

# MONIA

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

DTU



A A R H U S   U N I V E R S I T E T



AALBORG UNIVERSITET



SYDDANSK UNIVERSITET



DET BIOVIDENSKABELIGE FAKULTET  
FOR FODEVARER, VETERINÆRMEDICIN OG NATURRESSOURCER  
KØBENHAVNS UNIVERSITET

DET FARMACEUTISKE FAKULTET  
KØBENHAVNS UNIVERSITET



DET NATURVIDENSKABELIGE FAKULTET  
KØBENHAVNS UNIVERSITET

2009-1

# 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](http://www.science.ku.dk/mona).

### Manuskripter

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

### Abonnement

Abonnement kan tegnes via [www.science.ku.dk/mona](http://www.science.ku.dk/mona).

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

### Produktionsplan

MONA 2009-2 udkommer juni 2009

Deadline for indsendelse af artikler hertil: 18. februar 2009

Deadline for kommentarer i litteraturanmeldelser og nyheder hertil: 6. april 2009

MONA 2009-3 udkommer september 2009

Deadline for indsendelse af artikler hertil: 6. maj 2009

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

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

Tryk: Narayana Press

ISSN: 1604-8628

© MONA 2009. Citat kun med tydelig kildeangivelse.

# Indhold

- 4 Fra redaktionen
- 6 Artikler**
- 7 “Ude i verden har man heller ikke en brugsanvisning”  
– erfaringer fra et eksperimentelt laboratorieførløb i fysik i gymnasiet  
*Lene Møller Madsen, Christine Holm & Lasse Seidelin Bendtsen*
- 31 Et mysterium om tal  
– og japanske lektionsstudier  
*Carl Winsløw*
- 44 Kropslige øvelser i fysikundervisning  
*Jesper Bruun*
- 56 Kulturelle grænser – oplevet af de fleste elever, men usynlige for mange  
naturfagslærere  
*Glen S. Aikenhead*
- 78 Aktuel analyse**
- 79 På vej mod nye mål i folkeskolens naturfagsundervisning  
*Peter Norrild*
- 91 Litteratur**
- 92 Ypsilon er alfa og omega  
*Mikael Skånstrøm & Per Nygaard Thomsen*
- 97 Nyheder**

# Fra redaktionen

Årets første MONA er denne gang et dobbeltnummer. Ud over det ordinære MONA med artikler, analyse, anmeldelser og nyheder udgiver vi i tilgift et sænummer med en artikelsamling om udviklingsarbejder i læreruddannelsen udført i regi af Center for Anvendt Naturfagsdidaktik (CAND) i årene 2006-2008. CAND er et landsdækkende videnscenter for naturfagsundervisning.

Artiklerne i sænummeret er skrevet af hhv. seminarie- og folkeskolelærere der arbejder med udviklingen af lærerstuderendes undervisningskompetence i naturfagene. Samlingen indeholder en blanding af rapporter fra udviklingsarbejder samt artikler der mere overordnet diskuterer didaktiske og uddannelsespolitiske problemfelter i tilknytning til at uddanne naturfagslærere. Sænummeret er redigeret af Birgitte Lund Nielsen og Birgitte Schou Pontoppidan (begge fra VIAUC Læreruddannelsen i Århus) med bistand fra *MONA*-redaktionen<sup>1</sup>. Vi er på *MONA*-redaktionen glade for at kunne bidrage til udbredelsen af de erfaringer der er gjort i udviklingsprojekterne.

Gamle *MONA*-abonnenter vil opdage at tidsskriftet fra og med dette nummer har fået en lille layoutmæssig ansigtsløftning med farveillustrationer, portrætfotos og i det hele taget mere kulør på siderne. Ud over det ændrede layout tilstræber vi i endnu højere grad at bringe illustrationer som understøtter artiklernes indhold. Vi håber at læserne tager godt imod dette tiltag, og at fremtidige bidragydere også vil være opmærksomme på at tænke illustrationer ind i artiklerne.

Vi har på redaktionen modtaget flere spørgsmål om kriterierne for fagfællebedømmelse af artikler. Det er et område der p.t. er under omlægning, og vi kan derfor kun beskrive de nugældende kriterier (februar 2009). Som reglerne er lige nu, skal forfatteren for at opfylde kravet om fagfællebedømmelse<sup>2</sup> indlevere både et dansk og et engelsk abstract, og mindst en af reviewerne skal være forskningskyndig, dvs. have minimum en ph.d.-grad, mens den anden reviewer kan være en praktisk udøver der arbejder med problemfeltet i hverdagen. Der foregår p.t. et arbejde med at udvikle en bibliometrisk forskningsindikator der skal identificere og måle dansk forskningspublicering på tværs af institutioner og fag, og *MONA* indgår her som publiceringskanal for pædagogik/didaktik/fagdidaktik-området.

## Indhold

Martsnummeret indeholder fire artikler, en aktuel analyse og en boganmeldelse.

1 Artiklerne i sænummeret har ikke gennemgået eksternt peer review som alm. *MONA*-artikler.

2 Jf. [www.fi.dk/forskning/den-bibliometriske-forskningsindikator](http://www.fi.dk/forskning/den-bibliometriske-forskningsindikator).

Temaet “eksperimentelt arbejde”, som blev behandlet i flere artikler i *MONA*, 2008(3) og 2008(4), tages også op i dette nye *MONA*. I den første artikel beretter Lene Møller Madsen, Christine Holm og Lasse Seidelin Bendtsen om et eksperimentelt laboratorieforløb i fysik gennemført i samarbejde med Rysensteen Gymnasium. Det er elevernes anvendelse – og lærernes didaktiske overvejelser omkring anvendelsen – af det eksperimentelle udstyr der er omdrejningspunktet for artiklen.

Herefter vender vi blikket mod en helt anden kultur, nemlig Japan, hvor Carl Winsløw med udgangspunkt i konkrete eksempler giver et lille indblik i japansk matematik-undervisningskultur. Eksemplerne udfoldes med henblik på at afdække mere principielle forhold om undervisningens tilrettelæggelse. I forhold til japansk matematikundervisning drejer det sig dels om hvordan matematiktimen opbygges (lektionsstruktur), dels om hvordan den planlægges (ofte i lærerteam).

