiration til fremtidens naturfaglige uddannelser. En antologi* (s. 59-139). Uddannelsesstyrelsens temahæfteserie nr. 8.
- Dynan, M. & Kempa, R. (1977). Teacher-based assessment of practical work in sixth-form physics. *Physics Education*, 12(6), s. 364-369.

- Goldbech, O. & Paulsen, A.C. (2004). *NORDLAB-DK. Det praktiske og eksperimentelle arbejde i naturfagene*. IMFUFA.
- Goldbech, O., Touborg, J.P. & Würtz, N.H. (1992). Eksperimenter. I: H. Nielsen & A.C. Paulsen (red.), *Undervisning i fysik – den konstruktivistiske idé* (s. 159-171). Gyldendal.
- Gomes, A.D.T., Borges, A.T. & Justi, R. (2008). Students' performance in investigative activity and their understanding of activity aims. *International Journal of Science Education*, 30(1), s. 109-135.
- Gott, R. & Duggan, S. (1995). *Investigative work in the science curriculum*. Buckingham, Philadelphia: Open University Press.
- Gott, R. & Duggan, S. (1996). Practical work: its role in the understanding of evidence in science. *International Journal of Science Education*, 18(7), s. 791-806.
- Gunstone, R.F. (1991). Reconstructing theory from practical experience. I: B. Woolnough (red.), *Practical Science* (s. 67-77). Philadelphia: Open University Press.
- Hegarty-Hazel, E. (red.). (1990). *The Student Laboratory and the Science Curriculum*. London og New York: Routledge.
- Hellingman, C. (1982). A trial list of objectives of experimental work in science education. *International Journal of Science Education*, 4(1), s. 29-43.
- Hirvonen, P.E. & Viiri, J. (2002). Physics student teachers' ideas about the objectives of practical work. *Science & Education*, 11, s. 305-316.
- Hodson, D. (1990). A critical look at practical work in school science. *School Science Review*, 70(256), s. 33-40.
- Hodson, D. (1990/2008). Et kritisk blik på praktisk arbejde i naturfagene. *MONA*, 2008(3), s. 7-20.
- Hodson, D. (1992a). Assessment of practical work – some considerations in philosophy of science. *Science & Education*, 1, s. 115-144.
- Hodson, D. (1992b). Redefining and reorienting practical work in school science. *School Science Review*, 71(264), s. 65-78.
- Hodson, D. (1993). Re-thinking old ways: Towards a more critical approach to practical work in school science. *Studies in Science Education*, 22, s. 85-142.
- Hodson, D. (1996). Laboratory work as scientific method: Three decades of confusion and distortion. *Journal of Curriculum Studies*, 28(2), s. 115-135.
- Hodson, D. (1998). Mini-special issue: Taking practical work beyond the laboratory. *International Journal of Science Education*, 20(6), s. 629-632.
- Hofstein, A. & Lunetta, V.N. (1982). The Role of the Laboratory in Science Teaching: Neglected Aspects of Research. *Review of Educational Research*, 52(52), s. 201-217.
- Hofstein, A. & Lunetta, V.N. (2004). The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century. *Science Education*, 88, s. 28-54.
- Jensen, J.H. (2002). Tre grunde til fysikundervisningen. I: G. Hansen & C. Claussen (red.), *SÅ-DAN? – bud på ændringer af og udfordringer til fysikundervisningen i det almene gymnasium* (s. 37-40). Uddannelsesstyrelsen.

- Jensen, J.H., (2005). Gymnasiereformen og Galileis 3 revolutioner. *MONA*, 2005(1), s. 71-81.
- Johnstone, A.H., Watt, A. & Zaman, T.U. (1998). The students' attitude and cognition change to a physics laboratory. *Physics Education*, 88, s. 28-54.
- Johnstone, A.H. & Wham, A.J.B. (1982). The demands of practical work. *Education of chemistry*, 19(3), s. 71—73.
- Lavonen, J., Jauhianinen, J., Koponen, I.T. & Kurki-Suonio, K. (2004). Effect of a long-term in-service training program on teachers' beliefs about the role of experiments in physics education. *International Journal of Science Education*, 26(3), s. 309-328.
- Leach, J. & Paulsen, A.C. (red.). (1999). *Practical Work in Science Education – Recent research studies*. Roskilde University Press.
- Læreplan (2006a). *Læreplan for fysik A – stx*. Undervisningsministeriet. Juli 2006-udgaven.
- Læreplan (2006b). *Læreplan for fysik B – stx*. Undervisningsministeriet. Juli 2006-udgaven.
- Læreplan (2006c). *Læreplan for fysik B – stx*. Undervisningsministeriet. Juli 2006-udgaven.
- Newton, D.P. (1979). Practical work in the sixth form. *Physics Education*, 14, s. 74-77.
- Roth, W.-M. (1995). *Authentic school science: knowing and learning in open-inquiry science laboratories*. Kluwer Academics.
- Schilling, V. (2007). *Mentale modeller og eksperimentelt arbejde i fysikundervisningen*. Ph.d.-afhandling, Syddansk Universitet.
- Shulman, L. & Tamir, P. (1973). Research on teaching in the natural sciences. I: B.J. Fraser & K.G. Tobin (red.). *Second handbook of research on teaching* (s. 1098-1148). Chicago: Rand McNally.
- Swain, J., Monk, M. & Johnson, S. (1999). A comparative study of attitudes to the aims of practical work in science education in Egypt, Korea and the UK. *International Journal of Science Education*, 21(12), s. 1311-1324.
- Thomsen, P.V. (red.) (1992). *Eksperimentets rolle i fysikundervisningen*. Institut for Fysik og Astronomi, Aarhus Universitet.
- Troelsen, R.P. & Sølberg, J. (red.). (2008). *Den danske ROSE-undersøgelse – en antologi*. Institut for Curriculumforskning, Danmarks Pædagogiske Universitetsskole, Aarhus Universitet.
- Trumper, R. (2003). The physical laboratory – a historical overview and future perspectives. *Kluwer Academic Publishers*, 12, s. 645-670.
- Welzel, M., et al. (1998). Working paper 6 – teachers' objectives for labwork. Research tool and cross country results. I: *Labwork in Science Education*. European Commission – Targeted Socio-Economic Research Programme. Project PL 95
- White, R.T. (1979). Relevance of practical work to comprehension of physics. *Physics Education*, 14, s. 384-387.
- White, R.T. (1991). Episodes, and the purpose and conduct of practical work. I: B.E. Woolnough, (red.), *Practical Science* (s. 79-86). Philadelphia: Open University Press.
- Woolnough, B.E. (1979). The role of the laboratory in physics education. *Physics Education*, 14, s. 70-74.
- Woolnough, B.E. (1983). Exercises, investigations and experiences. *Physics Education*, 18, s. 60-63.

Woolnough, B.E., redaktør (1991a). *Practical Science*. Open University Press.

Woolnough, B.E. (1991b). Practical science as a holistic activity. I: B.E. Woolnough (red.), *Practical Science* (s. 181-188). Philadelphia: Open University Press.

Woolnough, B.E. & Allsop, T. (1985). *Practical Work in Science*. Cambridge: Cambridge University Press.

Abstract

Taking the point of departure in the 1990 article by Hodson (which was found in the last issue of MONA, 2008(3)), this article describes the purposes of practical work in science classes as found in research literature. The chosen references indicate that practical work is often seen as a means to gaining primarily cognitive, procedural and affective skills. With this article I wish to change the focus of the discussion indicating that these skills should no longer be seen as goals of doing practical work in a school setting, but rather as a means of learning how to perform practical work, thus being able to solve physics-related problems by use of experimental methods. The skill is referred to as experimental problem-solving competence.

Introduktion til Paul Cobbs matematikdidaktiske arbejde

Jeppe Skott, DPU, Aarhus Universitet og MSI, Växjö Universitet, Sverige

Abstract Paul Cobb fik i sommer overrakt ICMI's Freudenthalmedalje for sin matematikdidaktiske forskning. Hensigten med denne artikel er at introducere Cobbs forfatterskab. Hovedvægten er på den socialkonstruktivistiske forståelse af undervisning og læring fra 1990'erne, men der knyttes an til tidligere og senere arbejder. Pointen er at nok er der teoretiske skift i Cobbs arbejder over de seneste tre årtier, men der er også en rød tråd i form af en dobbeltinteresse i at teoretisere over praksis og bidrage til dens videreudvikling. Sammen med en teoretisk pragmatisme peger det mere på gradvis, kontinuert udvikling i Cobbs tilgang end på fundamentale brud i den.

Ved ICMI-11¹ konferencen i Mexico i sommer modtog Paul Cobb Freudenthalmedaljen for sin matematikdidaktiske forskning. Cobb som er professor ved Vanderbilt University i Nashville, er den anden modtager af medaljen. Freudenthalmedaljen uddeles af Den Internationale Matematikundervisningskommission, ICMI, for fremragende matematikdidaktisk forskning og mere præcist for "et større kumulativt forskningsprogram"² (ICMI, 2008a). Jeg skal i denne korte introduktion til Cobbs arbejde argumentere for at den karakteristisk er særdeles velvalgt i netop hans tilfælde.

Cobbs videnskabelige produktion er en af de mest omfattende og også en af de mest indflydelsesrige på hans felt. Han har således i løbet af de sidste godt 25 år alene eller sammen med andre skrevet ca. 140 artikler til velrenommerede tidsskrifter og bøger og derudover skrevet og redigeret bøger, conferencebidrag, udviklingsrapporter m.m. Det der gør Cobbs produktion interessant, er imidlertid ikke alene dens omfang og den ubestridelige kvalitet af mange af de enkelte arbejder. Det er også at forfatterskabet som helhed afspejler væsentlige og mere generelle udviklingstendenser i matematikens didaktik. Cobb har altså i høj grad været toneangivende på den fagdidaktiske scene. En læsning af hans arbejder er derfor en indgang ikke alene til et akademisk

1 The International Commission on Mathematical Instruction (ICMI) afholder hvert fjerde år en verdenskonference. Se mere på www.mathunion.org/ICMI.

2 Denne og alle senere oversættelser i artiklen er foretaget af forfatteren.

forfatterskab, men også til en væsentlig del af matematikdidaktikkens historie siden 1980.

Omfanget og karakteren af Cobbs produktion gør det til noget af en udfordring at introducere hans arbejde på få sider. Jeg har valgt ikke at referere til de dele der næsten udelukkende har teoretisk interesse. I stedet vil jeg tegne en skitse af den (store) del af hans produktion der nok er teoretisk orienteret, men som mere umiddelbart handler om at bidrage til undervisningens praksis. Jeg vil referere til både ældre og nyere udgivelser. Idéen hermed er dobbelt.

For det første vil jeg identificere tre faser i Cobbs arbejde. Den første fase er karakteriseret ved en stærk tilknytning til den radikale konstruktivisme. I den periode arbejder Cobb sammen med bl.a. von Glasersfeld og Les Steffe for fx at karakterisere stadier i udviklingen af små skolebørns tællestrategier og talforståelser. Den anden fase kendetegnes ved en stadig stærkere inddragelse af mikrosociale perspektiver på læring, dvs. sociale perspektiver knyttet til det enkelte klasserum. I denne periode fokuserer Cobb i højere grad på sprogets og kommunikationens rolle og formulerer en socialkonstruktivistisk tilgang til læring der videreudvikler den oprindelige konstruktivistiske inspiration. Og i den tredje fase er interessen forskudt i retning af det der omtales som 'design research'. Her er hovedinteressen at planlægge og videreudvikle forskningsbaserede og teoriudviklende undervisningsforløb der har et stærkt fagligt fokus, og som medtænker både sociale og individuelle aspekter af læring og undervisning. Samtidig med at indholdet i forskningsindsatsen skifter fra den ene fase til den anden, gør den forskningsmetodiske tilgang det også. Jeg skal præsentere såvel de indholdsmæssige som de metodiske ændringer.

Imidlertid – og for det andet – vil jeg ikke betragte disse delvise skift i fokus som brud eller diskontinuiteter i Cobbs arbejde. Indholdsmæssigt bygger de hver for sig på det tidligere arbejde som de videreudvikler og anlægger nye perspektiver på. I den forstand er der netop tale om et 'kumulativt' forskningsarbejde (jf. ICMI-citatet ovenfor). Desuden er der en rød tråd igennem det meste af Cobbs videnskabelige produktion som binder den sammen på trods af de delvist forskellige teoretiske referencerammer. Det er således et gennemgående træk i Cobbs arbejde at ville udvikle teoretiske forståelser på baggrund af omhyggelige empiriske analyser af elevers læring og at benytte de teoretiske forståelser til at støtte undervisningens praksis. Der er i hele perioden tale om det han selv kalder et refleksivt teori-praksis-forhold (fx Cobb et al., 2001). Forståelsen af hvad praksis er, og af hvilke teoretiske perspektiver der med rette kan lægges på den, har ændret sig, men den underliggende bestræbelse er i høj grad den samme: at teoretisere over praksis og at bidrage til dens videre udvikling.

Cobb har et pragmatisk forhold til teori. Det betyder ikke at han mangler teoretisk orientering eller stringens i sin teoretiske tænkning. Tværtimod trækker hans arbejder på omfattende teoretiske referencerammer som han selv videreudvikler med

stor omhyggelighed. Imidlertid, siger Cobb, er diskussionen mellem tilhængere af forskellige overordnede teoretiske perspektiver – den radikale konstruktivisme, den kulturhistoriske skole, symbolsk interaktionisme, kritisk teori m.fl. – ofte båret af en næsten ideologisk overbevisning der ikke bidrager til at kaste lys over de problemer der behandles (Cobb, 2007). I modsætning hertil må valget af teoretisk ståsted være pragmatisk betinget. Det betyder at valget ikke afhænger af hvilken teoretisk tilgang der er “den rigtige”, men af hvilke formål tilgangene hver for sig kan tjene. Cobb holder sig således ikke tilbage fra at benytte forskellige teoretiske perspektiver der har et problematisk forhold til hinanden, og som på centrale punkter endda er i indbyrdes modstrid. Fx anvender han såvel den radikale konstruktivisme som den kulturhistoriske skole. Når jeg ovenfor beskriver udviklingen i Cobbs arbejde som kontinuert, betyder det ikke at de forskellige teoretiske referencerammer han benytter, let lader sig forene. Derimod betyder det at han koordinerer anvendelsen af forskellige teoretiske positioner som han benytter til hver deres formål. Spørgsmålet er for ham om og hvordan de hver for sig er anvendelige i den forstand at de kan bidrage med værdifulde perspektiver på det der undersøges. For Cobb er “anvendelighed” dog ikke alene et spørgsmål om umiddelbart at kunne løse praktiske undervisningsproblemer. Det drejer sig også om i hvilken udstrækning et teoretisk perspektiv kan bidrage til udviklingen af større indsigt og forståelse i de problemer der behandles. Der er altså (også) tale om en form for teoretisk anvendelighed.

Som sagt vil jeg i det følgende skitsere aspekter af Cobbs produktion fra hele hans karriere for at pege på såvel kontinuitet som forandring i hans arbejde. Jeg vil dog lægge hovedvægten på formuleringen af den socialkonstruktivistiske position, dvs. på Cobbs arbejder fra 1990’erne, idet den kan ses som et omdrejningspunkt for hans øvrige produktion. Desuden har Cobb og hans kollegaer i forbindelse med formuleringen af (deres version af) socialkonstruktivismen udviklet begreber og analysetilgange der har fået stor gennemslagskraft i matematikkens didaktik mere generelt.

Jeg har fundet det nødvendigt at gå forholdsvis konkret til værks i fremstillingen. Jeg refererer således ganske nøje til specifikke forskningsresultater fx om udviklingen i børns tællestrategier. Hovedidéen er dog ikke at dokumentere hvilke tællestrategier Cobb var med til at identificere. Det er at bruge Cobbs forskning om fx tællestrategier til at illustrere såvel hans empiriske omhyggelighed som historien om de længere og mere overordnede linjer i hans arbejde.

En tidlig inspiration: den radikale konstruktivisme

Fra begyndelsen af 1980’erne arbejdede Cobb med nogle af den radikale konstruktivismes stærkeste fortalere, von Glasersfeld og Les Steffe. Det arbejde var medvirkende til at den radikale konstruktivisme fik en stærk placering i matematikkens didaktik i de

følgende år, og at den erstattede den behavioristiske tradition der havde domineret på området tidligere, i hvert fald i USA.

Der er to indbyrdes sammenhængende kendetegn ved Cobbs tidlige arbejder – det ene er indholdsmæssigt, det andet metodisk. Den radikalkonstruktivistiske tilgang gør at der indholdsmæssigt er et overvejende individuelt og kognitivt fokus. Idéen er således ganske minutiøst at kortlægge karakteren af og udviklingen i elevers individuelle tænkning om faglige begreber og metoder. Baggrunden herfor er den konstruktivistiske præmis at der ikke er nogen grund til at antage at elever overtager læreres eller andres forståelser i færdig form. Derimod må eleverne opbygge deres egne forståelser og metoder ved at inkorporere nye erfaringer i gamle. Der er derfor brug for en kortlægning af stadier i elevers individuelle konstruktioner og af eventuelle fællestræk i konstruktionerne på trods af de individuelle forskelle.