Således inspireret af østerlandske tænkemåder vender vi tilbage til de hjemlige længde- og breddegrader for at fordybe os i alternative måder at lære fysik på. I den tredje artikel beskriver Jesper Bruun hvordan kropslige øvelser i fysikundervisningen kan give elever og studerende en anden måde at repræsentere og bearbejde viden på end dem fysikundervisningen traditionelt tilbyder.

I den sidste hovedartikel har vi udvidet vores brug af klassikerartikler til også at kunne indeholde nye artikler. Der er tale om en tekst skrevet som grundlag for en forelæsning holdt af Glen S. Aikenhead, nu prof. emeritus ved University of Saskatchewan i Canada, i forbindelse med en konference afholdt af Center for Anvendt Naturfagsdidaktik (CAND) den 10. november 2008. Aikenhead har i årtier været en central figur i naturfagsdidaktikken og i udviklingen af en almindennende naturfagsundervisning. I artiklen plæderer han for at naturfagslærere bør erkende og sætte sig ind i de subkulturer som eleverne repræsenterer, for derved bedre at nå ind til dem i formidlingen af naturvidenskabeligt stof gennem et kulturelt perspektiv.

I august 2009 træder nye mål (*Fælles Mål II*) i kraft for naturfagene og en lang række andre fag i folkeskolen. På naturfagsområdet har udgangspunktet for revisionen af Fælles Mål været anbefalinger fra to ekspertudvalg nedsat af den tidligere og nuværende undervisningsminister. Peter Norrild beskriver i *Aktuel analyse* de politiske rammer for revisionen af *Fælles Mål*, udgangspunktet for de naturfaglige arbejdsgrupper og de væsentligste elementer i de reviderede sæt af kundskabs- og færdighedsmål.

Endelig bringer vi en anmeldelse af hele fire matematikbøger på én gang, nemlig Mikael Skånstrøms og Per Nygaard Thomsens anmeldelse af værket *Delta, Epsilon, Omega* og *Ypsilon* af John Schou, Jeppe Skott, Kristine Jess og Hans Christian Hansen.

Herefter følger som altid nyhedssektionen med aktuelle udgivelser og begivenheder i naturfagsdidaktikkens univers.

Skulle noget af indholdet ansprende til reaktion, vil vi gerne opfordre læserne til at indsende artikler eller kommentarer til redaktionen på [mona@ind.ku.dk](mailto:mona@ind.ku.dk).

# Artikler

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

# “Ude i verden har man heller ikke en brugsanvisning” – erfaringer fra et eksperimentelt laboratorieforløb i fysik i gymnasiet



Lene Møller  
Madsen,  
Institut for  
Naturfagernes  
Didaktik



Christine Holm,  
Institut for  
Naturfagernes  
Didaktik



Lasse Seidelin  
Bendtsen,  
Rysensteen  
Gymnasium

**Abstract** I foråret 2008 gennemførte 2.x på Rysensteen Gymnasium et ugelangt eksperimentelt laboratorieforløb om mekanik. Som medlem af Danske Science Gymnasier – DASG – og deltager i DASG-projektet “Dataopsamling og Databehandling” har det været muligt for de deltagende lærere på Rysensteen at indkøbe forskelligt dataopsamlings- og databehandlingsudstyr til undervisningen i fysik. Det er elevernes anvendelse – og lærernes didaktiske overvejelser omkring anvendelsen – af dette udstyr der er omdrejningspunktet for denne artikel. Baseret på observationer, interviews og samtaler redegør artiklen for de undervisningsmæssige overvejelser før, under og efter det gennemførte undervisningsforløb. Samtidig gives der indsigt i hvordan eleverne anvender udstyret, og hvilke didaktiske udfordringer lærerne står over for i et eksperimentelt fysikforløb der skal øge elevernes naturfaglige kompetencer.

## Introduktion

I sidste nummer af MONA (2008(3)) er der en oversættelse af Derek Hodsons artikel fra 1990 om praktisk arbejde i naturfagene. Artiklen ledsages af en opfordring til at diskutere og videreudvikle det praktiske arbejde i en dansk sammenhæng. Nærværende artikel kan ses som et bidrag til denne diskussion og videreudvikling.

Rysensteen Gymnasium er et af p.t. 36 DASG-gymnasier (Danske Science Gymnasier). Disse gymnasier har via adgang for lærerne til at deltage i udviklingsprojekter særlige muligheder for at eksperimentere og udvikle undervisningen i de naturfaglige

fag. Lærere på Rysensteen Gymnasium er med i flere af DASG-udviklingsprojekterne, blandt andet projektet "Dataopsamling og Databehandling". Dette projekt har 20 deltagende gymnasier med i alt ca. 65 lærere (2007-tal). Idéen bag udviklingsprojektet er at undersøge de mange undervisningsmuligheder som adgang til fleksibel dataopsamling muliggør. Gennem projektet kan skolerne således få finansieret indkøb af udstyr, og de forpligter sig samtidig til at udvikle undervisningsmateriale og deltage i erfaringsudveksling med de øvrige deltagende skoler (Madsen et al., 2007, for information omkring science-gymnasierne se: [www.emu.dk/gym/tvaers/sciencegym/](http://www.emu.dk/gym/tvaers/sciencegym/)).

I efteråret 2007 blev det besluttet at igangsætte et følgeprojekt hvor Institut for Naturfagernes Didaktik gik i dialog med deltagende lærere om deres planlægning og gennemførelse af undervisningsforløb hvor det i udviklingsprojektet indkøbte udstyr blev anvendt. Det blev valgt at følge et fysikforløb på Rysensteen Gymnasium. Målet med følgeprojektet er at undersøge hvordan dataopsamling og databehandling med brug af LoggerPro og lignende udstyr integreres i elevernes eksperimentelle arbejde, og at undersøge mulighederne for og vanskelighederne ved at fleksibel dataopsamling kan understøtte en undersøgende og eksperimenterende undervisningsform. Denne artikel er et resultat af dette følgeprojekt. Artiklen er skrevet i samarbejde med gymnasielærer Lasse Seidelin Bendtsen der har tilrettelagt og gennemført forløbet i sin fysikklasse. Han har bidraget med den naturvidenskabelige trekant og diskussionen heraf (se figur 2), beskrivelse af formålet med forløbet samt værdifulde diskussioner af teksten i øvrigt. Derimod er analysen udarbejdet på baggrund af observationer og interviews alene udvalgt og analyseret af forskere fra Institut for Naturfagernes Didaktik.

## Metode

Empirisk undersøger projektet et mekanik-forløb i fysik i en 2. g-klasse på Rysensteen Gymnasium. Forløbet dokumenteres og diskuteres. Der er 27 elever i klassen der har fysik på B-niveau (hvoraf nogle fortsætter med fysik i 3. g). Forløbet blev gennemført i løbet af april måned 2008 hvor der var afsat 6 moduler (a 1½ time) til det eksperimentelle fysikforløb.

Det er artiklens overordnede mål at vise elevernes læreprocesser og herunder hvordan de anvender de fysiske begreber, hvordan vejledningen udfolder sig og på forskellig vis bidrager til læreprocessen, samt elevernes egne refleksioner over fysikken i forløbet og deres forståelse af læreprocessen. Artiklen bygger på følgende datagrundlag: en indledende samtale med læreren om forløbets indhold og målbeskrivelse, en afsluttende samtale med læreren efter karaktergivning af de afleverede rapporter om hans oplevelse af forløbet og refleksioner over elevernes arbejde, observationer af spørgsmål der stilles til underviseren af eleverne under forløbet, observationer af



en udvalgt gruppe og deres aktiviteter og samtaler gennem hele forløbet, interview med den udvalgte gruppe efter at de har afleveret rapporten, om deres oplevelse af forløbet, observation af alle gruppers supervisionsmøde med læreren midt i forløbet, adgang til afleverede rapporter og karaktergivningen.

I artiklen er det valgt at redegøre i dybden for en enkelt gruppes arbejde og refleksioner gennem det eksperimentelle fysikforløb og at anvende det øvrige datamateriale til at underbygge og udvide forståelsen af elevernes læreprocesser. Den udvalgte gruppe består af to piger og to drenge og blev af underviseren inden forløbet beskrevet som en god gruppe "lidt over middel". Gruppens medlemmer er anonymiseret med bogstaverne N, D, F og P mens læreren angives med L og hjælpelæreren med HL.

## Et eksperimentelt fysikforløb i 2.x

I det følgende følger vi gruppens arbejde med det fysikfaglige gennem det eksperimentelle forløb. Vi har valgt en kronologisk fremstilling med nedslag og uddrag af samtaler mellem eleverne og mellem elever og lærer. Indledningsvis gøres der rede for lærerens didaktiske overvejelser over forløbet og dets organisering.

### *Didaktiske overvejelser over forløbet – lærerens planlægning*

Der skal tilrettelægges mindst ét længerevarende forløb, hvor eleverne i mindre grupper arbejder med en selvvalgt, eksperimentel problemstilling (Læreplanen for Fysik B, afsnit 3.2).

Formålet med forløbet beskrives af læreren som:

At give eleverne erfaring med at lave og arbejde med en selvstændig problemformulering i eksperimentel sammenhæng. De vil få erfaring med at udtænke forsøg og lave den efterfølgende analyse af de indsamlede data. Da forsøgene omhandler forskellige dele af emnet mekanik vil de komme til at anvende og tilegne sig mere viden inden for dette emne. Da datafangststyret øjeblikkeligt giver resultatet i form af en graf vil meget af dataanalysen foregå ved at analysere grafer, og projektet kan derfor også ses som en træning inden for repræsentationskompetencen.

Her skal det nævnes at netop anvendelsen af LoggerPro giver eleverne mulighed for skift mellem forskellige repræsentationsformer da de umiddelbart kan aflæse deres eksperimentelle forsøg grafisk, eksempelvis et hop som en hastighed/tid-graf på computeren. At skifte mellem repræsentationsformer styrker læringspotentiallet.

I relation til læreplanen for fysik dækker forløbet over følgende tre faglige mål hvor eleverne skal:

- ud fra en given problemstilling kunne tilrettelægge, beskrive og udføre fysiske eksperimenter med givet udstyr og præsentere resultaterne hensigtsmæssigt.
- ud fra grundlæggende begreber og modeller kunne foretage beregninger af fysiske størrelser
- kunne behandle eksperimentelle data med henblik på at diskutere matematiske sammenhænge mellem fysiske størrelser.

Samtidig dækker forløbet det kernefaglige stof i mekanik og for den gruppe vi følger, mere specifikt: kraftbegrebet, herunder tyngdekraft og tryk. Eleverne har tidligere lært om Newtons love og bevægelsesligningerne, regnet på forskellige eksempler og lavet nogle små forsøg inden for emnet. De havde derimod fx ikke lært om luftmodstand eller begrebet arbejde.

Forløbet er opbygget med en indledende time (ligger i forbindelse med anden fysikundervisningsgang) hvor 9 forskellige emneområder som de kan vælge imellem, diskuteres. De 9 emner er tænkt af læreren som et idékatalog, og ved et af emnerne er der frit valg inden for emnet mekanik. Der er således ingen krav om hvad der skal undersøges inden for de enkelte emner. Her er det helt centralt at underviseren fortæller så lidt om emnerne som muligt. Eksempelvis nævnes det for emnet bungeejump og faldskærmsudspring at man her kan arbejde med begrebet luftmodstand, samt hvilke forsøg man kan arbejde med, dog uden at de konkretiseres. Eleverne får til opgave i starten af det eksperimentelle forløb at danne grupper og vælge emne (der blev valgt 5 af de 9 emner). I det første modul i det eksperimentelle forløb (se figur 1) formaliseres grupperne, og eleverne planlægger deres eksperimentelle forsøg. Der dannes i alt 7 grupper med 3-4 elever i hver, og følgende emner vælges: Newtons tre love i praksis, bungeejump og faldskærmsudspring, vægtløshed og hvordan man vejer sig på en rumstation, energiomdannelse samt opdrift og tryk – balloner og dykkere. Den gruppe vi har valgt at følge, vælger at arbejde med bungeejump og faldskærmsudspring.