Det andet kendetegn er den metodiske tilgang idet Cobb og hans kollegaer benyttede sig af det de kalder “the constructivist teaching experiment”, det konstruktivistiske undervisningseksperiment. Her accepterer forskeren at han eller hun ikke kan opbygge absolut viden om elevernes læring, men kun modeller af denne læring baseret på forskningserfaringerne. Jeg skal eksemplificere såvel det konstruktivistiske udgangspunkt som den metodiske tilgang med henvisning til Cobbs første større forskningsarbejder. De handler om små skolebørns talforståelser og udviklingen i dem.

Udviklingen i børns tællestrategier og -forståelser

Små børn lærer talremsen uden at talordene har nogen kvantitativ mening. Talordene har stort set samme karakter som “okker-gokker-gummiklokker”. Det første større forskningsprojekt som Cobb deltog i, drejer sig om udviklingen i elevers talforståelse når talremsen relateres til tællelige objekter, dvs. når “et, to, tre, ...” kobles til genstande eller enheder i barnets omverden (Steffe et al., 1983; Steffe & Cobb, 1988). Der er, siger Cobb og hans kollegaer, ikke nogen grund til på forhånd at forvente at elever gennemløber nøjagtig samme udvikling på vej til at kunne operere med abstrakte enheder. Imidlertid peger deres konkrete undersøgelser af udviklingen i børns tællestrategier på at der er fællestræk (Steffe et al., 1983, s. 12).

I det første arbejde identificerede Cobb og hans kollegaer fem faser i børns tællestrategier (Steffe et al., 1983). Det centrale er, siger de, hvilke enheder eleverne tæller, og at de i det hele taget udvikler forståelse af idéen om en enhed. Det er altså enhedernes karakter der kendetegner stadierne i børns tællestrategier. Børn begynder med at tælle konkrete objekter som klodser på et bord, fugle på en græsplæne og lign. Her kan enhederne sanses umiddelbart. Denne ‘perceptuelle’ fase afløses når børn efterhånden bliver i stand til at tælle enheder der er skjult. De er dog i første omgang afhængige af at kunne genskabe mentale billeder af genstandene, og Cobb og hans kollegaer taler

derfor om en 'figural' strategi. I begge disse tilfælde vil eleverne benytte motorisk aktivitet, fx ved at pege på aktuelle eller forestillede genstande når de tæller. Det baner vejen for den næste fase hvor barnet tæller sine egne bevægelser. I den situation er den enhed der tælles, 'motorisk'. Barnet bruger og tæller fx sine pegebevægelser i situationer hvor det ikke kan se de enheder det tæller. Det sker fx hvis barnet skal forestille sig at man har de fem marmorkugler der ligger på bordet, og man får tre mere som man ikke har fysisk til rådighed. Barnet vil da typisk tælle de første fem mens hun peger på de fem kugler en ad gangen. Derefter vil hun fortsætte med at sige "seks, syv, otte" mens pegebevægelsen gentages tre gange mere, uden at der er marmorkugler at pege på. Barnet tager et yderligere skridt når det bliver i stand til at tælle sine egne talord. I en situation hvor der ikke er kugler til rådighed, skal hun måske finde ud af hvor mange kugler man har i alt hvis man har fem og får tre mere. Hvis hun siger "der er fem kugler, en, to, tre, fire, fem – og så seks, syv, otte", tæller hun 'verbale enheder' i den forstand at hun er nødt til at udtale hvert talord for at kunne bruge det som et tegn for en kugle. Og endelig bliver barnet i stand til at tælle 'abstrakte enheder'. Det er tilfældet hvis hun i situationen ovenfor siger "der er fem, så er det seks, syv, otte". Her forstår barnet "fem" som symbol for et antal kugler som man kunne tælle hvis man ville. Forskellen på at operere med verbale enheder og abstrakte enheder kan således komme til udtryk ved at barnet i det sidste eksempel er i stand til at benytte talordene til en "tæl videre-strategi" frem for en "tæl alle-strategi".

De fem tælleenheder som Cobb og hans kollegaer identificerede i børns udvikling – de perceptuelle, figurale, motoriske, verbale og abstrakte – blev senere udgangspunkt for undersøgelser af børns forståelse og brug af regnemetoder (Steffe & Cobb, 1988). Jeg skal ikke her gå i detaljer med det arbejde, og gennemgangen af tællestrategierne skal her blot tjene til at vise en vigtig hensigt med Cobbs arbejde i første halvdel af 1980'erne. Den er at udvikle modeller af børns tænkning, eller som Steffe og Cobb formulerede det: at "finde ud af hvad der foregår i børns hoveder" (Steffe & Cobb, 1988, s. vii). Til det formål brugte de en metode som de kaldte "the constructivist teaching experiment", det konstruktivistiske undervisningseksperiment.

Det konstruktivistiske undervisningseksperiment

Et konstruktivistisk undervisningseksperiment har ikke umiddelbart meget med almindelig klasseundervisning at gøre. Derimod er det en speciel form for interviewundersøgelse. Det adskiller sig fra andre kliniske interviews ved at det ikke blot er hensigten at kortlægge elevernes *aktuelle* forståelser af de begreber og metoder der undersøges. Derimod er det ambitionen at karakterisere og støtte *udviklingen* i forståelserne over perioder på helt op til to år når forskeren spiller en relativt aktiv rolle. Det er en rolle der har afgørende ligheder med den læreren spiller i det som Cobb & Steffe i 1980'erne karakteriserer som 'konstruktivistisk undervisning'. Den kræver at

læreren bevidst forsøger dels at bygge sin undervisning på sine forestillinger om elevernes aktuelle forståelser, dels at se såvel sin egen som elevens aktivitet fra elevens synsvinkel (Cobb & Steffe, 1983)³.

I det konstruktivistiske undervisningseksperiment arbejder forskeren med en eller nogle få elever ad gangen for at udvikle modeller af deres aktuelle forståelser og faglige udvikling. Hensigten er desuden at udvikle metoder der kan støtte fortsat læring. Ambitionen er imidlertid ikke blot at analysere netop disse elevers forståelse og fremskridt og at bygge undervisningsinitiativer der har relevans for dem. Modellerne skal ganske vist være så specifikke at de kan gøre rede for en enkelt elevs udvikling og fremskridt, men samtidig skal de kunne gøre rede for elevers læring på det pågældende faglige område mere generelt. Denne dobbelte interesse forsøger Cobb og hans kollegaer at forfølge ved løbende at lade teoretiske overvejelser og empiriske analyser berige hinanden. De udvikler generelle teoretiske forståelser med udgangspunkt i empiriske analyser, og den udviklede teori benyttes til at lægge nye vinkler på de observerede data. Denne cykliske bevægelse fører til modeller af elevers læring og af mulig undervisning. Fx er modellerne af elevers tællestrategier (jf. afsnittet ovenfor) tænkt som måder at forstå elevers tænkning på og som redskaber for lærere i deres undervisning af små skolebørn i tal og regning.

En socialkonstruktivistisk tilgang til forståelsen af klasserum

Cobbs teoretiske pragmatisme har gjort at han i høj grad inddrager forskellige teoretiske tilgange i sit arbejde. Det er ikke mindst tilfældet i forbindelse med et af hans mest betydningsfulde forskningsbidrag, et "socialkonstruktivistisk" eller "emergende" perspektiv på læring og undervisning (fx Cobb & Yackel, 1996; for en dansk introduktion se Skott, Jess & Hansen, 2008, s. 134-167). En af idéerne er at koordinere forståelse af de enkelte elevers læring med forståelse af de normer der udvikles i den pågældende klasse. Vi skal tage udgangspunkt i et eksempel på to elevers indbyrdes diskussion af et fagligt spørgsmål for at illustrere pointen (tekstboks 1).

I den lille episode i tekstboksen benytter Anne en standardalgoritme til at finde summen af fem 12'ere. Her og i det efterfølgende forklarer hun sin fremgangsmåde i alt fire gange for Jack der dog fortsat protesterer, og de kommer aldrig frem til det Cobb kalder en "antaget-fælles" forståelse af det faglige indhold (Cobb, Yackel & Wood, 1992).

3 Det skal nævnes at Cobb (og mange andre) siden har påpeget at det i en vis forstand ikke giver mening at tale om 'konstruktivistisk undervisning'. Fra en konstruktivistisk synsvinkel konstruerer elever altid noget, uanset hvilken type undervisning de sættes i. Formuleringen om konstruktivistisk undervisning siger blot at en lærer med et konstruktivistisk udgangspunkt må forsøge at se elevernes faglige verden som de selv ser den, og basere sin undervisning på det.

Tekstboks 1: Matematisk kommunikation i indskolingen

Fra Cobb, Wood, Yackel & McNeal (1992).

Cobb, Wood, Yackel & McNeal (1992) analyserer den matematiske kommunikation i indskolingsklasser. I en af klasserne forsøger to elever, Anne og Jack, at finde summen af fem 12'ere. Anne skriver 12 fem gange lodret under hinanden i en klassisk additionsalgoritme, og hun forklarer Jack hvordan hun finder sit resultat:

Anne: "2, 4, 6, 8, 10" (lægger de fem toere i enersøjlen sammen). "Man skriver nul der" (skriver "0" på enernes plads) "og én der" (skriver 1 i toppen af tiersøjlen). "1, 2, 3, 4, 5, 6" (tæller de seks ettaller i tiersøjlen). "Er du enig, det er 60?"

[...]

Jack: "Vent. Det her er 10. Se 1, 2, ..., 8, 9, 10" (lægger de fem toere i enersøjlen sammen). "10."

Anne: "En dér" (peger på 1 som hun har skrevet øverst i tiersøjlen). "1, 2, 3, 4, 5, 6. 60."

Jack: "610?"

Anne: "Du lytter ikke efter."

Jack: "Jeg fatter ikke det her."

[...]

Anne: "2, 4, 6, 8, 10. Lyt så nu. Sæt 0 dér."

Jack: "Ja."

Anne: "Ettallet herop."

Jack: "Det er ikke 0."

Anne: "1, 2, 3, 4, 5, 6."

Jack: "Det er ikke 0. Det er 10."

Anne: "Nej."

Jack: "Men det er ikke 0. Det er 10. 1, 2, (...) 8, 9, 10."

Anne: "Lyt nu."

[Diskussionen fortsætter.]

(Cobb, Wood, Yackel & McNeal 1992, s. 579).

Den episode kan analyseres fra forskellige vinkler. Fx kan man anlægge et konstruktivistisk perspektiv og vurdere hvilke forståelser Anne har af den pågældende situation. Med en konstruktivistisk terminologi (Steffe & Cobb, 1986; von Glaserfeld, 1995) kan man sige at hun genkender opgaven som en additionssituation, og at hun assimilerer den i sit skema for addition af to cifrede tal. Det skema inkluderer tilsyneladende anvendelsen af en standardalgoritme. Hun finder et svar som læreren accepterer, og

hun får således skemaet bekræftet. Jack er på den anden side ikke overbevist. Han insisterer på at summen af de fem totaler er 10 og ikke 0. Da de søger hjælp hos læreren til at løse uenigheden, siger han: "Alle toerne bliver 10 når man lægger dem sammen. Hun tager én væk fra titallet" (Cobb, Wood et al., 1992, s. 580). Jack protesterer således mod Annes måde at løse opgaven på.

Fra en konstruktivistisk synsvinkel kan man således sige at de to elever har konstrueret forskellige skemaer for addition af to cifrede tal, og at den mentale uligevægt der opstår for Jack, ikke kan løses i situationen fordi han ikke kan tilpasse sit skema til Annes.

Der kan imidlertid også lægges en anden vinkel på kommunikationen mellem de to elever. De forklaringer Anne tilbyder, relaterer sig ikke til meningsindholdet i at operere med tal. Et sådant indhold kunne fx være at ti enere kan omgrupperes til en tier som kan skrives som et ettal et vilkårligt sted i tierkolonnen. For Jack – og sandsynligvis også for Anne selv – består Annes tilgang imidlertid i blot at manipulere et sæt af symboler hvilket Jack beskriver som "mixing up a bunch of numbers" (Cobb, Wood et al., 1992, s. 580). Der er altså en forskel i deres forståelse af hvad der skal til for at der er tale om en god matematisk forklaring. Det er en mulig forklaring på at læringspotentialerne i episoden aldrig realiseres.

Sociale normer, sociomatematiske normer og klasserummets matematiske praksisser

I Annes og Jacks klasse er der tilsyneladende en forventning om at eleverne skal forklare hvordan de finder svarene på de opgaver de arbejder med. Det er en norm som Anne opfylder. Når kommunikationen bryder sammen, og hun opgiver at forklare yderligere, er det altså ikke fordi hun i den konkrete situation ikke ønsker at give den forklaring Jack efterlyser. Imidlertid ser det ud til at hun og Jack har forskellige opfattelser af hvad der er en god eller bare en acceptabel matematisk forklaring. Annes forklaring relaterer sig til en måde at manipulere med symboler på, men Jack forventer i højere grad en forklaring der viser hvordan meningsindholdet i additionen hænger sammen med symbolmanipulationen. Han er således ikke tilbøjelig til at acceptere Annes forklaring, for – som han siger – summen af fem toere er 10 og ikke 0. Jack synes således at forvente en forklaring der henviser til at der er tale om at operere på tiere og enere som talmæssige størrelser.

Disse forskellige forestillinger om hvad en god matematisk forklaring er, kan ses som et aspekt af det mere generelle spørgsmål om hvad der overhovedet er lodig matematisk aktivitet. I den forstand, siger Cobb, Wood m.fl., repræsenterer de to elever forskellige faglige traditioner i skolematematik selv om de går i samme klasse. Generelt kan klasserum domineres af forskellige sådanne traditioner. Traditionerne er imidlertid ikke bare ydre rammer for elevernes faglige læring. De er, siger Cobb, ganske bestemmende for hvilke forståelser eleverne kan konstruere af og om matematik. Desuden

er de faglige traditioner socialt og interaktivt etablerede i den pågældende klasse. Derfor må det ganske individuelle perspektiv på læring og viden der ligger i den radikale konstruktivisme, udfordres hvis man skal forstå faglig læring i klassens sociale sammenhæng. Man kan ikke nøjes med at ville undersøge "hvad der foregår i elevernes hoveder" (jf. det tidligere citat fra Steffe & Cobb, 1988, s. vii). Man må se på relationerne mellem det der foregår i deres hoveder, og den lokale sociale sammenhæng.

Der er her en implicit kritik rettet mod de konstruktivistiske undervisningseksperimenter som Cobb tidligere benyttede. De tager ikke de socialt udviklede normer i et klasserum i betragtning. Der er derfor brug for at erstatte konstruktivistiske undervisningseksperimenter med en metode der er knyttet til hele klassers undervisning. Det sker i 'classroom teaching experiments' som gennemføres for at "gøre rede for elevers matematiske udvikling *som den finder sted i klasserummets sociale kontekst*" (Cobb & Yackel, 1996, s. 176, fremhævelse i originalen). Her tillægges interaktionerne i klasserummet en ny og mere betydningsfuld rolle. I den tidligere konstruktivistiske tilgang blev social interaktion set som en måde at understøtte en i øvrigt uafhængig psykologisk udvikling på. Interaktion har da et udvendigt forhold til læringsprodukterne. I forbindelse med "classroom teaching experiments" ses interaktionen som afgørende for selve indholdet i elevernes læring.

Cobb og hans kollegaer forsøger således i 1990'erne at koordinere psykologiske og sociale perspektiver på matematikklasserum. Det gør de på tre forskellige niveauer af arbejdet i den minikultur der udvikles i en klasse (se tabel 1). Det ene niveau drejer sig om de generelle forestillinger og forventninger om faglig aktivitet der udvikles i klassen. Det andet niveau drejer sig også om forestillinger og forventninger, men er mere specifikt knyttet til det faglige indhold. Det tredje niveau drejer sig om etableringen af matematiske praksisser i klasserummet og – i det psykologiske perspektiv – om elevernes udvikling af faglige begreber og deltagelse i faglige aktiviteter.

Tabel 1. Cobb & Yackels sociale og psykologiske perspektiver på matematikklasserum (fra Cobb & Yackel, 1996, s. 177).

Det sociale perspektiv	Det psykologiske perspektiv
1. Sociale normer i klasserummet.	2. Forestillinger om ens egen og andres rolle i klasserummet og om den generelle karakter af matematisk aktivitet
3. Sociomatematiske normer	4. Forestillinger og værdier der er knyttet til matematik og matematisk aktivitet
5. Matematiske klasserumspraksisser	6. Matematiske begreber og aktiviteter

I eksemplet i tekstboks 1 ser det som nævnt ud som om Anne og Jack deler en forestilling om at man skal forklare sin tænkning når man arbejder med matematik (punkt 2 i tabel 1). I klasserum kan der udvikles en accept af eller norm for at det er nødvendigt med sådanne forklaringer, og af at man har en forpligtelse til at forsøge at forstå andres forklaringer. Sådanne normer kan dog lige så godt gælde i andre fag som fx historie og dansk. Det er således en generel social norm for faglig aktivitet (punkt 1) som også kan gælde for matematik (Yackel & Cobb, 1992).