For at udvikle elevernes eksperimentelle kompetencer er det nødvendigt at give dem en forståelse for naturvidenskabelig metode og gøre dem i stand til at sætte ord på hvad de overordnet gør når de laver forsøg. For at de kan have nytte af en vidensteoretisk viden, er det vigtigt at indføringen gøres simpelt og konkret. Til brug i undervisningen har læreren derfor udviklet en figur over hvad der her benævnes "Den naturvidenskabelige trekant". Idéen er at give eleverne en forståelsesramme for deres arbejde ved grafisk at illustrere den hypotetisk-deduktive metode og den induktive metode som er centrale aspekter af naturvidenskaben (se figur 2).

Plan over moduler		
1.	9/4	Grupper vælges, og første udkast til en problemformulering laves. Udstyr afprøves, og forsøg planlægges.
2.	14/4	1. forsøgsmodul
3.	14/4	2. forsøgsmodul
4.	15/4	Supervisionsmøde og mulighed for at skrive på rapporten
5.	16/4	3. forsøgsmodul
6.	17/4	Modul til databehandling og til at skrive
-	28/4	Aflevering af grupperapport og forsøgsvejledning (elevtid på 6 timer pr. elev)
7.	?	Klassen laver forsøg ud fra de forsøgsvejledninger der er lavet (blev ikke gennemført grundet tidsmangel).

Figur 1. Plan over undervisningsmoduler.

Selv om den naturvidenskabelige trekant ikke giver en udtømmende fremstilling af naturvidenskabelig metode, kan modellen med fordel anvendes igennem hele gymnasieforløbet. Eleverne kan fx allerede i NV eller på C-niveau blive sat til at teste teorier ved brug af den naturvidenskabelige trekant, eller de kan lave små induktive forsøg hvor resultatet ikke er kendt på forhånd. Anvendelsen af trekanten kan være med til at give eleverne en bevidsthed om hvilke metoder de bruger når de arbejder videnskabeligt. Dette kan støtte dem når de selv skal planlægge og udføre eksperimentelt arbejde ud fra mere åbne problemstillinger. Derudover kan den naturvidenskabelige trekant også støtte eleverne når de i AT skal diskutere brugen af naturvidenskabelige metoder.

Det er centralt at nævne at den eksperimentelle undervisning i 2.x før dette eksperimentelle forløb har haft en progression hen imod mere og mere åbne problemstillinger, og samtidig at eleverne har anvendt LoggerPro til dataopsamling og behandling i tidligere fysikøvelser. Læreren har gennem hele undervisningsforløbet i fysik anvendt den naturvidenskabelige trekant som model for naturvidenskabelig metode som vist i figur 2. Idéen med at anvende modellen er at eleverne kan relatere deres faktiske forsøg og samtale om fysik til hvor i figuren de befinder sig. De bliver hermed i stand til at sætte deres fysikviden ind i en forståelsesmæssig ramme. I dette eksperimentelle forløb tager de endnu et skridt idet det er første gang de har lejlighed til at sætte deres egen problemformulering i relation til en fysikfaglig problemstilling.

## Boks 1. Eksempel på brug af den naturvidenskabelige trekant.

En elev har fået til opgave at undersøge sammenhængen mellem temperaturen for en given mængde vand og det tidsrum en elkedel er tændt. Han skal altså lave et induktivt forsøg og begynder i feltet *forsøg*. Efter at han har lavet sit forsøg, begynder han at lave databehandling (*Observation og databehandling*). Han laver regression på sine måledata og finder at der er en lineær sammenhæng. Han har nu en matematisk teori der beskriver hvordan temperaturen af vandet stiger som funktion af tiden (*Teori*).

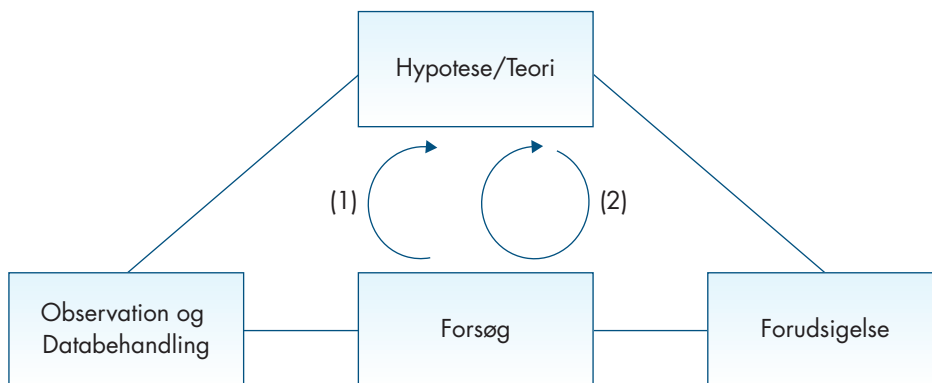
Han ønsker nu at teste sin nye teori og bruger derfor den hypotetisk-deduktive metode. Ud fra den fundne regressionsligning (*Teori*) udregner han hvilken temperatur vandet vil have efter en given tid (*Forudsigelse*). Derefter undersøger han om dette også er tilfældet (*Forsøg* samt *Observation og databehandling*). Hvis der er overensstemmelse mellem teorien og forudsigelsen, styrker det teorien, og forsøget er med til at verificere teorien.

Hvis vores elev vælger at udregne vandets temperatur efter fx 10 min. med elkogeren tændt, vil den teoretiske sluttemperatur blive over 100 °C hvilket ikke vil blive bekræftet ved det efterfølgende forsøg, og teorien er dermed blevet falsificeret. Eleven kan derefter vælge at kassere sin teori eller forbedre den. I dette tilfælde kan den forbedres ved at tilføje at den fundne sammenhæng kun gælder så længe vandet er under kogepunktet.

Eleven vil hurtigt finde ud af at hans teori har en række begrænsninger. Bl.a. virker den kun for den anvendte elkedel og kun for vand med den starttemperatur som forsøget blev lavet under. Hvis teorien også skal være en brugbar teori, skal den gøres mere generel, og det er nu elevens opgave at gøre den mere almenlydig ved fx at tage effekten af elkedlen og vandets starttemperatur med i teorien. På denne måde kan teoriernes begrænsninger og nødvendigheden af almene love blive en naturlig del af elevernes eksperimentelle arbejde.

### 1. forsøgsmodul (mandag) – Faldskærmsforsøget

De første 20 minutter af første modul går med først meget kort at give beskeder og råbe navne op. Dernæst mindes eleverne om at de tirsdag, dagen efter, har supervisionsmøde, og at de der skal fremlægge grafer med forklaringer. Efterfølgende er der



**Figur 2.** Den Naturvidenskabelige Trekant.

Den Naturvidenskabelige Trekant er opbygget med det generelle (hypotese/teori) foroven og det konkrete (forudsigelse, forsøg og observation/databehandling) forned. Ved konkret menes der her en helt konkret forudsigelse af et forsøg med lige præcis det udstyr man anvender, og de omstændigheder der er til stede. Den induktive metode er kendetegnende ved at man går fra noget konkret til noget generelt (1). Man begynder med et forsøg, og ud fra sine måleresultater når man frem til en teori. Man laver en generalisering ud fra en række forsøg og kommer dermed frem til en eksperimentel sammenhæng, dvs. en teori. Teorien kan dernæst testes med en række nye forsøg hvor man bruger den hypotetisk-deduktive metode. Den hypotetisk-deduktive metode går omvendt fra noget generelt til noget konkret (2). Man tager udgangspunkt i en teori og afprøver den med en række forsøg. Hvis forsøgene stemmer overens med teorien, styrker det troen på at teorien er rigtig, og man siger at teorien er blevet verificeret. Hvis det derimod viser sig at teorien ikke stemmer overens med forsøgene, er teorien blevet falsificeret, og man må forkaste teorien. En teori der ikke er blevet testet, kaldes ofte for en hypotese. Først efter flere bekræftende forsøg kan hypotesen med rette kaldes en teori.

en præsentation af hjælpelæreren samt af det udstyr som de har til rådighed (blandt andet afstandsmåler, kraftplatform/kraftmåler, accelerationsmåler, videokamera og trykmåler). Herefter har grupperne 2 moduler a 1½ time til at lave fysik. Vi følger gruppen der arbejder med bungeejump og faldskærmsudspring. Gruppen samles og taler kort om deres idé fra opstartsmodul som var at undersøge hvordan ændringer i forskellige variable som masse, størrelse og materiale ville påvirke faldhastighed og luftmodstand. Dernæst samles de om en computer og finder papirkageforme frem som de vil bruge i deres eksperiment. De udfører nogle prøvekast med en kageform hvor de forsøger at få den til at falde med bunden opad, men opdager at den så vender

sig i luften og falder med bunden nedad. Følgende er uddrag fra deres efterfølgende samtale omkring forsøget efter at de har været i gang et minuts tid:

- F: "Men det er jo ikke en faldskærm, så er det jo bare sådan en ting der falder!"  
 N: "Skal vi ikke tilrettelægge et forsøg først?"  
 P: "Hvorfor vil I have den til at falde lige ned?"  
 D: "Fordi sådan falder en faldskærm jo ikke." [Viser kageformen med bunden nedad].  
 F: "Det er en faldskærm, P" [Viser kageformen med bunden opad].  
 P: "Jamen er det så vigtigt at det skal ligne en faldskærm, er det ikke bare en test på vindmodstanden?"

Flere af eleverne i gruppen mener dog fortsat at det er vigtigt for eksperimentet at kageformen falder som en faldskærm, dvs. med bunden opad. De diskuterer forskellige idéer og forsøger at få kageformen til at falde "rigtigt", men det er ikke så let:

- P: "Jeg tror ikke det kommer til at virke."  
 D: "Hvad gør vi så nu?"  
 F: "Skal vi så bare kaste med nogle kageforme?"  
 P: "Det er jo det I siger vi ikke skal."  
 D: "Nej, det er jo det vi siger vi skal. Vi skal bare ha' den til..."  
 P: "I vil bare gerne have man vender dem sådan her? [Bunden opad]. Det kan vi ikke. Så skal man ha' ..."  
 F: "Så skal man ha' ... så skal man sætte ... så skal man bore... så skal man have to huller her, og så skal man have en snor, og så skal man have et lod der hænger ned med noget."  
 D: "Gør vi ikke bare lige det?"

Det hele går lidt i opløsning; de går skiftevis over til andre grupper, kommer tilbage, afprøver forskellige opstillinger med snor, tape og klodser så det kan blive en rigtig faldskærm. De får også tilsluttet afstandsmåleren til deres computer og får lavet nogle indledende målinger af faldende kageforme som dog stadig ikke falder så pænt som de ønsker. Læreren kommer forbi gruppen efter at de har været i gang i 15 minutter, og de har følgende samtale:

- N: "L – det virker ikke rigtig."  
 D: "Vi kan ikke finde ud af noget som helst!"  
 L: "Nej, men prøv at se her." [Vender kageformen med bunden nedad].  
 N+D: "Men så er det jo ikke en faldskærm, den vender jo sådan her" [K og A i munden på hinanden].

L: "Nååå, ja, men altså det er rigtigt at den plejer at se sådan ud. Der plejer også at være en smølf hernede. [De griner]. Men altså, det er stadig en faldskærm, den ser bare lidt anderledes ud."

N: "Så lad os lave den her faldskærm."

Nu har gruppen accepteret at lade kageformene falde som de helst vil, og læreren spørger ind til deres idé med eksperimentet:

L: "Hvad vil I gøre nu?"

N: "Nu vil vi lave forsøg."

L: "Ja, og hvad vil I lave?"

N: "Vi vil bare tage [kan ikke høres] massen og så se de forskellige antal faldskærme – forme – og så se ..."

P: "Og så også lave det med størrelse."

N: "Ja, så vil vi lave det med størrelse, form ..."

P: "Størrelse."

N: "Nej, størrelse, masse og materiale."

Gruppen bliver enige om at starte med at variere på massen. Sammen med læreren ser de på skærmen resultatet af en af de indledende målinger. På skærmen ses både en graf for sammenhængen mellem position og tid og mellem hastighed og tid.

L: "Godt, og hvad vil I så gøre?"

N: "Så vil vi måle." [Viser skærbilledet til L].

L: "Og hvilket tal når I så frem til når I har lavet den måling der for én masse?"

N: "Hastighed."

L: "En hastighed, ja, og hvad vil I bruge den til? Til en graf fx, hvordan kunne den se ud?"