Imidlertid er der tilsyneladende en uenighed mellem Anne og Jack om hvad der er meningen med en matematisk forklaring. Mens Jack forventer at forklaringen skal relateres til meningsindholdet i de matematiske symboler der arbejdes med, så er Anne tilsyneladende mere optaget af at forklare hvordan symbolerne kan manipuleres. Der er således forskel på deres forestilling om hvad der tæller som en acceptabel matematisk forklaring, og mere generelt om hvad der kendetegner matematisk aktivitet (punkt 4 i tabel 1). Ligesom der kan udvikles generelle sociale normer for faglig aktivitet i et klasserum, kan der udvikles normer for hvad der er lødig aktivitet i forbindelse med de mere matematiske dele af arbejdet. Disse fagspecifikke normer kalder Cobb og hans kollegaer "sociomatematiske normer" (punkt 3). "Sociomatematiske normer" er fx:

normative forståelser af hvad der tæller som matematisk forskelligt, matematisk sofistikeret, matematisk effektivt og matematisk elegant i en klasse. [...] Tilsvarende er det en sociomatematisk norm hvad der tæller som en acceptabel matematisk forklaring eller begrundelse. (Yackel & Cobb, 1996, s. 461)

Sådanne normer kan fx udvikles ved at man som underviser organiserer klassesamtaler hvor elevernes metoder sættes til diskussion. Yackel og Cobb (1996, s. 469 ff.) giver et sådant eksempel fra begyndelsen af 2. klasse (se tekstboks 2).

Pointen i eksemplet i tekstboks 2 er at Jameels forklaringer refererer til meningsindholdet i cifrene. Det står i modsætning til Travonda der udelukkende synes at referere til cifrene. For Jameel er ettallerne 10 hver, og totallet i tiersøjlen er 20, mens to-, tre- og femtallet i enersøjlen refererer til antal enere. Desuden er svaret ikke et total og et femtal sådan som Travonda formulerer det, men 25.

For udvikle sociomatematiske normer i en klasse er det afgørende at eleverne ikke bare engageres i at finde svar på opgaver, men i at finde alternative måder at løse opgaverne på og sætte forskelle og ligheder til diskussion. Det er det Jameel gør i episoden i tekstboks 2. Læreren accepterer både Jameels udfordring til Travondas forklaring og Jameels alternativ uden direkte at affærdige Travondas forslag. En tilsvarende situation kunne opstå i eksemplet med Anne og Jack (jf. tekstboks 1). Antag fx at læreren i den situation havde bedt andre om at præsentere deres metoder. En elev kommer til

tavlen og skriver ligesom Anne de fem 12-taller op under hinanden, og hun forklarer mens hun peger: "10 plus 10 er tyve plus 10, det er tredive, fyrre, halvtreds" (skriver '50' under 12-tallerne og begynder så på enersøjlen); "to plus to plus to plus to plus to, det er 10" (skriver '10' under '50'). "Så det er 10 og 50. Det er 60." I begge disse episoder, dvs. både i situationen med Travonda og Jameel og i den opdigtede fortsættelse med Anne og Jack, kan man som lærer forsøge at legitimere den forklaring der relaterer sig til forklaringen til de matematiske objekter som symbolerne refererer til. Dermed kan den forklaring der udelukkende refererer til symbolerne, træde i baggrunden indtil der er en fælles forestilling om hvad cifrene på tiernes plads refererer til.

Tekstboks 2: Udviklingen af sociomatematisk norm om matematisk argumentation

Fra Yackel & Cobb (1996).

Travonda forklarer sin løsning på opgaven. *Roberto havde 12 pennies, og hans bedstemor gav ham nogle flere. Nu har han 25. Hvor mange fik han af sin bedstemor?* Hun beder læreren skrive 12 og 13 under hinanden og forklarer så: "Jeg sagde én plus én er to, og tre plus to er fem".

$$\begin{array}{r} 12 \\ +13 \\ \hline 25 \end{array}$$

Der er flere elever der udfordrer den forklaring, blandt dem Jameel og Rick:

Jameel: (hopper op af sædet og peger på skærmen) "Mr. K. Det er 20. Det er 20."

Rick: (samtidig) "Uh, det der er 25."

Flere elever: "Det er 25. Det er 25. Han taler om det der."

Jameel: "10. 10. Det er 10 lige der ... "(går op til skærmen og peger på tallene mens han taler). "Den her 10'er og den her 10'er" (peger på ettallerne i tierkolonnen). "Det er 20" (peger på to i tierkolonnen).

Læreren: "Ja."

Jameel: "Og det her er fem mere, og det er 25."

Læreren: "Det er rigtigt. Det er 25."

(Yackel & Cobb, 1996, s. 470)

Den slags diskussioner legitimerer imidlertid ikke bare nogle matematiske måder at argumentere på og dermed en sociomatematisk norm om hvad der er et godt matematisk argument. De legitimerer også nogle matematiske metoder frem for andre. Når sådanne metoder etableres i klassen så de ikke længere kræver argumentation fordi alle tilsyneladende har accepteret dem, bliver de en del af det Cobb og hans kollegaer kalder “matematiske klasserumspraksisser” (punkt 5 i tabel 1). Når eleverne deltager i disse praksisser og bidrager til at videreudvikle dem, reorganiserer eleverne deres egne forståelser af det pågældende indhold. Fx kan Anne, Jack og deres kammerater videreudvikle deres forståelser af addition og af positionssystemet ved at engagere sig i udviklingen af de netop nævnte praksisser. Et muligt næste skridt kunne være at finde ud af “hvor mange tiere og enere der er”. Så ville man i en vis forstand operere på symbolerne men eksplicitere at det er antallet af tiere man finder når man tæller første-cifrene sammen i tocifrede tal.

Cobb og Yackel påpeger i overensstemmelse med deres oprindelige konstruktivistiske udgangspunkt at man ikke kan vide om eleverne tænker ens blot fordi de deltager i tilsyneladende fælles praksisser. De bruger derfor den lidt tunge formulering at forståelserne er ‘antaget-fælles’ (taken-as-shared), snarere end fælles. Faktisk vil psykologiske analyser af de enkelte elevers tænkning typisk afsløre forskelle i deres tænkning selv om de deltager i fælles matematiske klasserumspraksisser og har udviklet antaget-fælles forestillinger om meningen med dem.

De psykologiske og sociale perspektiver på matematiklæring i klasserum kan suppleres, eller med Cobbs ord, komplementeres hinanden. Man kan fokusere på de psykologiske sider af sagen og se dem på baggrund af de normer og praksisser der udvikles socialt. Og man kan omvendt fokusere på de sociale sider som udvikler sig på baggrund af de forestillinger og faglige forståelser eleverne hver for sig udvikler. Pointen er altså at det sociale og det psykologiske er så fuldstændig integreret i hinanden at ingen af dem kan forstås uden at medtænke den anden. Der er ikke tale om at det ene perspektiv, det sociale eller det psykologiske, er “rigtigere” end det andet. Man kan ganske enkelt ikke forstå det ene uden at medtænke det andet. Det er det der er kernen i det socialkonstruktivistiske eller emergerende perspektiv på klasserum som Cobb i 1990’erne udviklede sammen med sine kollegaer, især sammen med Erna Yackel.

Design research

Siden Cobb formulerede sit socialkonstruktivistiske syn på læring i klasserum, har han i stigende omfang været optaget af at udvikle og teoretisere over undervisningsforløb præget af dette syn. Det har han gjort i specifikke faglige sammenhænge, som fx længdemål i 1. klasse (fx Cobb, Stephan, McClain & Gravemeijer, 2001). Sådanne arbejder er eksempler på “design research”. Som eksempel skal vi se på det omfattende projekt som Cobb har gennemført sammen med en række kollegaer om dataanalyse

i 7. og 8. klasse (fx Cobb, 1999; Cobb, 2000; Cobb, McClain & Gravemeijer, 2003; for en dansk introduktion se fx Skott, Jess & Hansen, 2008, s. 146 ff. eller Schou, Hansen, Skott & Jess, 2008, s. 380 ff. og 390 ff.).

Det var ét udgangspunkt for arbejdet med dataanalyse at Cobb og hans kollegaer foretog en meget omfattende læsning af eksisterende forskning på området. Et andet udgangspunkt var nogle evalueringer af hvordan eleverne i den pågældende klasse arbejdede med og diskuterede data. Det var et gennemgående træk at eleverne opfattede det at arbejde med data som "at gøre noget med tal", fx at beregne gennemsnit eller andre deskriptorer (Cobb, 2000, s. 47). Det var således i alt væsentligt et område der blev forbundet med en række procedurmæssige tiltag som fx at lægge observationsværdierne sammen og dividere med antallet af dem når der var tale om numeriske data. Negativt formuleret forbandt eleverne ikke data og dataanalyse med forsøget på at finde tendenser i data for at kunne forstå eller tage stilling til væsentlige spørgsmål vedrørende den pågældende situation. Derfor blev det et mål med undervisningseksperimentet at udfordre og influere elevernes overordnede forståelser af hvad meningen med dataanalyse overhovedet er.

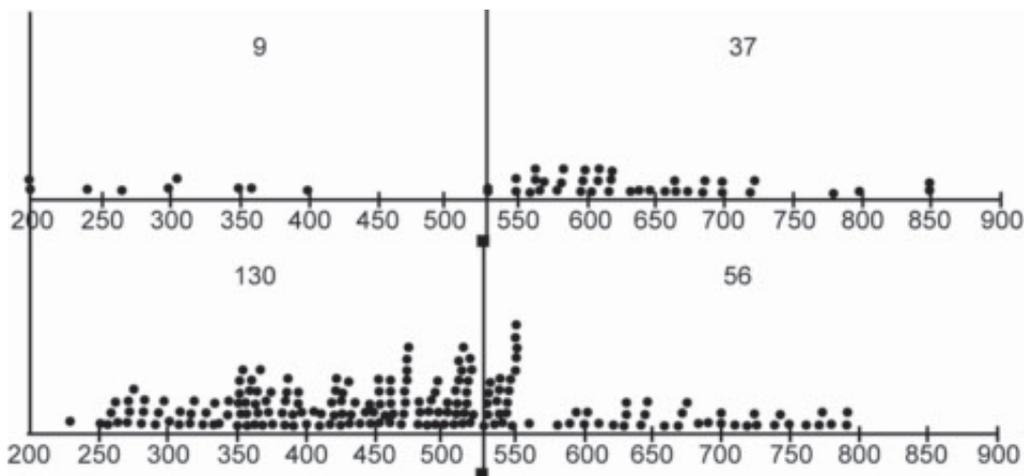
På den baggrund blev det besluttet at udgangspunktet for undervisningen skulle være empiriske fordelinger af datasæt som eleverne skulle forholde sig til. Blandt de fordelinger som eleverne arbejdede med, var:

- En sammenligning af kvaliteten af to aids-behandlinger målt ved antallet af T-celler i patienternes blod
- En sammenligning af holdbarheden af to typer af batterier
- En vurdering af om en fartkontrol har en effekt, ved at sammenligne bilers hastigheder før og efter kontrollen
- Sammenhængen mellem bilers hastighed og deres CO₂-udledning med henblik på at tage stilling til hvad der er rimelige fartgrænser.

Eleverne arbejder i mange timer med at analysere og diskutere hvert af disse og andre datasæt, bl.a. ved at bruge computerprogrammer som Cobb og hans kollegaer har udviklet til formålet. Disse programmer præsenterer datasættene grafisk på forskellig vis. Fx kan hvert batteris holdbarhed præsenteres som et punkt placeret over en akse der angav holdbarhed målt i antal timer. Det gør det muligt at tale om fx hvor der er "bakker" i fordelingerne, dvs. hvor datapunkterne samler sig i klumper og derfor placeres oven i hinanden på grafen, og om observationerne er spredt mere ud ved den ene slags batteri end ved den anden. I kraft af diskussionerne om data og om de måder data kan præsenteres på, udvikles stadig mere avancerede matematiske klasserumspraksisser. Den første går ud på at sammenligne absolutte antal som når Janice argumenterer for at *Always ready*, det ene batterimærke, er bedst, for "ud af de

10 batterier der holdt længst, er de 7 fra *Always ready*" (Cobb, 1999, s. 15). Argumentet imødegås af andre elever der påpeger at de batterier der holder dårligst, også er fra *Always ready*. Det fører til en diskussion af i hvilke sammenhænge det er afgørende at et batteri holder i hvert fald i en vis periode. Som Barry siger: "Hvis man skal bruge dem til noget virkelig vigtigt, og man kun har et eller to batterier, så synes jeg virkelig man skal gå efter det mest konstante" (Cobb, 1999, s. 16).

I den første matematiske klasserumspraksis sammenligner eleverne primært fordelinger ved at se på absolutte antal, dvs. ved additive sammenligninger: "Der er så og så mange der holder længere end (...) og der er flere af den slags end af den slags, der (...)" De kommer siden i situationer hvor antallet af observationer i de datasæt der skal sammenlignes, er meget forskellige. Det gælder fx når de skal sammenligne aids-behandlinger. Efter den traditionelle behandling har 130 patienter færre end 525 T-celler i blodet, mens 56 har flere. De tilsvarende tal for den eksperimentelle behandling er hhv. 9 og 37 (se figur 1). Om den situation siger Ken: "Jeg har et forslag. Jeg ved ikke hvordan man kan gøre det [uhørligt]. Er der en måde at sammenligne 130 og 56 med 9 og 37? Jeg ved ikke hvordan." (Cobb, 1999, s. 26). Her er de på vej til at udvikle den næste klasserumspraksis der grundlæggende går ud på at foretage multiplikative sammenligninger. Det er centralt for at eleverne kan udvikle denne praksis, at fastholde det oprindelige problem som fokus for deres opmærksomhed, nemlig spørgsmålet om hvilken behandling der er bedst. Samtidig skal de udvikle en egentlig matematisk måde at forholde sig til de to datasæt på når de beskriver forskellene mellem dem.



Figur 1. T-celler i blodet hos to grupper af aids-patienter. Patienter der modtager den traditionelle behandling, ses nederst; dem med den eksperimentelle behandling ses øverst.

Den form for “design research” der her er tale om, foregår ved at Cobb og hans kollegaer planlægger et længerevarende forløb af helt op til et års varighed på et specifikt fagligt område. Fra dag til dag reviderer de planerne for den næste time på baggrund af de høstede erfaringer så der løbende opstår minicyklusser af planlægning og revision af den planlagte undervisning. Det er en langsigtet interesse at udvikle det de kalder en “domain specific instructional theory”, dvs. en teori for undervisning i et specifikt fagligt område som fx dataanalyse. Det er en del heraf at de koordinerer de sociale og psykologiske perspektiver på de tre niveauer af klassens mikrokultur der er indeholdt i tabel 1. I forlængelse af disse mere fagligt specifikke overvejelser udvikler de også nye teoretiske forståelser af fx kommunikationens og symbolernes rolle mere generelt. Det tilsyneladende beskedne teoretiske ambitionsniveau – en indholdsspecifik undervisningsteori – får dermed også andre potentialer.

Afsluttende kommentarer

I ICMI's begrundelse for at tildele Paul Cobb Freudenthalmedaljen hedder det at hans “arbejde er en sjælden kombination af teoriudvikling, empirisk forskning og praktiske anvendelser” (ICMI, 2008b). Jeg har i det foregående forsøgt at vise at denne kombination har præget Cobbs arbejder fra begyndelsen for snart 30 år siden. Hans udgangspunkt var et overvejende individuelt og kognitivt syn på matematiklæring. Det blev i 1990'erne suppleret med lokalt-sociale perspektiver der især fokuserer på sprog og kommunikation i det konkrete klasserum. De sidste 10 års “design research” fokuserer på at planlægge og teoretisere over undervisning og læring i klassens sociale sammenhæng. Desuden inddrager Cobb og hans kollegaer i stigende omfang sociale overvejelser der rækker ud over det specifikke klasserum, fx ved at se på den rolle som skolen og skolesystemet spiller for undervisning og læring.

Udviklingen i Cobbs forfatterskab er båret af hans underliggende dobbeltinteresse i såvel at teoretisere over praksis som at bidrage til dens videreudvikling. Det er en interesse der går som en rød tråd gennem hans arbejder, og det er den der ligger bag skiftene i hans teoretiske orientering. Det er således denne interesse der har gjort det nødvendigt at anlægge stadig mere sociale perspektiver på praksis efterhånden som den oprindeligt kognitive tilgang viste ikke blot sine potentialer, men også sine begrænsninger. Den version af socialkonstruktivisme som Cobb og hans kollegaer formulerer, undgår disse begrænsninger ved at koordinere individuelle og sociale perspektiver på matematiklæring og -undervisning. Når man gør det, kan der rejses andre spørgsmål, og der kan gives andre typer af svar end hvis man udelukkende hæfter sig ved det ene eller det andet perspektiv.

Den socialkonstruktivistiske tilgang til forståelsen af matematikklasserum har haft stor indflydelse i matematikkens didaktik. Cobb har dermed ikke blot bidraget med nye forståelser af undervisning og læring på specielle faglige områder som indledende

talbehandling og dataanalyse. Han har i høj grad også haft indflydelse på hvad der overhovedet anses for at være gode matematikdidaktiske spørgsmål og svar. Han har altså været central i udviklingen af de "socio-matematikdidaktiske normer" der i dag præger matematikkens didaktik som forskningsfelt.