N: "Den kunne være noget med noget hastighed ... Den kunne blive ... accelerationen kunne blive nul."

L: "Ja."

F: "Og så kunne hastigheden ... den kunne så også blive, den kunne også jævne sig ud til et eller andet ..."

N: "Så den blev konstant stigende, nej, ikke stigende."

F: "Nej ikke stigende, nej, den flader ud så den bliver konstant."

Læreren får med sine spørgsmål gruppen til selv at anvende faglige begreber i deres analyse af grafen og til indbyrdes at diskutere og afstemme eventuelle begrebslige uklarheder og få fastlagt planen for det videre eksperiment.

L: "Okay, så. I laver en måling, og så finder I en hastighed. Så laver I en ny måling med en ny hvad?"

N: "Med en ny masse."

L: "Og så får I en ny hvad?"

N: "Ny hastighed."

L: "Og når vi har luret det, så vil vi lure hvordan vi skal bruge de her størrelser til noget."

N: "Præcis, nu går vi i gang."

L: "Men nu er det i hvert fald det det handler om, held og lykke."

Gruppen går nu i gang med systematiske målinger af fald med kageforme hvor massen varieres (se boks 2 med nærmere beskrivelse af faldskærmseksperimentet). For alle målinger vil de bestemme den maksimale hastighed som kageformen opnår. Dette tal skal eleverne selv bestemme ud fra de to grafer i LoggerPro ved at finde gennemsnitshastigheden i et interval hvor hastigheden for kageformen ser ud til at være blevet konstant, svarende til at positionsgrafen er tilnærmelsesvis lineær (se figur 3).

Det viser sig at være vanskeligt for eleverne at få bestemt den konstante hastighed da de generes af at grafen for hastigheden ikke synes at være så konstant som de forventer: "Det vi gerne ville se, var bare at den går mod konstant, ikke? At den går mod at blive konstant, den der hastighedsfunktion. Jeg ved ikke, det kan man ikke rigtig se, vel?"

N: "Næh."

F: "Den skal jo plane helt ud."

N: "Men vi vil jo også godt sige noget om hvordan massen ..."

D: "Men hvad er det for en af de her vi skal ..." [Henviser til graferne på skærmen for hhv. position og hastighed].

F: "Det er den nederste vi sådan set skal bruge." [Hastighedsgrafen].

D: "O.k."

P: "Ja, begge to. Denne her skal bare blive lineær." [Peger på den øverste graf som viser stedfunktionen].

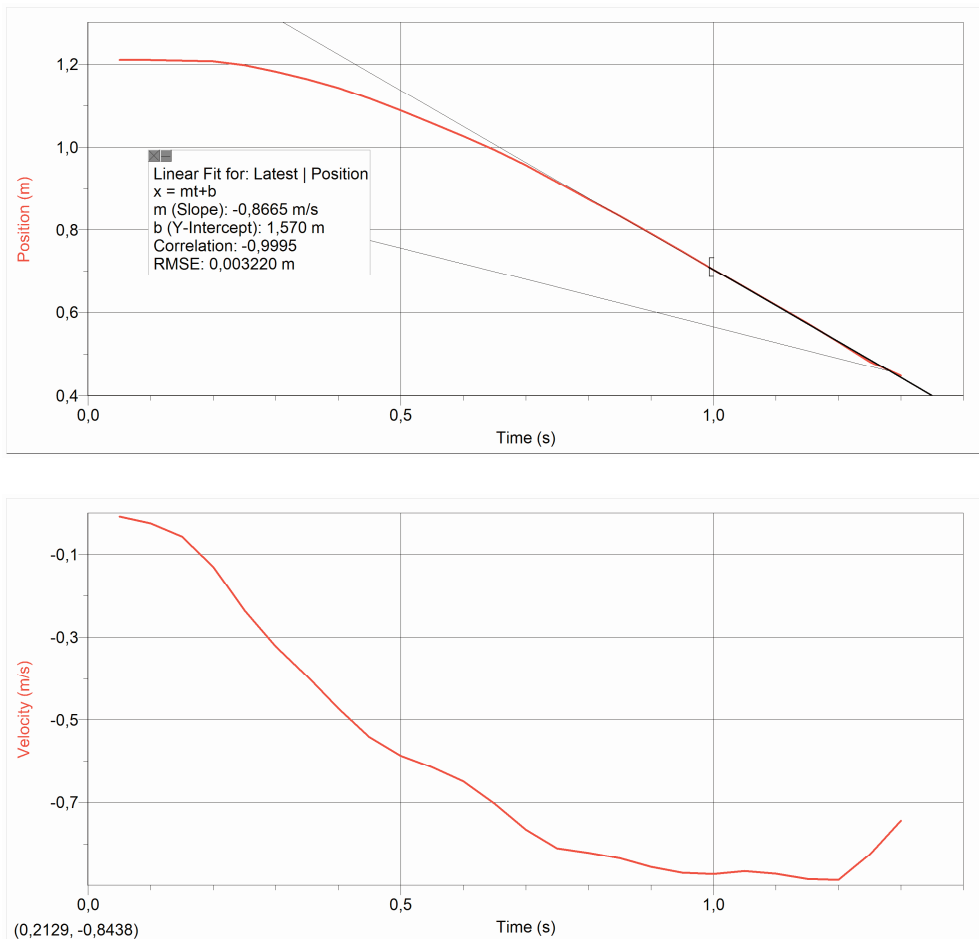
D: "Ja, den flader jo lidt ud her. Jeg tror bare man skal måle ..."

N: "Kan vi ikke bare lave den lineær på det sidste stykke og så se hvor tæt den er på det?"

P: "Jo, det kan vi godt."

Og så går de i gang med at lave lineær regression på den sidste del af positionsgrafen og bestemmer den maksimale hastighed som hælningskoefficienten på denne del af grafen. Grafisk ser det meget rimeligt ud; der er fin overensstemmelse med regressionslinjen og positionsgrafen. Det der generer, er hastighedsgrafen som de ikke rigtig synes ser konstant ud. En del af problemet er LoggerPros "autoscale"-funktionalitet som gør at akseinddelingen tilpasses automatisk efter data, dvs. at de relativt små





**Figur 3.** Grafer for position/tid og hastighed/tid for et af kageformseksperimenterne. Kageformen slippes fra en given højde og daler ned mod afstandsmåleren som løbende angiver kageformens afstand som positionen. Afstandsforskellen bliver således mindre med tiden, og dermed får hastigheden negativt fortegn da den angiver ændringen pr. tid i positionsmålingerne. Eleverne ser begge grafer på skærmen med det samme når eksperimentet foretages. De benytter graferne til at bestemme den numerisk største hastighed som kageformen opnår når luftmodstanden ophæver tyngdeaccelerationen. Den bestemmer de som hældningen til den linje som bedst passer med den sidste del af positionsgrafen, i dette tilfælde  $-0,8667$  m/s. De behøver ikke selv at foretage valg mht. akseinddelingerne da LoggerPros "autoscale-funktionalitet" automatisk tilpasser vinduerne efter de målte data. Den betyder dog også at variationerne i hastighedsgrafen synes større end de egentlig er.

forskelle i hastigheden grafisk synes meget store. Noget andet er at det måske nok ser ud til at hastigheden fortsat ændrer sig en smule frem til at kageformen rammer jorden, om end kun meget lidt.

## Boks 2. Faldskærmsforsøget

Faldskærmsforsøget er et induktivt forsøg hvor eleverne ikke kender resultaterne på forhånd. Gruppen vi følger, vælger at finde en sammenhæng mellem den maksimale faldhastighed og luftmodstanden for kageforme der falder. Den relevante teori siger at luftmodstanden er proportional med hastigheden i anden potens, dvs.  $F_{\text{luft}} = K \cdot v^2$  hvor  $v$  er den maksimale faldhastighed for kageformene, og  $K$  er en konstant. Den maksimale faldhastighed kan måles ved brug af dataopsamlingsudstyr, og luftmodstanden kan beregnes teoretisk.

## 2. forsøgsmodul (mandag) – Hvad er planen med det hele?

Gruppen har nu fået udført en hel del målinger, men dels er de ikke helt tilfredse med resultaterne fordi de synes det er vanskeligt at opnå en konstant faldhastighed, og dels bliver det klart at der er noget usikkerhed om det mere overordnede formål med forsøget. Kort inde i modulet kontakter gruppen læreren for at få bekræftelse af deres forsøg hos læreren. Indledende ser de i fællesskab på deres grafer og diskuterer hvad de har lavet. Det går dog hurtigt over i en samtale omkring hvad målet med deres forsøg er:

L: "Men hvad er jeres ... Har I lavet den graf vi snakkede om hvor I havde hastighed ud ad her?"

N: "Hastighed ud ad her?"

L: "Ja, for forskellige forme?"

D: "Nej, det har vi ikke lavet endnu."

L: "Nej?"

N: "Hvordan laver du sådan en?"

L: "Ja, men hvad var jeres plan? Hvor vil I hen med jeres målinger? Hvad er ligesom planen med det hele?"

Læreren forsøger at få dem til at formulere sig om planen med forsøget og hvordan de vil få opstillet en sammenhæng mellem den maksimale faldhastighed og luft-

modstanden, jf. beskrivelsen i boks 2 om faldskærmsforsøget. Det viser sig også at de teoretiske argumenter for udregningen af luftmodstanden ikke stod klart for eleverne hvilket giver dem problemer når de selvstændigt skal gøre rede for hvordan de skal bruge deres måledata. Det er et klassisk eksempel på et af dilemmaerne ved en induktiv undervisningsform hvor læreren forsøger at få dem i retning af en teoretisk sammenhæng, og eleverne ikke rigtig kan se idéen.

Gruppen drøfter også kvaliteten af målingerne med læreren. De undrer sig sammen over at hastigheden ikke altid synes at blive konstant i de målinger de har foretaget, men læreren bekræfter dem i at resultaterne er gode nok.

L: "I kan acceptere det her og sige det her er næsten ... eller det her er så godt som vi får det til at være en konstant hastighed."

P: "Det er jo forholdsvis fladt i og med at den kun varierer 0,25 m/s, det er ikke meget."

Som tidligere nævnt er det særligt de visuelt store udsving på hastighedsgraferne der har generet eleverne, formentligt fordi det intuitivt ikke stemte helt overens med positionsgrafens mere jævne udtryk. Ved at kigge nærmere på akseinddelingen for hastighedsgraferne bliver det klart at variationen i virkeligheden ikke er så stor, og at de to grafer stemmer fint overens.

### *Supervisionsmøde (tirsdag) – et nyt forsøg, kraftplatformsforsøget*

Næste gang vi møder gruppen, er til supervisionsmødet der varer omkring 10 minutter. De kommer ind og får fundet deres fil frem.

L: "Hvad vil I sige til mig?"

N: "Vi vil sige at her har vi en graf [viser en position/tid-graf og en hastighed/tid-graf fra en enkelt måling med fald af en kageform – som figur 3] som egentlig ikke rigtig skal bruges, men som viser hvordan vi har lavet målingerne som vi så bruger i den her til at komme i gang." [peger på en anden graf med sammenhæng mellem hastighed og luftmodstand]

L: "Okay."

N: "Som beskriver tyngdekraften, nej, hvad hedder sådan noget, vindmodstanden og hastigheden. Det viser hvordan hastighedsforskellen ændrer på luftmodstanden. Og mass... nej, der er ikke noget med massen, vel?"

L: "Nej, der er ikke noget med massen. Men det jeg egentlig – man kunne jo godt – nu har I knoklet så meget for denne her graf, så man kunne jo godt lave en der hed hastighed som funktion af masse for eksempel. Det kunne også være lidt sjovt at se på. Og måske en tredje udgave. Nu når I har arbejdet så hårdt for at få den her graf, så kunne det være sjovt at få noget mere ud af de her måledata. Ja. Og hvad har I så mere?"

Læreren forsøger her at få gruppen til at arbejde videre i retning mod den teoretiske sammenhæng  $F_{\text{luft}} = \text{konstant} \cdot v^2$  (se evt. boks 2).

Inden supervisionsmødet – mens de andre grupper har talt med læreren – har gruppen lavet et forsøg med en kraftplatform (se boks 3). Gruppen viser grafen for dette forsøg, og de taler videre om dette uden at vende tilbage til faldskærmsforsøget.