Referencer

- Cobb, P. (1999). Individual and collective mathematical development: the case of statistical data analysis. *Mathematical thinking and learning*, 1(1), s. 5-43.
- Cobb, P. (2000). The importance of a situated view of learning to the design of research and instruction. I: J. Boaler (red.), *Multiple perspectives on mathematics teaching and learning* (s. 45-82). Westport, CT: Ablex.
- Cobb, P. (2001). Supporting the improvement of learning and teaching in social and institutional context. I: S.M. Carver & D. Klahr, *Cognition and Instruction. Twenty-five years of progress* (s. 455-478). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Cobb, P. (2007). Putting philosophy to work. Coping with multiple theoretical perspectives. I: F.K. Lester (red.), *Second handbook of research on mathematics teaching and learning* (s. 3-38). Charlotte, NC: Information Age Publishing & NCTM.
- Cobb, P., McClain, K. & Gravemeijer, K. (2003). Learning about statistical covariation. *Cognition and Instruction*, 21(1), s. 1-78.
- Cobb, P. & Steffe, L. (1983). The constructivist researcher as teacher and model builder. *Journal for Research in Mathematics Education*, 14(2), s. 83-94.
- Cobb, P., Stephan, M., McClain, K. & Gravemeijer, K. (2001). Participating in classroom mathematical practices. *The Journal of the Learning Sciences*, 10(1-2), s. 113-163.
- Cobb, P., Wood, T. & Yackel, E. (1990). Classrooms as learning environments for teachers and researchers. I: R.B. Davis, C.A. Maher & N. Noddings (red.), *Constructivist views on the teaching and learning of mathematics. Journal for Research in Mathematics Education. Monograph 4* (s. 125-146). Reston, VA: NCTM.
- Cobb, P. & Yackel, E. (1996). Constructivist, emergent, and sociocultural perspectives in the context of developmental research. *Educational Psychologist*, 31, s. 175-190.
- Cobb, P., Yackel, E. & Wood, T. (1992). Interaction and learning in mathematics classrooms situations. *Educational Studies in Mathematics*, 23, s. 99-122.
- ICMI (2008a). The International Commission on Mathematical Instruction. The ICMI Felix Klein and Hans Freudenthal awards. Lokaliseret den 7. juli 2008 på www.mathunion.org/ICMI/Awards/description.html.
- ICMI (2008b). The ICMI Hans Freudenthal medal for 2005. Lokaliseret den 7. juli 2008 på <http://www.mathunion.org/ICMI/Awards/2005/CobbCitation.html>.
- Schou, J.K., Hansen, H.C., Skott, J. & Jess, K. (2008). *Matematik for lærerstuderende. Omega. 4.-10. klasse*. Frederiksberg: Samfundslitteratur.

- Skott, J., Jess, K. & Hansen, H.C. (2008). *Matematik for lærerstuderende. Delta. Fagdidaktik*. Frederiksberg: Samfundslitteratur.
- Steffe, L. & Cobb, P. (1988). *Construction of arithmetical meanings and strategies*. New York: Springer-Verlag.
- Steffe, L., von Glasersfeld, E., Richards, J. & Cobb, P. (1983). *Children's counting types. Philosophy, theory, and application*. New York: Praeger.
- Yackel, E. & Cobb, P. (1992). Sociomathematical norms, argumentation and autonomy in mathematics. *Journal for Research in Mathematics Education*, 27(4), s. 458-477.

Abstract

Paul Cobb received the Freudenthal Prize for his research in mathematics education at ICMI-11 in 2008. The intention with this article is to introduce Cobb's work. The main emphasis is on the version of social constructivism that he and his colleagues developed in the 1990s. However, links are made to Cobb's earlier work inspired by radical constructivism and to his later focus on educational design. There are significant theoretical and methodological shifts in Cobb's research. However, his work is consistently oriented towards a dual interest in theorising teaching-learning processes and contributing to their further development. Combined with his theoretical pragmatism this indicates that his work may better be characterised by gradual, continuous development than by fundamental discontinuities.



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.

Aktuel analyse

Den naturfaglige evalueringskultur i folkeskolen

Jens Dolin, Institut for Naturfagenes Didaktik, Københavns Universitet

Lars Brian Krogh, Institut for Videnskabsstudier, Aarhus Universitet

Abstract *Findes der en fælles og overgribende naturfaglig evalueringskultur i den danske folkeskole? Nej, svarer godt 50 % af de adspurgte lærere. Med forskningsprojektet Validering af PISA Science (VAP) har forfatterne forsøgt at etablere et grundlag for at kunne vurdere hvorvidt PISA's testformat og tilgang til testning svarer til den evalueringskultur der er fremherskende i naturfagene i de ældste klasser i den danske folkeskole. Den her præsenterede analyse fremlægger hovedresultater fra en spørgeskemaundersøgelse af hvorledes danske naturfaglærere i praksis anvender evaluering i deres naturfagsundervisning i 8. og 9. klasse. Analysen er et bearbejdet uddrag af en længere rapport der udkom i juni 2008.*

Indledning

For at få et billede af evalueringskulturen i naturfagene i de ældste klasser har vi som en del af forskningsprojektet Validering af PISA Science (VAP) gennemført en spørgeskemaundersøgelse blandt et repræsentativt udsnit af danske naturfaglærere for 8.-9. klasse – se "Fakta om undersøgelsen" nedenunder. I det følgende præsenterer vi hovedelementer fra denne undersøgelse. Undersøgelsen er nøjere beskrevet og diskuteret i anden delrapport fra VAP-projektet (Dolin & Krogh, 2008) som bl.a. også indeholder en diskussion af evalueringskulturbegrebet og en litteraturgennemgang af danske undersøgelser af evalueringspraksis i naturfagene. Rapporten kan downloades i sin fulde længde på www.ind.ku.dk/publikationer/inds_skriftserie/ eller bestilles i bogform hos chla@ind.ku.dk

Fakta om undersøgelsen

Gennem to fokusgruppeinterviews i 2005 på to forstadsskoler (København og Odense) blev det indkredset hvilke spørgsmål der kunne være relevante i undersøgelsen. Lærerne fik før interviewet tilsendt nogle spørgsmål om deres holdninger til evaluering og deres anvendelse af evaluering. Interviewene gav nogle meget fyldige og reflekterede overvejelser om brug af evalueringer hos to tilfældigt udvalgte lærergrupper (repræsenterende fysik/kemi, biologi og geografi). På baggrund af interviewene blev der udarbejdet et spørgeskema. Dette blev som en første pilot sendt til de interviewede, og på baggrund af deres kommentarer blev der udformet et endeligt skema i Inquisite. Spørgeskemaet er at finde i delrapporten (Dolin & Krogh, 2008) hvor der også er en gennemgang af sample, baggrundsdata og repræsentativitet.

I dataindsamlingen tog vi udgangspunkt i Undervisningsministeriets liste over 1.998 grundskoler. Efter en nærmere granskning blev dette reduceret til 1.989 skoler som i januar 2006 fik tilsendt en mail med opfordring til at give de naturfagslærere som i skoleåret 2005/2006 underviste i fysik/kemi, biologi og/eller geografi i 8. eller 9. klasse, en invitation til det web-baserede spørgeskema. Vi modtog 1.159 besvarelser fra 667 skoler ud af de 1.235 skoler som vi kunne komme i forbindelse med (119 mails kom retur), og som vi kunne forvente svar fra (415 skoler angiver fx at de er 7-klassede og derfor uden for segmentet). Med den valgte indsamlingsprocedure er det ikke muligt at angive en svarprocent ligesom man ikke kan tage for givet at det faktiske sample er repræsentativt. Men datamaterialet tyder dog på det – se Dolin & Krogh (2008).

Undersøgelsens spørgsmål og indholdsmæssige afgrænsning

Undersøgelsen har haft et dobbelt sigte, nemlig at besvare specifikke PISA-rettede spørgsmål og samtidig lave en bredere indkredsning af evalueringspraksis og ansatser til evalueringskultur i naturfagene i folkeskolens større klasser.

Mht. det PISA-rettede sigte var forskningsspørgsmålet: *Er dansk evalueringspraksis i naturfag i rimelig overensstemmelse med PISA's test-koncept?* Indholdsmæssigt søger denne del af undersøgelsen at afdække i hvilken udstrækning lærerne anvender PISA-lignende evalueringsformater (individuel, paper and pencil, vægt på multiple-choice-opgaver), om de samme typer af kompetencer evalueres, om kontekster indrages på sammenlignelig måde, hvilken betydning anvendelse af korrekt fagsprog

tillægges i den daglige evaluering, osv. Disse indholdskomponenter er i spørgeskemaet overvejende formuleret som lukkede Likert-skala-spørgsmål.

En underliggende hypotese knyttet til det PISA-rettede forskningsspørgsmål har været at danske elever muligvis underpræsterer i PISA fordi de ikke er fortrolige med en sådan type testning.

Indkredsningen af den bredere evalueringspraksis i naturfag er sket gennem følgende undersøgelsesspørgsmål (som også strukturerer vores beskrivelse af undersøgelsen):

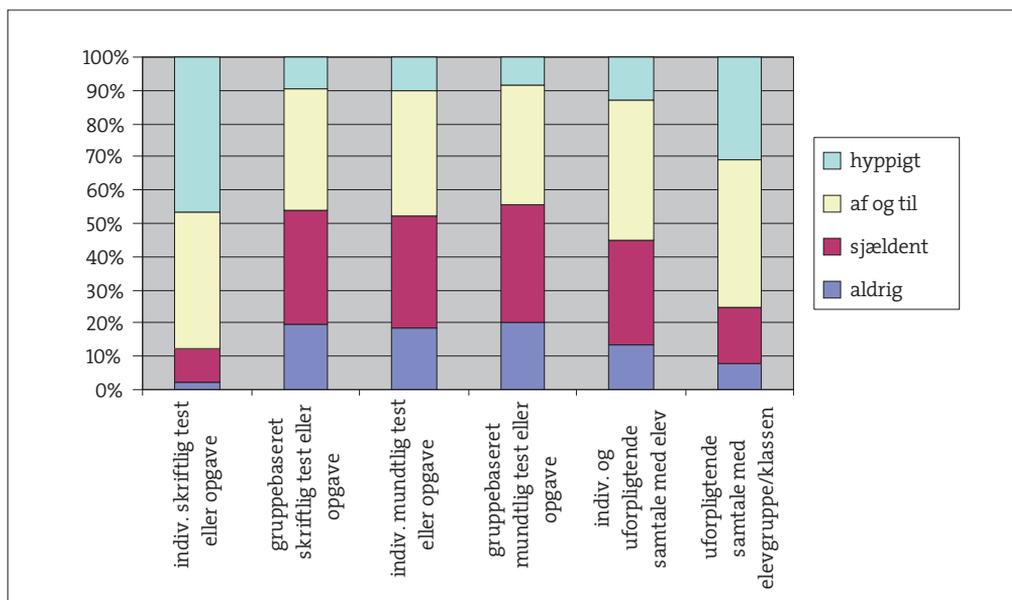
- Hvilke begrundelser har lærerne for deres evaluering?
- Hvad karakteriserer i en bredere forstand naturfagenes evalueringspraksis?
- Hvilke mønstre viser der sig i evalueringspraksis (fagspecifikke træk, den typiske lærers evalueringsrepertoire)?
- Er der indikationer af at den enkelte lærers evalueringspraksis er forankret i en lokal skolebaseret evalueringskultur?

Evalueringspraksis i naturfag og PISA's testkoncept

Nogle af de væsentligste træk ved PISA's test-setup er den *formelle* resultatorientering, den *individuelle* afregning og det *skriftlige* testformat. For at få et indtryk af hvorledes den danske praksis matcher disse træk, har vi stillet lærerne spørgsmålet "*Hvor ofte benytter du følgende evalueringsform ... i undervisningen?*"

Svarfordelingerne er vist i figur 1. Heraf fremgår det at hyppigheden af samtlige evalueringsformer generelt er ganske høj ("af og til" eller "hyppigt") hos store lærergrupper. *Det PISA-lignende format med individuelle, skriftlige test viser sig at være den markant hyppigste evalueringsform.* Om dette træk er udtryk for en nyorientering foranlediget af de senere års "oprustning" på testområdet og/eller forudgående PISA-runder, kan vi ikke afgøre. Pointen er imidlertid tydelig nok: Danske elever er bestemt ikke uvante med en PISA-lignende testform.

Den næsthypigste evalueringsform er *uforpligtende samtale med elevgruppe/ klassen*. Denne evalueringstype repræsenterer på stik modsat vis det uformelle, det kollektive og det verbale. En nærmere analyse som også omfatter lærernes åbne svar, peger dog på at der er tale om evaluering med to vidt forskellige funktioner. Hvor den første i høj grad er summativ og tjener som grundlag for standpunktsgivning, forældrekonsultation m.m., udgør den anden først og fremmest en sondering og justeringsmulighed i den daglige undervisning.



Figur 1. Hvor ofte benytter du følgende evalueringsform i undervisningen?

Det åbne spørgsmål “Beskriv kort hvordan du hyppigst evaluerer din undervisning” som blev stillet forud for gruppen med lukkede spørgsmål i vores survey, udgør et fyldigt materiale til at supplere de lukkede kategorier i figur 1. Frem for alt viser svarene den store variation i de anvendte evalueringsformer. Det er umuligt at opgøre svarene gennem en enkelt, udtømmende opdeling idet flere forskellige formater og typer blandes. Nogle angiver former som mundtlig og skriftlig, andre taler om test og prøver, andre igen beskriver konkrete metoder, fx begrebskort eller logbog, og nogle skelner mellem individuel og gruppebaseret evaluering. Vi har derfor optalt fordelingen for forskellige opdelinger. Ca. 9 % angiver den hyppigste form som værende “kun samtaler”, fx i form af:

“Gennem samtale med eleverne”

“Ved klassesamtale. Hvis det omfatter et større projekt, vil det som regel være mere gruppevis og en karakter”

“Mundtlig evaluering”

“Spørgsmål og samtale”.

En lille halvdel af lærerne, ca. 43 %, anvender som den hyppigste evalueringsform kun skriftlig evaluering:

“Forskellige former for skriftlige prøver”

“Som oftest evalueres eleverne ved at de udfærdiger en rapport om emnet hvor de bl.a. skal tage stilling til egne forsøgsresultater med udgangspunkt i den gennemgåede teori”
“Skriftlige spørgsmål som jeg selv fremstiller. Eleven må bruge alle hjælpemidler”
“Gennem logbøger og skriftlige opgaver”.

Op mod halvdelen af lærerne, ca. 48 %, angiver “*en kombination af samtale og skriftligt produkt*”, typisk en prøve eller en rapport, fx

“Samtale og test”

“Ved at lade eleverne besvare spørgsmål mundtligt i klassen. At uddele skriftlige prøver”

“Mundtlig overhøring og skriftlige rapporter”

“Klassesamtaler, prøver efter hvert forløb”

“Vi snakker om udførte forsøg. Eleverne får skriftlige prøver”.

Af dem der anvender skriftlig evaluering, skriver mange at det sker i form af test. I alt 56 % af lærerne angiver at test indgår som deres mest anvendte evalueringsform.

Relativt få lærere anfører nyere og formativt spidsstillede evalueringsformer som deres mest anvendte evalueringsform. Det gælder således kun for ca. 6 % af lærerne. Tilmed beskrives de oftest i kombination med mere traditionelle former hvilket er tydeligt i nedenstående eksempler:

“Jeg bruger logbog i alle fagene. De har desuden en portefølje i alle deres fag. De afleverer rapporter om hvert emne og små opgaver. Mundtligt skal de forklare emnerne og finde forsøg der underbygger teorien.”

“Eleverne samler op på forløb ved at lave en kort præsentation af emnet til deres portefølje. Derudover anvendes multiple choice-test.”

“Test. Fælles begrebskort. Eleven skriver rapport. Plancher. Fremlæggelser. Logbog.”

“Begrebskort hvor eleverne sætter fagtermerne sammen til en helhed. Snak på klassen, test.”

“I form af prøver og i logbog samt mundtlig evaluering.”

Billedet af de individuelle, skriftlige test og klassesamtalerne som de dominerende evalueringsaktiviteter underbygges således af de åbne lærersvar. Dette indtryk ændres heller ikke væsentligt såfremt man beder lærerne angive det relative tidsforbrug frem for hyppigheden af de forskellige evalueringsaktiviteter. Den klareste ændring er dog at PISA-matchende, individuelle, skriftlige test blot træder endnu tydeligere frem med i gennemsnit 40 % af evalueringstiden. Nummer to i rækken er uforpligtende samtale med elevgruppen/klassen med 18 %, og de øvrige kategorier har 10-15 %.

Vi har også spurgt om antallet af individuelle skriftlige test pr. år i en typisk naturfagsklasse. Svarene viser at eleverne typisk oplever dette 4 gange pr. år i et fag. Mere end 80 % af lærerne har 3 test pr. år. Hyppigheden af denne type testning afhænger *ikke* signifikant af lærernes linjefagsbaggrund.

Evalueres PISA-lignende kompetencer?

I PISA's teoretiske rammesætning er der ekspliciteret et antal naturfaglige kompetencer. Ideelt set tjener opgavernes enkelte underspørgsmål som operationalisering af evnen til at *identificere naturvidenskabelige spørgsmål*, evnen til at *anvende naturvidenskabelig viden* og evnen til at *bruge naturvidenskabelige beviser*. Det har været PISA's intention at bruge 25-30 % af testtiden på den første kompetence og 35-40 % på de øvrige. I denne undersøgelse har vi spurgt til netop disse kompetencer, men i en udfoldet formulering hvor de forskellige kompetencer eksemplificeres. Af svarene fremgår det at samtlige kompetencer evalueres "hyppigt" eller "af og til" hos mindst 75 % af lærerne.

Indholds- og opgavetyper i den typiske naturfagsevaluering

PISA-konsortiet har en hensigtserklæring om at lade ca. halvdelen af opgaverne være af multiple-choice-typen. Dette letter rettearbejdet (og dermed den økonomiske testningsbyrde) og muliggør en pålidelig scoring – selv om det begrænser hvad man validt kan udmåle.

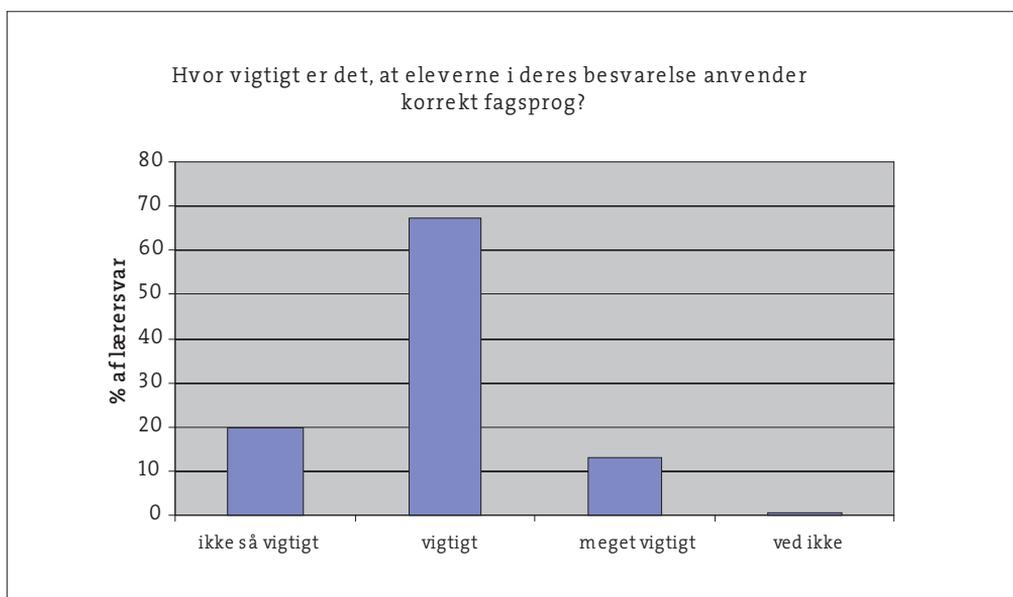
Åbne spørgsmål indebærer at eleven selv skal formulere et svar. En del af de på overfladen åbne spørgsmål lukkes imidlertid af PISA's scoringsprocedure idet man ofte fastlægger scoringskriterierne så rigtigt at kun bestemte "trigger"-ord belønnes, mens en samlet vurdering som måske ville tilgodese en mere kompleks forståelse, frafalder. Den langt overvejende del af PISA-opgaverne er de facto af den lukkede type (ét bestemt statement, bestemte trigger-ord).

I den danske skolekontekst har vi fundet det relevant at se mængden af evaluering rettet mod *paratviden* og håndtering af *standardopgaver* som indikatorer for brugen af lukkede opgavetyper. Vores undersøgelse viser at både lukkede og åbne spørgsmål anvendes hyppigt, med en samlet tendens til dominans af mere lukkede formater. Heller ikke her kan man øjne nogen modstrid mellem PISA og den danske evalueringspraksis i naturfag.

Betydningen af korrekt fagsprog i elevsvar

Med den omtalte temmelig rigide scoring af de åbne spørgsmål er det ikke nok at kende essensen af en opgaves problemstilling – man skal tillige anvende bestemte fagspecifikke termer i besvarelsen. I slående kontrast hertil nævnes fagsproget overhovedet ikke i de formelle trinmål for fysik/kemis 9. eller 10. klassetrin. Det er derfor

særdeles relevant at se på hvorledes dette aspekt alligevel udfoldes i lærernes evalueringsspraksis. Figur 2 viser lærernes vægtning af korrekt fagsprog i elevbesvarelser i evalueringssammenhæng.



Figur 2. Vægtning af korrekt fagsprog.

Svarene kan formentlig tolkes derhen at fagsproget nok opfattes som "vigtigt", men at andre aspekter meget vel kan være endnu vigtigere. I forlængelse af denne tolkning svarede én af lærerne fra de indledende interviews: "For mig betyder det ikke det store om de siger 'elektronspin' – eller 'de dér der gør sådan rundt om kernen'".

Mønstre i lærernes brug af evaluering

Den enkelte lærer skaber sin evalueringsspraksis gennem deltagelse i krydsfeltet mellem den lokale skolekultur, forskellige faglige subkulturer og en løbende fortolkning af det centralt stillede regelgrundlag. I folkeskolelovens § 13 fastlægges det at de enkelte fag skal evalueres både summativt og formativt – og med det dobbelte sigte skal elevernes udbytte og undervisningens kvalitet forbedres. Langt hen ad vejen viser denne undersøgelse at naturfagslærernes evalueringsspraksis er i overensstemmelse med dette sigte.

I det foregående er der omtalt en række enkelttræk som er så udtalte hos naturfagslærerne på tværs af samplets mange skoler at de må forstås som enten almene for folkeskolen eller som udtryk for en faggruppespecifik evalueringsskolekultur. Ud over

disse enkeltræk har vi også iagttaget enkelte mere komplekse mønstre. Blandt disse vil vi især fremhæve:

- *Naturfaglærerne har i almindelighed et ganske aktivt evalueringsrepertoire.* Over halvdelen af lærerne anvender *mindst 4* (af 6 anførte) evalueringstyper “hyppigt” eller “af og til”. Selvrapporterne viser således ikke bare at der evalueres ganske hyppigt, men også at en meget stor gruppe af lærere har en ganske varieret evalueringspraksis. Kun 20 % af lærerne har et evalueringsrepertoire med to eller færre evalueringstyper i regelmæssig brug.
- *Naturfaglærernes evalueringspraksis er kun i ringe grad kønsspecifik.* I undersøgelsens empiri kan man godt finde enkeltspørgsmål hvor der er signifikant forskel på (signifikansniveau $p < 0,05$) hvad grupperne af hhv. kvindelige og mandlige lærere har svaret. Forskellene er imidlertid hverken voldsomme eller iøjnefaldende systematiske.
- *Undervisningserfaring synes at have betydning for en lærers evalueringspraksis.* Lærernes undervisningserfaring indgår som én baggrundsparemeter i undersøgelsen. Den statistiske analyse viser at undervisningserfaring på signifikant vis kobler til dele af evalueringspraksis. Analysen tager udgangspunkt i de fire erfaringsintervaller som er angivet i spørgeskemaet mens selve opsummeringen her kun skelner mellem *de erfarne* (10 år eller mere i folkeskoleundervisning) og *de mindre erfarne* (under 10 års erfaring i folkeskolen). Undersøgelsen viser at de erfarne i højere grad
 - anvender individuelle, skriftlige test
 - styrer uden om gruppebaserede, mundtlige test
 - indgår i individuel og uforpligtende evalueringssamtale med elever
 - styrer uden om karakterer
 - tester paratviden.

Har skolen en fælles holdning til evaluering?

Den enkelte lærers evalueringspraksis vil efter al rimelighed være mest påvirket af lokale skoleforhold såfremt der er en ekspliciteret og mere eller mindre fælles holdning til evaluering. Vi har direkte spurgt lærerne om de opfatter at noget sådant er tilfældet på deres skole. 52 % svarer nej, 23 % svarer ja, og 24 % svarer ved ikke. Dvs. at for hver lærer som oplever en fælles skolebaseret holdning til evaluering, er der mindst to som *ikke* har denne oplevelse. Det er fristende at tolke “ved ikke”-besvarelserne som “Hvis der virkelig var en fælles holdning, ville de også vide det”. I en sådan tolkning hører $\frac{3}{4}$ af lærerne til på skoler hvor der ikke er etableret en fælles evalueringskultur. På lokalt niveau er der således lang vej til realiseringen af Undervisningsministeriets ambition om en gennemgribende evalueringskultur.

Konklusion

På det PISA-rettede forskningsspørgsmål *“Er dansk evalueringspraksis i naturfag i rimelig overensstemmelse med PISA’s test-koncept?”* må konklusionen ifølge denne undersøgelse være et temmelig klart JA!

1.159 naturfagslærere i folkeskolens 8.- og 9.-klasser tegner således via deres spørgeskemasvar et billede af en evalueringspraksis som i vid udstrækning anvender PISA-lignende evalueringsformater – fx er individuel og skriftlig testning det hyppigst anvendte organiserings- og evalueringsformat. På det overordnede niveau angiver i hvert fald 75 % af lærerne regelmæssigt at teste kompetencer svarende til PISA. Efter lærernes oplysninger inddrager den typiske lærer PISA-relevante kontekster i sine evalueringsopgaver – og der synes at være en god overensstemmelse mellem lærernes og PISA’s vægtning af opgaver med åbne hhv. lukkede svar-formater. Endelig anser lærerne det for rimelig vigtigt at eleverne anvender korrekt fagsprog i opgaverne. Muligvis ville en endnu større vægtning af dette aspekt være i overensstemmelse med de ganske rigide krav til fagsprogsbrug som PISA lægger til grund for sin scoring.

Når dette er sagt, er det selvfølgelig relevant også at fremdrage de begrænsninger som nærværende undersøgelse har. Først og fremmest baserer den sig på lærernes selv-rapporterede evalueringsadfærd – ikke på observationer af den faktiske adfærd. Her ville en form for triangulering af resultaterne have været nyttig. Indholdsmæssigt er undersøgelsen begrænset af at vi ikke har kunnet bede lærerne kommentere på overensstemmelsen (spørgsmålstyper, kompetencer og kontekstanvendelse) mellem deres egne evalueringsopgaver og det helt konkrete PISA 2006-sæt af opgaver. Her har PISA-konsortiets behov for at genbruge/hemmeligholde størstedelen af de brugbare opgaver stået i vejen for et mere dybtgående tjek af overensstemmelsen. Det er tankevækkende – og muligvis symptomatisk – at lærerne i undersøgelsen kun udtrykker moderat tiltro til at have “klædt eleverne på” til en individuel, skriftlig test som PISA. Hvis man som lærer kun har kendskab til de offentliggjorte, overfladiske træk ved PISA, kan det være svært at tro på at man har forberedt sine elever på bedste vis.

Undersøgelsen giver ikke meget belæg for den indledende hypotese om at danske elever underpræsterer i PISA som følge af manglende fortrolighed med PISA’s testformat. Omvendt er der heller ikke meget i undersøgelsen som antyder at præstationen er blæst op via “teaching for the test”. Meyerhöfer (2007) diskuterer studier af “test-wiseness” og “Testfähigkeit” som påviser hvorledes træning og øget metakognitiv opmærksomhed på teststrategier forbedrer elevernes evne til at score i test. Man kan diskutere om sådanne tiltag åbner op for at elevernes formåen kommer til et reelt og dækkende udtryk, eller om det i bund og grund bidrager til at denne misrepræsenteres. Givet er det at sådanne tilsyneladende “forbedringer” ikke afspejler ændringer i elevernes faglige formåen. I undersøgelsen her har vi ikke gjort noget forsøg på at

kortlægge brugen af de metakognitive strategier som Meyerhöfer fremdrager – men vores lærerinterviews afdækkede ingen tendens til eksplicitering af sådanne. Ét er at danske elever efter alt at dømmes er rimelig fortrolige med PISA-lignende evaluering. Noget andet er at evalueringspraksis i naturfagene faktisk synes mere righoldig end PISA-konceptet idet både formative og praktiske aspekter kommer klart til syne i den indsamlede empiri.

Karakteriseringen af den bredere evalueringspraksis i naturfag

Det er blevet meget tydeligt gennem projektets litteraturstudier at der aktuelt ikke findes helt fyldestgørende undersøgelser af evalueringspraksis i naturfagene i Danmark. Forhåbentlig vil det kommende strategiske forskningsprogram for uddannelsesforskning give mulighed for en uddybende og kvalitativ forskning som også rykker indenfor i naturfagsundervisningen og tættere på den *implementerede* evalueringspraksis.

Vi har fundet at den typiske naturfagslærer har et vist repertoire af aktive evalueringsformer – med individuel skriftlig testning og uforpligtende samtale med klassen som de dominerende former. Næsten alle lærere tilkendegiver at have et elevorienteret sigte med deres evaluering, men samtidig foretager knap halvdelen evaluering med deres undervisning som begrundelse. Der er et udtalt fokus på læring og læringspotentiale (93 %) når der evalueres. Fire ud af fem lærere udtrykker en summativ tænkning omkring deres evaluering mens tre ud af fem anfører en formativ tænkning. Undersøgelsen viser også at de fleste lærere evaluerer løbende og efter det enkelte forløb. En meget stor del af naturfagslærerne er således i overensstemmelse med de intentioner og den generelle rammesætning som er formuleret i folkeskolelovens § 13. Hensigtsmæssigheden af den formative evaluering styrkes af at lærerne ofte indvier eleverne i kriterierne for evaluering, at eleverne så godt som altid får feedback i kølvandet på evaluering – og at feedback hyppigst gives i form af mundtlige eller skriftlige kommentarer.

Undersøgelsen af eventuelle mønstre i lærernes evalueringspraksis har afdækket at denne ikke er signifikant præget af deres linjefagsbaggrund, og at den kun i ringe grad er kønsspecifik. Blandt flere andre tolkninger kan dette isoleret forstås inden for rammerne af en fælles naturfaglig evalueringskultur. Imidlertid synes evalueringspraksis at være forskellig for mere eller mindre erfarne naturfagslærere – eller uskelneligt herfra: for lærere repræsenterende forskellige tiders lærer-socialisering. Dette svækker indtrykket af en fælles og overgribende naturfaglig evalueringskultur. Direkte adspurgt svarer ca. 50 % af lærerne “nej” til spørgsmålet om at der foreligger en “fælles holdning til evaluering” på deres skole. Desværre har undersøgelsens datagrundlag ikke gjort det muligt at forfølge dette i dybden, men det antyder i hvert fald at en evt. evalueringskultur i mindre grad skal forstås lokalt end nationalt.

Referencer

- Dolin, J., Busch, H. et al. (2006). En sammenlignende analyse af PISA2006 science testens grundlag og de danske målkategorier i naturfagene. *Rapport nr. 1 for projektet Validering af PISA Science*. Odense: Center for Naturvidenskabernes og Matematikkens Didaktik, Syddansk Universitet.
- Dolin, J. & Krogh, L.B. (2008). Den naturfaglige evalueringskultur i folkeskolen – Anden delrapport fra VAP-projektet. *IND's skriftserie*, (17). København: Institut for Naturfagernes Didaktik, Københavns Universitet. Lokaliseret den 31. oktober 2008 på www.ind.ku.dk/publikationer/inds_skriftserie/.
- Meyerhöfer, W. (2007). Testfähigkeit – was ist das? I: S. Hopmann; G. Brinek & M. Retzl (red.), *PISA zufolge PISA – PISA According to PISA* (s. 57-92). Wien: LIT VERLAG GmbH & Co. KG.



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.

Kommentarer

Fødekæden i gymnasielæreruddannelsen

– et fælles ansvar for universiteterne og gymnasierne

Claus Michelsen, Syddansk Universitet

Kommentar til artiklen "Fødekæder i læreruddannelse" i MONA, 2008(3).

Gymnasieskolernes Lærerforening har taget initiativ til kampagnen Bliv Gymnasielærer der har til formål at rekruttere lærere til gymnasieskolen. Baggrunden for kampagnen er den forventede mangel på gymnasielærere når mere end en fjerdedel af gymnasielærerne i perioden frem til 2015 går på pension. Inden for faggruppen matematik, fysik og kemi har der næsten altid været en kronisk mangel på lærere, og størrelsesordenen af mangelen frem til 2015 er flere hundrede. Kjeld Bagger Laursen beskriver i artiklen "Fødekæder i læreruddannelsen" i *MONA, 2008(3)*, hvordan fagets fødekæde opretholdes ved at gode lærere må motivere nogle af eleverne til at uddanne sig i faget så de selv kan komme til at undervise i det. De naturvidenskabelige fags fødekæde fungerer ikke af sig selv, og det er derfor nødvendigt med bevidst handling for at opretholde den. Kjeld Bagger Laursen beskriver et amerikansk projekt fra Queens College i New York hvor man med en række konkrete tiltag rekrutterer studerende til gymnasielæreruddannelsen fra gymnasiet.

Der peges i artiklen på at udgangspunktet for de naturvidenskabelige fakulteters rekruttering er at unge matematik- og naturvidenskabsinteresserede i hvert fald ikke vil uddanne sig som lærere. Jeg er helt enig med Kjeld Bagger Laursen når han peger på at faget på universitetet må erkende et medansvar for fødekædens opretholdelse. Men gymnasieskolen må også tage medansvar når denne udfordring skal løses. Som institutleder ved Institut for Matematik og Datalogi får jeg jævnligt henvendelser fra gymnasierektorer der spørger om jeg ikke har en dygtig matematikstuderende som kunne være interesseret i at tage nogle matematiktimer. Alle får de samme svar: "Jeg kan desværre ikke hjælpe. Vi har meget få matematikstuderende, og de fleste af dem tjener allerede lidt ekstra til studiet ved at varetage et undervisningsjob". Jeg plejer også at tilføje: "Det er ikke mange af dine elever du sender videre til et matematikstudium hos mig. Hvis du havde gjort det, så ville det have været noget nemmere at skaffe matematiklærere". I nogle tilfælde nævner jeg også at vi har dårlige erfaringer

med studerende der tager for mange undervisningsjob og ikke får afsluttet deres uddannelse.

Ved Center for Naturvidenskabernes og Matematikkens Didaktik ved Syddansk Universitet har vi netop afsluttet forskningsprojektet IFUN – Interesse- og Fagoverskridende Undervisning i Naturvidenskab. Projektet blev gennemført i samarbejde med Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften an der Universität Kiel i perioden 2005-2007. I forbindelse med projektet var vi i kontakt med næsten 1.500 danske og tyske gymnasieelever fra 2. g. Gennem spørgeskemaer, interviews og et fremtidsværksted blev der indsamlet et omfattende empirisk materiale der kaster lys over gymnasieelevernes interesser for og holdninger til naturvidenskab (Michelsen & Sriraman, 2009). Der er blandt eleverne et ønske om at der i undervisningen sættes mere fokus på anvendelser af de erhvervede kompetencer, herunder studie- og erhvervsmuligheder. Vores undersøgelser viser også at mange elever ikke har et klart billede af hvilke typer job en uddannelse i matematik og naturvidenskab kan føre til. Fx betegner mange af eleverne matematik som et interessant og meget vigtigt fag. På spørgsmålet om hvorfor matematik er vigtigt, var det typiske svar at faget giver adgang til videregående uddannelser. Med hensyn til matematiks nytteværdi, så svarede eleverne typisk at man skal lære at addere, trække fra, gange og dividere!

For at udfordre svar af denne type blev eleverne spurgt om de kunne pege på erhverv hvor matematiske kompetencer er af afgørende betydning. Mange elever kunne ikke give et eksempel, andre pegede på bankverdenen og uddannelsessektoren, og kun ganske få elever pegede på matematiks betydning for erhverv inden for teknologi. Elever der i skolesammenhæng har beskæftiget sig med matematik i mere end 11 år, er altså uden forståelse for matematikkens samfundsmæssige betydning. Som den norske fysikdidaktiker Svein Sjøberg peger på i bogen *Naturfag som allmændannelse*, så skal undervisningen ud over naturvidenskabens produkter i form af teorier, modeller og love også præsentere naturvidenskabens processer og naturvidenskabens som en samfundsmæssig institution der beskæftiger mange mennesker (Sjøberg, 1998). Og til sidstnævnte hører lærergerningen.

Den igangværende kampagne¹ for at rekruttere gymnasielærere er et tiltag på den korte bane. Kampagnen er tydeligvis rettet mod studerende der er ved at afslutte deres studium. Det er som nævnt en begrænset population, og jeg tvivler derfor på at der inden for de matematisk-naturvidenskabelige fag vil kunne registreres nogen større effekt af kampagnen. Det handler om, som Kjeld Bagger Laursen peger på, at rekruttere direkte fra gymnasiet. Her vil tiltag af den type der er iværksat i det amerikanske

1 Gymnasieskolernes Rektorforening har i oktober 2008 lanceret en kampagne målrettet studerende på danske universiteter der skal styrke interessen for at blive gymnasielærere. Læs mere om kampagnen på www.bliv-gymnasielaerer.dk (red).

projekt, sandsynligvis bidrage til at afhjælpe problemet med fødekæden på den lange bane.

En langsigtet strategi hvor rollemodellen dyrkes, er et godt bud på hvordan vi kan få flere gode lærere. Men skal der virkelig rykkes, så må universiteterne og gymnasieskolerne tage et fælles ansvar. Fagets formidlingsaspekt må være en naturlig del af undervisningen i faget både på universitets- og gymnasialt niveau. Og der er i gymnasiereformen fra 2005 muligheder for at inddrage dette aspekt i undervisningen. Alle danske universiteter har i dag fagdidaktiske forskningsmiljøer inden for de matematisk-naturvidenskabelige fag, og mon ikke de alle ville være interesserede i at samarbejde med gymnasierne om at udvikle studieretningsprojekter med et didaktisk indhold. Det er vel heller ikke utænkeligt at der kunne samarbejdes om udvikling af AT-forløb med didaktiske elementer. Tidshorizonten er lang mens problemet er akut. Det er bare om at vedkende sig sit ansvar og få etableret konstruktive og fremadrettede samarbejdsrelationer mellem universiteterne og gymnasieskolen så vi kan komme i gang med opgaven.

Referencer

- Michelsen, C. & Sriraman, B. (2009). Does interdisciplinary instruction raise students' interest in mathematics and the subjects of the natural sciences? Accepteret til publikation i *ZDM – The International Journal on Mathematics Education*, 41.
- Sjøberg, S. (1998). *Naturfag som allmendannelse – en kritisk fagdidaktikk*. Ad Notam Gyldendal, Oslo.

Læreruddannelse, naturfag og PCK

Birgitte Lund Nielsen, VIAUC Læreruddannelsen i Århus og Institut for Videnskabsstudier, Aarhus Universitet

Kommentar til artiklen "Naturfagslæreres vidensgrundlag" i MONA, 2008(3).

I artiklen "Naturfagslæreres vidensgrundlag" præsenterer Lars Brian Krogh (LBK) og Hanne Møller Andersen (HMA) en model over forskellige elementer der indgår i naturfagslæreres vidensgrundlag – en model der i artiklen bl.a. anbefales til brug ved design og analyse af uddannelsernes indhold og bestemmelser.

Jeg vil gerne supplere denne anvendelse af Pedagogical Content Knowledge (PCK) i diskussion af forskellige vidensdomæner og indholdselementer i læreplaner og uddannelsesprogrammer med en tilgang hvor PCK i højere grad anvendes til at diskutere *hvordan*-spørgsmål.

Hvordan kan vi indkredse og anvende erfarne læreres PCK, og hvordan kan vi i uddannelse af naturfagslærere angribe arbejdet med det faglige indhold, fagdidaktikken og de studerendes praktikerfaringer, altså de forskellige elementer der er med i LBK og HMA's model (Krogh & Andersen, 2008, s. 41), på en måde som kan danne ramme om og optimere udviklingen af PCK hos de studerende?

I min praksis som underviser i naturfaglige linjefag i læreruddannelsen er det her jeg aktuelt ser det største udviklingsbehov, og hvor jeg ser mange spændende vinklinger og nye bidrag i PCK-forskningsprogrammet.

PCK som praksisviden

Shulman præsenterer oprindeligt PCK som en slags syntese-viden der implicit indebærer forståelse:

... knowledge for teaching. It represents the blending of content and pedagogy into an understanding of how particular topics, or issues are organized, represented, and adapted to the diverse interests and abilities of learners ... (Shulman, 1987, s. 8)

Med denne formulering ser jeg hos Shulman PCK noget andet og mere end viden på det laveste taksonomiske niveau i Bloomsk forstand som LBK og HMA diskuterer det

(Krogh & Andersen, 2008, s. 49). Med Shulmans formulering må PCK ses som et vidensdomæne der *i sig selv* indebærer anvendelse og transformation af viden, altså en slags lærerkompetence, fx som LBK og HMA formulerer det (s. 50) *evnen til at anvende, integrere og transformere viden fra forskellige vidensdomæner til en konkret kontekst*. Det danske begreb, der hidtil er blevet anvendt for PCK, nemlig *undervisningsfaglighed* (se fx Andersen et al., 2005, s. 16), signalerer implicit dette. Jeg anvender dog her PCK og ikke undervisningsfaglighed da det er det begreb LBK og HMA anvender.

Shulman anerkendte at (erfarne) lærere har en unik viden om praksis og brugte PCK om lærerens forståelse af hvordan han bedst kan hjælpe elever/studerende med at forstå et specifikt fagligt indhold (Magnusson et al., 1999, s. 96), og han opfordrede ofte uddannelsesverdenen til at være mere opmærksom på og værdsætte læreres særlige viden (Berry et al., 2008, s. 1271).

Den til tider tavse og indholdsspecifikke praksisviden er forsøgt indfanget i Donald Schöns begreber:

Like knowing-in-action, reflection-in-action is a process we can deliver without being able to say what we are doing (Schön, 1987, s. 31)

Store dele af PCK-forskningsprogrammet, har handlet om at bringe læreres praksisviden på en artikuleret form, for som det på glimrende vis formuleres i et nyt temanummer af *International Journal of Science Education*:

... if science teaching is to be better understood and valued such (*articulation*) is not only needed, it should be expected. One way of so doing is through the construct of ... PCK ... (Berry et al., 2008, s. 1271-1272)

For mig som underviser i læreruddannelsen bliver PCK-begrebet rigtig interessant når det bidrager til at indkredse erfarne læreres praksisviden på en form hvor den kan anvendes i uddannelse af lærere, og når der sættes fokus på hvordan man kan optimere rammerne for udvikling af både lærerstuderendes og allerede uddannede læreres PCK. På dette område er der mange spændende bud i det omtalte særnummer:

The present special issue contains papers that report on recent empirical studies into different aspects of the development and articulation of science teachers' PCK. (Berry et al., 2008, s. 1277)

PCK-begrebet er gennem årene med rette blevet kritiseret for at være luftigt. Særnummeret kan repræsentere et bud på en fremadrettet begrebsætning der kan lede forskningen i fælles retning:

The research in this volume demonstrates that PCK continues to be a good idea that makes sense and is useful for both science education researchers and science teacher educators (Abell, 2008, s. 1414)

PCK som tilgang til *hvordan* i uddannelse af naturfagslærere

Som “naturfagslæreruddanner” mener jeg at PCK i den her skitserede forståelsesramme netop kan være med til at kvalificere hvordan der drives læreruddannelse, gennem en anerkendelse af praksisviden. Flere forskere har med brug af PCK-begrebet forsøgt at indkredse erfarne læreres praksisviden ved at anskue den som (med Bruners begreber) både narrativt og paradigmatiske funderet – to former for tænkning som begge tilbyder måder at ordne erfaringer og konstruere virkeligheden på (Bruner, 1998, s. 24-25).

Erfarne læreres PCK er indfanget og artikuleret gennem en kombination af en slags cases fra undervisning og systematiske indholdsskemaer (Loughran et al., 2004). Denne tænkning er i Loughran et al., 2008, videreført og anvendt i uddannelse af lærere, og både i dette forskningsprojekt og i Nilsson, 2008, er resultaterne af den eksplicitte brug af PCK-begrebet, til bl.a. at igangsætte og kvalificere de lærerstuderendes refleksion, lovende:

To promote student-teachers' development of PCK, teacher educators must develop deeper understanding of student-teachers' perceptions of the knowledge needed for teaching in relation to classroom practice. For such an understanding, careful attention must be paid to student teachers' personal stories of how they experience what it is to actually teach. (Nilsson, 2008, s. 1295-1296)

Disse resultater peger frem mod behovet for ikke kun at bruge PCK til at diskutere hvad vi underviser i, men at vende tingene på hovedet og udvikle tilgange i læreruddannelse hvor konkrete episoder fra de studerendes praktik kommer til at stå langt mere centralt. Måske er det vejen mod at kvalificere de lærerstuderendes (begyndende) udvikling af PCK i forbindelse med uddannelsen?

Jeg håber at LBK og HMA's artikel er startskuddet til en bredere anvendelse og diskussion af PCK-begrebet i dansk sammenhæng. Alene det at gymnasielæreruddannelse og folkeskolelæreruddannelse diskuteres med en fælles begrebsætning er forfriskende og et lovende brud på de i dansk sammenhæng så velkendte vandtætte skotter mellem disse to verdener.

Så lad os få sat gang i diskussionen af ikke bare *hvad* der skal være indhold når man uddanner naturfagslærere, men også *hvordan* man så i praksis kan angribe undervisningen i læreruddannelse og efteruddannelse af lærere.

Referencer

- Abell, S.K. (2008). Twenty Years Later: Does pedagogical content knowledge remain a useful idea? *International Journal of Science Education*, 30, s. 1405-1416.
- Andersen, A.M. et al. (2005). *Fra seminarium til skolepraksis i natur/teknik*. København: DPU.
- Berry, A., Loughran, J. & van Driel, J. (2008). Revisiting the Roots of Pedagogical Content Knowledge. *International Journal of Science Education*, 30, s. 1271-1279.
- Bruner, J. (1998). *Uddannelseskulturen*. København: Hans Reitzels Forlag.
- Krogh, L.B. & Andersen, H.M. (2008). Naturfagslæreres vidensgrundlag. *MONA 2008(3)*, s. 36-54.
- Loughran, J., Mulhall, P. & Berry, A. (2004). In search of pedagogical content knowledge in science: developing ways of articulating and documenting professional practice. *Journal of research in science teaching*, 41(4), s. 370-391.
- Loughran, J., Mulhall, P. & Berry, A. (2008). Exploring Pedagogical Content Knowledge in Science Teacher Education. *International Journal of Science Education*, 30, s. 1301-1320.
- Magnusson, S. et al. (1999). *Nature, sources, and development of Pedagogical Content Knowledge for Science Teaching*. I: J. Gess-Newsome & N. Lederman (red.), *Examining Pedagogical Content Knowledge: The Construct and its implications for Science Education* (s. 95-132). Hingman, MA, USA: Kluwer Academic Publishers.
- Nilsson, P. (2008). Teaching for understanding: The complex nature of pedagogical content knowledge in pre-service education. *International Journal of Science Education*, 30, s. 1281-1299.
- Schön, D.A. (1987). *Educating the Reflective Practitioner*. The Jossey-Bass Higher Education Series.
- Shulman, L.S. (1986). Those who understand: knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15, s. 4-14.
- Shulman, L.S. (1987). Knowledge and teaching: Foundations on the New Reform. *Harvard Educational Review*, 57(1).

Praktisk arbejde – et vigtigt element i erkendelsesprocessen

som både skoler og uformelle læringsmiljøer kan facilitere

Nana Quistgaard, Institut for Naturfagenes Didaktik

Kommentar til artiklerne "Et kritisk blik på praktisk arbejde i naturfagene" og "Ved forskerens albue" i MONA, 2008(3).

Forrige nummer af MONA bragte to artikler af henholdsvis Derek Hodson (DH) og Finn Bendixen (FB). Begge handler om praktiske erfaringer eller praktisk arbejde i forbindelse med naturfagsundervisningen i skolen. Men hvor FB's artikel handler om praktisk arbejde *uden for* skolen, er DH's artikel koncentreret om det praktiske arbejde *på* skolen i relation til naturfagstimerne.

Begge forfattere mener at praktisk arbejde skal ledsages af teoretisk undervisning der sætter arbejdet eller forsøgene ind i en ramme. Ellers kan det ikke forventes at praktisk arbejde fører til naturvidenskabelige erkendelser. Men her hører lighederne også delvis op. FB advokerer kraftigt for hvad han kalder for virkelige, autentiske oplevelser uden for skolen. Han redegør for at disse er centrale i forhold til rekruttering af unge til de naturvidenskabelige uddannelser samt for almindannelsen. Groft sagt mener han ikke at skolen kan stå alene i denne opgave. Nøgleaspekterne i de virkelige og autentiske oplevelser er dels en stærk affektiv komponent i form af indblik i et forskningsmiljø og science in the making, dels en kognitiv i form af at udføre eksperimenter og praktisk arbejde selv.

På den anden side står DH der på ingen måde underkender betydningen af praktisk arbejde i den naturvidenskabelige erkendelse, men som sætter stort spørgsmålstegn ved at erkendelsen kun kan ske hvis praktisk arbejde indgår i undervisningen. Han anfægter læreres ukritiske og ureflekterede holdning til forsøg som værende en uomtvistelig del af erkendelsen. Hans hovedargument er at kun hvis forsøg i skolen er åbne og laves på elevernes betingelser samt kobles med teori, kan de føre til erkendelser der kan overføres til andre situationer. Samtidig mener han at det ikke er

givet at alt naturvidenskabeligt stof egner sig til eksperimenter, og at der ikke kan "argumenteres for at den [praktisk arbejde som metode] er overlegen i forhold til andre metoder. Noget tyder oven i købet på at metoden er mindre succesfuld". Endvidere påstår han – baseret på egen erfaring – "at praktisk arbejde som det udøves i mange skoler, er dårligt forstået, sammenrodet og uproduktivt". Her skal det erindres som Rie Troelsen gør opmærksom på i sin introduktion til DH's artikel, at den er skrevet for 18 år siden, og at de forhold DH beskriver, ikke nødvendigvis er gældende i dag.

Som Rie Troelsen mener jeg at det giver fin mening at diskutere og videreudvikle det praktiske arbejde, men at der ikke kan sættes spørgsmålstejn ved praktisk arbejde som undervisningsform sådan som DH gør. Det afgørende er som DH også selv fremhæver, at det praktiske arbejde personificeres og giver mening for eleverne samt sættes i en teoretisk ramme. Et inspirerende eksempel på frugtbarheden af samspil mellem teori og praktisk erfaring gives af Scott et al. (2006) der beskriver hvordan en dialogisk diskurs i klasserummet understøttes dels af en autoritær diskurs, dels af forsøg – altså praktisk arbejde. I den dialogiske diskurs stiller læreren åbne spørgsmål til eleverne og indgår i en dialog med dem på deres præmisser ud fra deres input. Dvs. at læreren kan og tør forfølge elevernes udsagn åbent og uden at vide hvor diskussionen ender. På denne måde skabes der mulighed for at nye erkendelser kan konstrueres sammen med eleverne. Men den dialogiske diskurs skal veksle med en mere autoritær diskurs ved at læreren når dette skønnes påkrævet, og uden at underkende elevernes udsagn tilbyder/giver den relevante faglige viden der ligger til grund for den pågældende diskussion. Balancen mellem den dialogiske og autoritære diskurs udgør den teoretiske ramme for de understøttende forsøg der efterfølgende vil kunne danne grundlag for nye diskussioner hvor læreren bruger elevernes erfaringer fra forsøgene som afsæt i dialogen. Forsøgene er helt centrale som den fælles referenceramme undervisningen baseres på.

En stor svaghed ved DH's artikel er at han slet ikke inddrager brugen af de uformelle læringsmiljøer i sin diskussion af det praktiske arbejdes eksistensberettigelse. Dette rådes der bod på via FB's advokeren for besøg i virkelige og autentiske miljøer – i hans artikel eksemplificeret ved besøgstjenesten *Forsker for en dag*. Omvendt kan det anfægtes at FB undervurderer skolens formåen i forhold til at skabe viden om og interesse for naturvidenskab og dermed rekruttering samt almindelse. Ovenstående eksempel af Scott viser at skolen sagtens kan stå alene hvis undervisningsformen understøtter identifikation og meningsdannelse. Dermed ikke sagt at besøg i uformelle læringsmiljøer ikke kan være et fint supplement, men det er ikke bydende nødvendigt. I den forbindelse vil jeg kort diskutere den ramme *Forsker for en dag* udgør, i forhold til andre uformelle læringsmiljøer.

Både DH og FB advokerer for åbne forsøg indebærende hypotesedannelse og flere (i princippet uendelig mange) mulige udfald. Dette er i en klar modsætning til lukkede

forsøg der udføres som kagebogsopskrifter, og som er demotiverende for eleverne samt bidrager til at fastholde stereotype forestillinger om naturvidenskaben som entydig og besiddende en neutral objektivitet. Endvidere fastholder det billedet af den naturvidenskabelige forsker som verdensfjern og kønsløs. Jeg er meget enig i at sådanne lukkede forsøg hvor “det korrekte svar” er målet, ofte opleves som meningsløse og derfor virker demotiverende. Dette gælder ikke kun i klasseværelset eller laboratoriet inden for murene på skolen, men også på science-centre og andre naturfagscentre. Litteraturen inden for dette område viser at åbne opstillinger der giver mulighed for at eksperimentere og stimulerer til refleksion, korrelerer med kognitive udbytter (Quistgaard, 2006). Det vil med andre ord sige at science center-opstillinger der giver mulighed for at opleve/observere, danne hypoteser, eksperimentere/udforske og forklare/bekræfte, oftere vil føre til refleksion over og bearbejdning af det oplevede end lukkede opstillinger der viser et fænomen som en entydig og uproblematisk sandhed.

En vigtig faktor for refleksion og bearbejdning på science-centre er desuden at opstillingerne tilstræber at markere et dilemma – altså noget der opleves som afvigende fra det vante. Det kunne fx være at udstille en muslingskal på toppen af et bjerg som indgang til pladetektonik eller at vise at lyd (snak/hvisken) kan høres på mange meters afstand selv i en støjfyldt hal (via to kæmpeparaboler) som indgang til parableffekten. Men den dilemma-betonede indgang til opstillinger er som antydnet ikke nok til at skabe mening for elever og andre besøgende og dermed refleksion og bearbejdning. Opstillinger skal også stimulere og give mulighed for hypotesedannelse og udforskning.

Science-centrene og lignende miljøer har i modsætning til det meget strukturerede forløb som *Forsker for en dag* udgør, en mere åben struktur, hvor en større del af rammesætningen er overladt til læreren. Dette kunne ses som en svaghed idet en del forskning viser at lærere ofte *ikke* sætter science-center-besøg i en sådan struktureret ramme med forberedelse og efterbearbejdning. Men omvendt giver de ustrukturerede besøg flere frihedsgrader som læreren – og ikke mindst eleverne – har mulighed for at udnytte. Science-center-opstillinger bør kunne stå alene og giver hvis de er designet med refleksion for øje, eleverne mulighed for at eksperimentere på egne præmisser.

Sluttelig vil jeg igen fremhæve praktisk arbejde eller eksperimentet som en vigtig del af elevers erkendelse af naturvidenskabelige fænomener og koncepter; men eksperimenterne skal give mening for eleverne, være åbne (dvs. ideelt set have flere indgange og uendelig mange udgange) og opleves som dilemmaer der stimulerer undren og nysgerrighed. Dette kan både skolerne og de uformelle læringsmiljøer facilitere, men de to kan også meget fint supplere hinanden. På den måde ligger “sandheden” om praktisk arbejde måske et sted midt imellem de holdninger der kommer til udtryk i de to forfatteres artikler.

Referencer

- Quistgaard, N. (2006). *Upper Secondary Students at Science Centers: Do they Engage? – Are they Impacted?* Doctoral Dissertation, Syddansk Universitet, Odense.
- Scott, P.H., Mortimer, E.F. & Aguiar, O.G. (2006). The tension between authoritative and dialogic discourse: A fundamental characteristic of meaning making interactions in high school science lessons. *Science Education*, 90, s. 605-631.



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

Overskuelig håndbog om fagteam i matematik i grundskolen

Anmeldelse:

Arne Mogensen: *Fagteamets arbejde med matematik*. Frederikshavn: Dafolo, 2008, 118 sider, 199 kr.

Af Hans Christian Hansen
Professionshøjskolen København

Danske seminarielærere har ikke forskningsret og publicerer af samme grund ikke overvældende meget. Arne Mogensen er en af undtagelserne der skaffer sig tid, og han har denne gang meget aktuelt skrevet om hvorfor og hvordan man indretter fagteam i matematik i grundskolen. Disse to spørgsmål bliver besvaret i det første par kapitler hvorefter resten af bogen mere er struktureret som studiekredsmateriale til fagteamet i matematik.

Hvert kapitel a 5-10 sider slutes af med en række spørgsmål som fagteamet kan benytte i sin selvudvikling, fokuserende dels på de særlige muligheder i teamet og dels på de problemstillinger der er behandlet i kapitlet, bl.a.:

- De elever vi har
- De rammer vi har
- Planlægning af undervisning



- De organisationsformer vi har fantasi til
- Valg af læremidler
- Kompetencer
- Evalueringsredskaber
- Lærerudvikling

I kapitlet "Valg af læremidler" er der således i afsnittet om bøger tjeklister for en overordnet fagdidaktisk vurdering og for indhold og opbygning, i afsnittet om it er der en del gode danske, norske og engelske internetadresser, og endelig er

der et afsnit om tidsskrifter og konkrete materialer. Efter hvert afsnit foreslås der under overskriften "Til overvejelse" nogle spørgsmål der fx efter it-afsnittet lyder:

Hvordan optimeres de nuværende IKT-forhold på skolen?

Er elevernes og matematiklærernes forudsætninger passende?

Er skolens matematikprogrammer tidsvarende og dækkende?

Skal skolen have en læseplan for IKT i matematik – afpasset til klassetrin?

Mogensen vover også kort at lade lærerteamet beskæftige sig med lidt mere ømtålelige spørgsmål som den udbredte brug af matematiklærere uden linjefag i matematik og den "hensynsbetændelse" der findes på nogle skoler, hvor man lader en matematiklærer fortsætte med at undervise en klasse hinsides det den faglige kompetence kan bære. Han foreslår bl.a. at lade fagteamet fungere som en slags basisgruppe for de lærere der vil søge efteruddannelse ved hjælp af den pulje midler der p.t. er til rådighed.

Med bogens kvadratiske format er tekstmængden på siderne ikke stor. Men den er netop overkommelig i en typisk skole hvor der sjældent er mange timer afsat til et fagteam i matematik. Og da hvert kapitel alligevel får berørt et par centrale spørgsmål og yderligere får stillet løsningsforslag og tjeklister op i punktform, er der stof nok til at motivere teamets arbejde med nogle af de afsluttende spørgsmål i kapitlet.

Enkelte steder kunne man ønske sig nærmere kildehenvisning eller på anden vis en redegørelse for det anvendte vidensgrundlag – om det fx bygger på egne erfaringer i skolen (fx de fire lærertyper på s. 55).

Bogen indgår i en serie af bøger hos Dafolo hvor fagteam er i fokus. Den er hermed anbefalet til matematiklærere der gerne vil forsøge at systematisere arbejdet i deres fagteam og er parate til at sætte en møderække af til det.

Ambitiøst undervisningsmateriale om nanoteknologi fra DTU

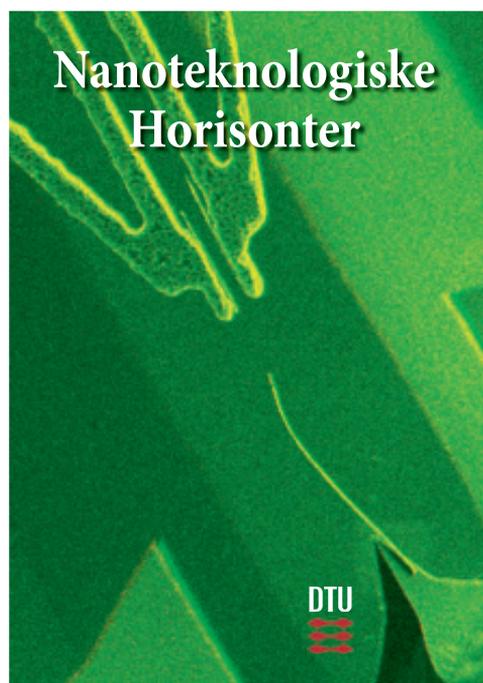
Anmeldelse:

Anne Hansen et al. (red.): *Nanoteknologiske horisonter*. Bogen er udgivet med støtte fra Augustinus Fonden og Brødrene Hartmanns Fond og kan bestilles eller downloades gratis hos DTU på www.nano.dtu.dk/Laerebog.aspx.

Af Per Hedegaard, Fysisk Institut, Københavns Universitet

Moden i videnskab og teknologi skifter næsten lige så ofte som den gør når det drejer sig om tøj og musik. Højeste mode har de seneste knap 10 år været nano. Der er lavet nye uddannelser, der satses mange forskningspenge, og etikere og præster diskuterer eventuelle negative konsekvenser. Før nano var det i 80'erne og 90'erne kaos, i 60'erne og 70'erne var det måske elektronik, og går man endnu længere tilbage, var atomkraft det helt store.

Når det drejer sig om videnskabelige modestrømninger, så betyder et modeskift ikke at alt det gamle smides ud, men det kommer til at indgå i det kæmpelager af viden som er blevet opsamlet i de sidste mange hundrede år. Fremtidens generationer skal nødvendigvis stifte bekendt-



skab med de vigtigste erkendelser som fortiden har frembragt.

Når man som jeg ikke har det store detaillenkendskab til udviklingen i gymnasiet og andre ungdomsuddannelser – bortset fra at mine døtre for nylig har været igennem den mølle – så har man lidt lettere ved at komme med store generalisationer. Her er en:

Modeskiftene slår kun meget langsomt igennem i gymnasiet. Skiftene sker stort set kun ved at der bliver ansat nyuddannede lærere som bringer det nyeste de lærte på universitetet, ind i gymnasiet. Da jeg gik i gymnasiet, var 'atomkraft' et meget hyppigt benyttet emne i fysik og historie, og til min gru kan jeg nu konstatere at også mine døtre stifter bekendtskab med dette "interessante" felt i deres gymnasieundervisning.

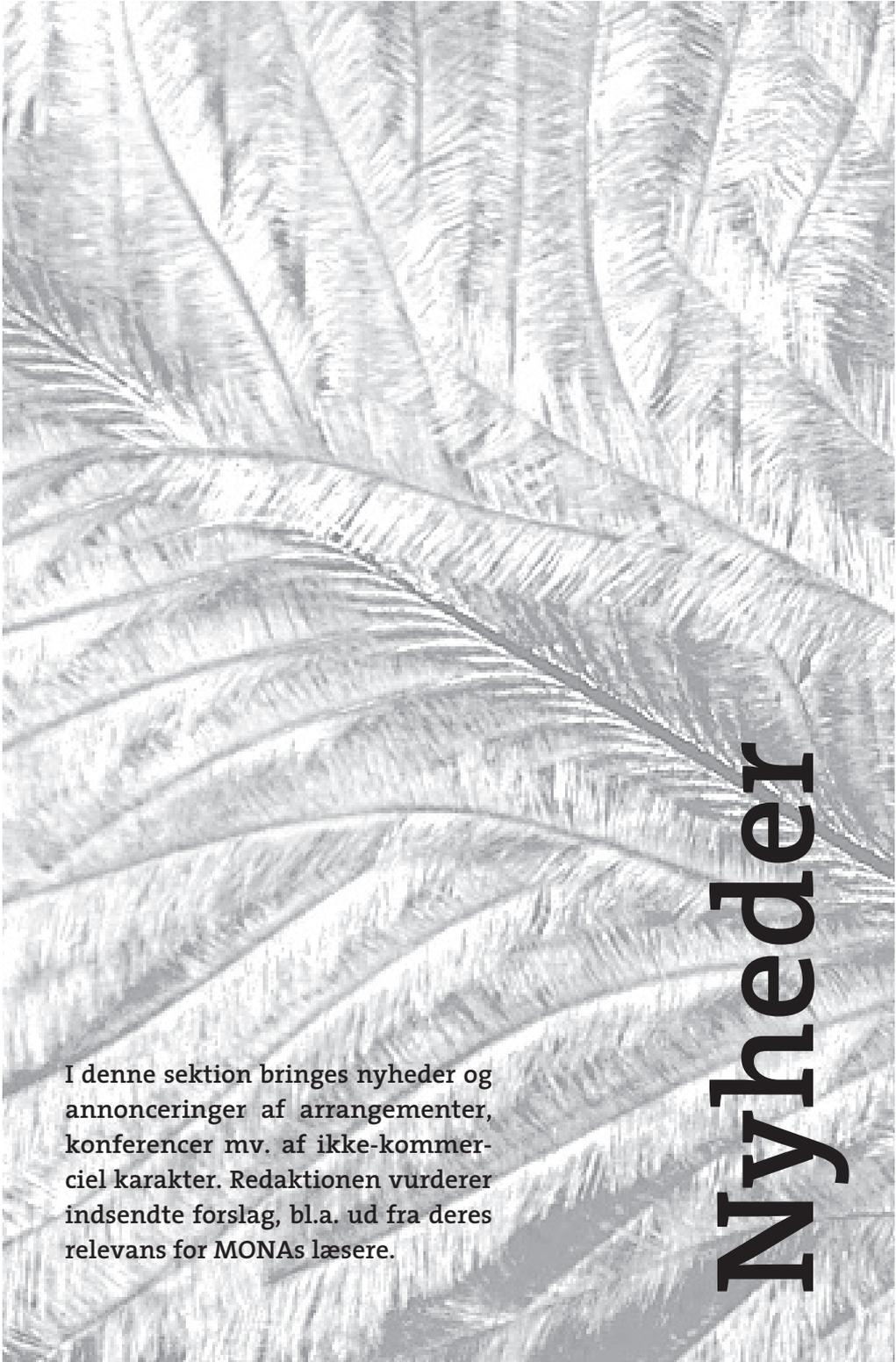
Efteruddannelse af lærere er naturligvis afgørende for at modvirke disse tendenser. Produktion af undervisningsmateriale der forklarer de nye emner og inspirerer til fordybelse og eksperimenteren, er meget vigtig. Sandt at sige sker der meget på dette felt i disse år. Universiteterne vil gerne rekruttere nye studerende og er i øvrigt forpligtet til at formidle den nye viden. Gymnasiet og dets lærere sukker efter nyt materiale og direkte anvendelige forsøg til at løfte undervisningen. Så der bør være basis for en fælles indsats.

DTU har netop udgivet et ambitiøst materiale der skal medvirke til at bringe nanoteknologien ind i gymnasiet. Materialet består i første omgang af en bog der i 13 kapitler, på lækkert papir og med professionelt layout, beskriver forskellige aspekter af nanoteknologi. Det rækker fra katalyse over molekylær elektronik via nanobiologi og nanofotonik til etiske overvejelser om alt det nye. Dette er alt sammen udmærket, men hvis ikke der også findes mere håndfaste og direkte anvendelige øvelseseksempler, så er vær-

dien af bogen begrænset. Dette er man sig meget bevidst på DTU, så bogen er udstyret med en hjemmeside hvor der er links til en stor mængde ekstramateriale. Hvert kapitel har et katalog af links til konkrete øvelser, foredrag, videofilm, animationer og hvad initiativrige folk verden over har produceret om nanoteknologi.

I formidlingen af tekniske sager er det et velkendt problem at den entusiastiske forfatter bliver alt for indforstået og glemmer at begreber som vedkommende har manuduceret i de sidste 20 år, endnu ikke er trængt igennem hos den opvoksende ungdom. Det er mit indtryk at forfatterne til denne bog er opmærksomme på problemet og undgår indforstået snak. For en sikkerheds skyld er der bag i bogen en ordliste med tekniske begreber.

Alt i alt er det ikke så ringe endda, og jeg kan absolut anbefale at lærere og andre interesserede benytter bogen til at få indblik i nanoteknologien. Man kan fx starte på hjemmesiden og downloade de enkelte kapitler inden man bestiller et classesæt til skolen.



I denne sektion bringes nyheder og annonceringer af arrangementer, konferencer mv. af ikke-kommerciel karakter. Redaktionen vurderer indsendte forslag, bl.a. ud fra deres relevans for MONAs læsere.

Nyheder

Klimaet er på dagsordenen

På tærsklen til 2009 tager slutspurten fart frem mod klimakonferencen i København (COP15). Landet over findes der arrangementer og undervisningstilbud med temaet klima som fællesnævner.

Da det kan være svært at danne sig et overblik over omfanget af nyt og eksisterende undervisningsmateriale, efteruddannelsestilbud, seminarer, konferencer og begivenheder, har undervisningsministeriet har skabt et knudepunkt for klimaundervisningen op til klimakonferencen. Dansk Naturvidenskabsformidling løser denne opgave for Undervisningsministeriet og har etableret hjemmesiden www.klimaundervisning.dk, hvor man kan søge i en database over eksisterende læremidler om klima ud fra forskellige søgekriterier.

Hjemmesiden indeholder desuden en kalender over arrangementer og efteruddannelsestilbud til undervisere relateret til klima. Endelig udsendes et nyhedsbrev til lærere og udbydere af læremidler op til klimakonferencen i København 2009.

Climate Minds 09

Climate Minds er Experimentariet i Hellerups debatskabende undervisningstilbud om klima og energi målrettet de gymnasiale ungdomsuddannelser. Konceptet sætter rammerne for en konstruktiv klimadebat mellem eleverne på den ene side og eksperter og politikere på den anden. Climate Minds er et tværfagligt undervisningsforløb som stiller en masse

ressurser til rådighed for dig og klassen. Det er gratis at deltage.

I januar 2009 åbner Experimentarium et webbaseret og tværfagligt *ressurserum* om klima og energi. Resurserummet, som er tilgængeligt for alle, vil indeholde et bredt udsnit af fakta samt materialer til eksperimenter, forsøg og cases. Rummet er gratis at benytte og vil løbende blive opdateret. Der kræves ingen forhåndstilmelding.

Science con Sensus er et selvstændigt, tværfagligt undervisningsforløb som understøttes af resurserummet. Science con Sensus sætter rammer for diskussion og debat mellem gymnasieelever og eksperter om aktuelle klima-problemstillinger. Forløbet kræver forhåndstilmelding.

Læs mere på www.climateminds.dk.

Gymnasielærerdag 30. januar 2009 på Københavns Universitet

Som tidligere annonceret i MONA inviterer Det Naturvidenskabelige, Det Farmaceutiske og Det Biovidenskabelige Fakultet på Københavns Universitet lærere på gymnasier, htx og hf til en faglig inspirationsdag fredag den 30. januar 2009 med temaet *Liv*.

Gymnasielærerdagen giver rig lejlighed til at høre og opleve nyt om natur-, sundheds- og biovidenskabelig forskning belyst fra forskellige vinkler. Om formiddagen er der foredrag med førende forskere og om eftermiddagen har deltagerne mulighed for gennem workshops på de enkelte institutter at komme tættere på såvel fag som forskere.

Den officielle tilmeldingsfrist udløb 1. oktober 2008, men der vil frem til den første uge i januar 2009 være mulighed for at orientere sig om eventuelle restpladser på www.science.ku.dk/inspirationsdag.

Gymnasielærerdage på Aarhus Universitet

Det Naturvidenskabelige Fakultetets institutter inviterer til gymnasielærerdage med blandt andet faglige foredrag om nyt fra forskningen, idéer til emner som kan benyttes i undervisningen og præsentation af instituttets eksisterende formidling til gymnasier. Det er gratis at deltage. Hver gymnasielærerdag har sin egen hjemmeside hvor program og oplysninger om tilmelding mv. løbende lægges ud:

- Astronomidag – (dato følger senere) på Institut for Fysik og Astronomi, www.phys.au.dk/astronomidag
- Fysiklærerdag – (dato følger senere) på Institut for Fysik og Astronomi, www.phys.au.dk/fysiklaererdag
- Idrætslærerdag – tirsdag den 24. marts 2009 på Institut for Idræt, www.idraet.au.dk/idraetslaererdag
- Kemilærerdag – fredag den 27. marts 2009 på Kemisk Institut, www.chem.au.dk/kemilaererdag
- Matematiklærerdag – fredag den 27. marts 2009 på Institut for Matematiske Fag, www.imf.au.dk/matematiklaererdag
- Gymnasielærerdag med fokus på teknologi – marts 2009 (dato følger senere) på Ingeniørhøjskolen i Århus.

Nordisk konference om fagdidaktik (NOFA 2)

Under temaet *Fagdidaktik i bevægelse, Forskning – Praksis – Politik* indbyder de fagdidaktiske forskningsmiljøer ved Syddansk Universitet og University College Lillebælt til **Den anden Nordiske Fagdidaktikkonference (NOFA 2)** den 13.-15. maj 2009 i Middelfart.

Konferencen henvender sig til alle fagdidaktiske forskere og vil blive afholdt hvert andet år i et nordisk land. Frist for indsendelse af abstracts er 15. december 2008.

Tilmeldingsfrist 15. februar 2009 early bird, 15. marts til fuld pris.

Læs mere på konferencensite www.sdu.dk/nofa.

Konference: Kvalitet i undervisning og uddannelse

En konference med temaet *Kvalitet i undervisning og uddannelse* afholdes i DUN¹-regi **den 28.-29. maj 2009** på Trinity Hotel & Conferencecenter ved Fredericia i samarbejde med Center for Universitetspædagogik, SDU.

Der er endnu ikke ved redaktionens slutning oprettet et konferencensite, men det er muligt at holde sig ajour med DUNs arrangementer ved at melde sig ind i netværket. På www.dun-net.dk kan du under "Medlemsinstitutioner" se, om din institution er medlem. I givet fald koster det ikke noget at tilmelde sig nyhedsbrevet

1 Dansk Universitetspædagogisk Netværk (DUN) er en græsrodsbevægelse der har til formål at udvikle universitetsuddannelsernes og universitetsundervisningens kvalitet.

(det gøres ved at udfylde “Bliv medlem af DUN”).

NAFADISE-foredragsrækken – åben for alle

NAFADISE står for Naturfagsdidaktisk Seminar og er betegnelsen for en seminar-række om naturfagsdidaktiske emner, der afholdes på Institut for Naturfagernes Didaktik på Københavns Universitet. Seminarerne afvikles om eftermiddagen kl. 14.15 og er åbne for alle interesserede.

Der har i 2008 været holdt 17 velbesøgte arrangementer med danske og udenlandske foredragsholdere. Ved redaktionens afslutning er planlægningen af forårets NAFADISE-arrangementer i fuld gang. Kommende arrangementer annonceres på www.ind.ku.dk.

Evaluering af matematik B på hhx og stx

Danmarks Evalueringsinstitut (EVA) har undersøgt faget matematik på B-niveau på hhx og stx med udgangspunkt i bekendtgørelser, læreplaner og vejledninger som er fulgt med gymnasireformen i 2005. Fagevalueringen er en af fire parallelle evalueringer der alle tager udgangspunkt i fagenes læreplaner og især har fokus på lærernes erfaringer med nyskabelser i planerne. Lærere har deltaget i evalueringerne via landsdækkende spørgeskemaundersøgelser og fokusgruppeinterview.

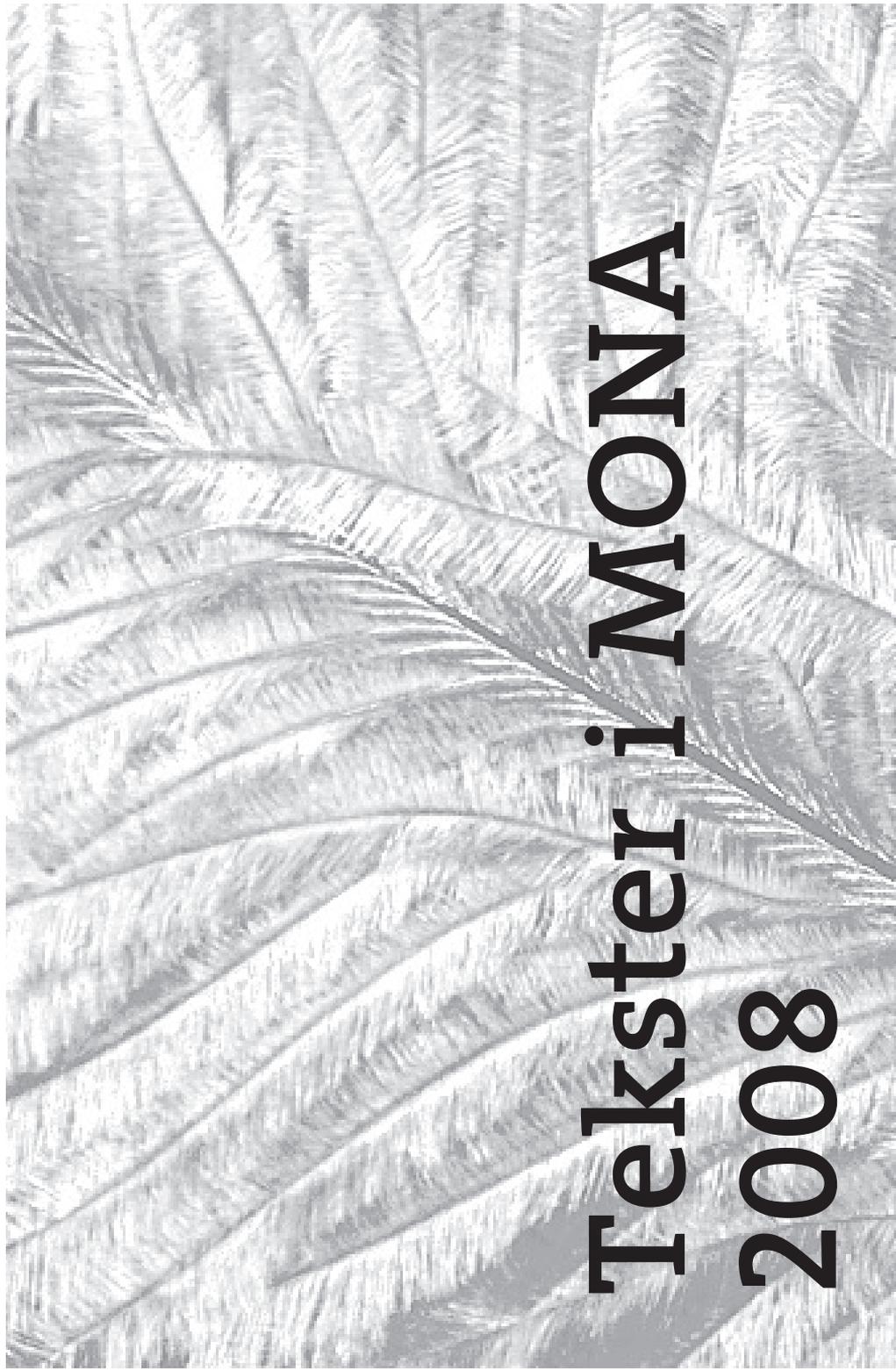
Læs mere om fagevalueringen her: www.eva.dk/Projekter_2007/Fagevalueringer_i_gymnasiet.aspx

Naturvidenskab for alle – DASG

Danske Science Gymnasier (DASG) har afsluttet et toårigt udviklingsprojekt, “Naturvidenskab for alle – naturvidenskabeligt grundforløb”, hvor 49 lærere fra 15 DASG-gymnasier har medvirket. Det bærende element har været lærernes forpligtende samarbejde på tværs af skoler om udvikling af undervisningsforløb og –materialer til naturvidenskabeligt grundforløb (NV). Der er blevet arbejdet inden for en række delemler som fx “Brintsamfundet”, “Sundhedsteknologi” mm. Mange af de udviklede materialer kan findes på DASGs hjemmeside www.dasg.dk.

“Naturvidenskab for alle” er blevet evalueret af Institut for Naturfagernes Didaktik, KU, og rapporten fra slutevalueringen kan ses på www.ind.ku.dk/udvikling/projekter/dasg2008/.

En pointe fra rapporten er at projektets koncept, hvor kurser og mulighed for indkøb af eksperimentelt udstyr indgår i nær tilknytning til lærernes konkrete udviklingsarbejde, med fordel kan tilpasses og anvendes i andre sammenhænge. Projektet har haft stor betydning for implementeringen af NV på de medvirkende skoler. Der er fortsat behov for projekter om NV, og det anbefales at man fremover lægger større vægt på de fagdidaktiske aspekter, fx gennem diskussion af erfaringer med indhold, mål og muligheder i undervisningen.



Tekster i MONA 2008

MONA-2008-1**Artikler**

Klimaforskelle – gør evalueringsmetoden en forskel?

Ellen Berg Jensen

Den matematikhistoriske dimension i undervisning – gymnasialt set

Uffe Thomas Jankvist

Kan opgaveark bygge bro mellem museum og skole?

Marianne Foss Mortensen

Naturvidenskab som stofområde og som metode

John Dewey (oversat af Jan Teuber)

Kommentarer

Sprog er afgørende for matematikforståelse

Michael Wahl Andersen

Når læreren er turist

Ophelia Achton

Lommeregneren – elevens ven eller lærerens?

Mette Andresen

Litteratur

ERGO: Naturvidenskabens betydning

Anmeldelse: ERGO – naturvidenskabens filosofiske historie.

Frederik Voetmann Christiansen

MONA-2008-2**Artikler**

Naturfag for de yngste – et aktionsforskningsprojekt i Nordjylland

Lars Domino Østergaard

Projektarbejde på htx – erfaringer og udfordringer i projektvejledningen

Lars Ulriksen & Henriette T. Holmegaard

Efteruddannelse af naturfagslærere med inddragelse af uformelle læringsmiljøer

Lene Beck Mikkelsen & Troels Tunebjerg

Kommentarer

Udvikling eller afvikling?

Jens Bjørneboe & Kaare Svendsgaard

Når en VAP-test ikke gør en forskel!

Henning Lehmann

Klimaundervisning – et abstrakt emne

Henrik Nørregaard

Vi mangler gode matematikhistoriske materialer

Marianne Kesselhahn

Matematikhistorie som mål eller middel?

Henrik Kragh Sørensen

Fra North Carolina til Silkeborg!

Allan L. Winther

Tid til begejstring – for naturfagene

Bertel Haarder

Naturvidenskaben ser fremad og skeler bagud – det skal undervisningen også gøre

Claus Hviid Christensen

Naturvidenskab som uddannelse og formidling

Kristian Hvidtfelt Nielsen

GL undrer sig over NTS-anbefalinger

Gorm Leschly

National strategi haves – handling efterlyses

Anders Bondo Christensen

International mobilitet med den nye danske karakterskala?

Bettina Dahl Søndergaard

Litteratur

Fagdidaktik mellem praksis og forskning

Bent Lindhardt

MONA-2008-3

Et kritisk blik på praktisk arbejde i naturfagene

Derek Hodson (med introduktion af Rie Troelsen)

Ved forskerens albue. Forskningsbaseret, ekstramural læring

– et vigtigt supplement i gymnasiets naturvidenskabelige fag

Finn Bendixen

Naturfaglæreres vidensgrundlag og kompetencer

– med udgangspunkt i PCK

Lars Brian Krogh & Hanne Møller Andersen

Aktuel analyse

Fødekæder i læreruddannelserne

Kjeld Bagger Laursen

Kommentarer

Efteruddannelsesprojektet fra Vordingborg – en vigtig inspirationskilde

Steffen Elmose

Er det så ligetil?

Niels Ejbye-Ernst

Teknologifaget – succes og udfordringer

Kresten Cæsar Torp

Litteratur

Forelsket i det åbne land

Lene Møller Madsen og Ellen Berg Jensen

Linearitetsfælden

Kjeld Bagger Laursen

God introduktionsbog til natur/tekniklærere

Trine Hyllested

MONA-2008-4

Artikler

Variabelsammenhænge i gymnasiets matematikundervisning

Niels Nørskov Laursen

Formål med eksperimentelt arbejde i fysikundervisningen

Lærke Bang Jacobsen

Introduktion til Paul Cobbs matematikdidaktiske arbejde

Jeppe Skott

Aktuel analyse

Den naturfaglige evalueringskultur i folkeskolen

Jens Dolin & Lars Brian Krogh

Kommentarer

Fødekæden i gymnasielæreruddannelsen – et fælles ansvar for universiteterne og gymnasierne

Claus Michelsen

Læreruddannelse, naturfag og PCK

Birgitte Lund Nielsen

Praktisk arbejde – et vigtigt element i erkendelsesprocessen

Nana Quistgaard

Litteratur

Overskuelig håndbog om fagteam i matematik i grundskolen

Hans Christian Hansen

Ambitiøst undervisningsmateriale om nanoteknologi fra DTU

Per Hedegaard