L: “Den her fyr!”

D: “Det er ‘hoppy F’.”

L: “Det er F vi ser her.”

N: “Jeg tror at hvis du går lidt længere ned, så er der sådan billeder.”

L: “Han er her også, okay. Så har I integreret også eller hvad?”

N: “Ja.”

### Boks 3. Kraftplatformsforsøget

Gruppen udfører et simpelt forsøg: En person står på en kraftplatform som er tilsluttet en computer, han hopper og lander igen. Dette giver en tid/kraft-graf. Ud fra dette forsøg vælger eleverne at beregne hvor højt vedkommende hopper, hvilken maksimal effekt personen hopper med, hvilke energiomdannelser der sker under hoppet, og hvad accelerationen er under det frie fald. Ud af de forskellige målinger som de laver, vælger de at fokusere på accelerationen under det frie fald da det bedst kan relateres til forsøget med kageformene. Nogle af de andre ting vælger de at medtage i bilaget.

Accelerationen under det frie fald kan ud fra forsøget findes ved først at finde hvilken kraft personen påvirker pladen med når han står stille på pladen, og så lave en ny tid/kraft-graf hvor denne værdi er trukket fra. Derefter kan man lave en tid/acceleration-graf ved at dividere kraften med massen af den der hopper. Her bruger man Newtons 2. lov der siger at kraft er lig masse gange acceleration. På tid/acceleration-grafen kan det nu aflæses hvad accelerationen er under det frie fald, og denne værdi vil netop være tyngdeaccelerationen som ifølge teorien er på  $9,82 \text{ m/s}^2$ . Eleverne vælger dog at finde tyngdeaccelerationen ud fra hældningen på en tid/hastighed-graf i stedet for. Denne graf er de kommet frem til ved at integrere tid/acceleration-grafen.

L: "I er pivfrække, ej, hvor flot!" [Ser billederne som er sat ind på grafen af F i forskellige stadier i sit hop på kraftmåleren].

N: "Så er der sådan illustrationer på hvornår han ... hvad han gør hvornår."

L: "Godt, glimrende."

N: "Og så skal den forklare sådan hvorfor grafen ser sådan her ud."

L: "Okay. Hvorfor har I integreret?"

N: "Det var egentlig sådan at vi tænkte lidt på at så kunne vi se hvor meget energi han startede med sådan at hive fra jorden, og så ..."

F: "Vi havde en eller anden forestilling om at den energi jeg sætter fra med, det må være den samme jeg kommer tilbage med når jeg lander."

Samtalen fortsætter, og det er tydeligt at gruppen er meget optaget af dette forsøg. Lærerens idé med supervisionsmødet er at eleverne skal præsentere deres grafer og forklare hvordan de kan bruge dem i deres arbejde med deres problemformulering, således at han er sikker på at de får diskuteret deres empiri, samtidig med at han får samlet op på alle grupperne. I dette tilfælde bruger gruppen lang tid på at diskutere kraftplatformsforsøget og er afklarede omkring hvad de videre skal, da de går derfra. Dette er et eksempel på at tilrettelæggelsesformen af forløbet sikrer at eleverne tvinges til at formulere sig omkring fysik både med hinanden og med læreren.

### *3. forsøgsmodul (onsdag) – Det afsluttende arbejde*

Gruppen starter 3. forsøgsmodel med kort at tale om dagens opgaver mens de sidder foran computeren (C har det dårligt, henter morgenmad og deltager derfor ikke i første del af modulet). De diskuterer hvilke målinger de mangler at få lavet, og berører hvordan de vil anvende dem. Eksempelvis:

N: "Og så er der en 'jumper'." [Kraftplatformsforsøget].

D: "Der kan vi jo sige rigtig meget."

N: "F i forhold til P." [Læser hvad hun skriver på papiret, F og P er to elever, hvis grafer der skal sammenlignes].

P: "Og så beregner vi bare effekten, ikke?"

N: "Ja." [Skriver effekt].

D: "Der har vi grafer og alt muligt."

N: "Så kan vi lave sådan nogle sjove ting og sager med acceleration, accelerations... nej, en hastighedsfunktion, ikke? Det lavede vi sidste gang, tror jeg."

P: "Ja, ja."

D: "Men ku' vi integrere den der." [Peger på grafen].

N: "Ja, det ku' man godt."

D: "Det var da egentlig rimelig vildt."

N: "Men det er jo fordi man kan få LoggerPro til at gøre det." [De griner].

D: "Nå, okay."

N: "Ja, okay, er det ikke det?"

Det er tydeligt at denne arbejdsform – hvor de inden dagens øvelse sætter sig og diskuterer i gruppen hvad det er de skal – er en de har prøvet før. Diskussionen sætter rammerne for dagens arbejde og sikrer at gruppens medlemmer er klar over hvad de skal i gang med, og hvordan det hænger sammen med deres overordnede plan. Dette illustrerer formålet med at læreren gradvist gennem hele fysikundervisningen har dygtiggjort dem i selvstændigt at kunne tilrettelægge og gennemføre mere og mere åbne øvelser.

De rejser sig fra computeren, finder kraftmåleren og lader M lave et hop som de så også vil analysere, og de har nogle problemer med at få det til at stemme med målingen fra C's hop så de kan sammenligne de to grafer. Da deres vægt er forskellig, giver det en forskellig belastning af kraftmåleren inden hoppet hvilket der skal tages højde for. Hjælpelæreren i modulet kommer forbi og vejleder dem til at få kalibreret graferne:

N: "Vi havde en idé om at de skulle være ens."

HL: "Ja, det skal de også. Men det første I skal gøre, det er at sige, fx det der, hvis I kigger på den graf, den har I regnet ud fra det der. Så ser det ud som om han accelererer med  $10 \text{ m/s}^2$ ."

N: "Så vi skal lige have trukket det fra."

HL: "Det skal man trække fra. Men i virkeligheden er det smartest at starte herhenne. Hvis I trækker det der fra så vi siger at kraften skal være 0. Vi måler kun på afsættet. Så I skal føre denne her graf ned til 0. Og det gør vi ved lige at markere et område her."

[De arbejder lidt ved computeren].

HL: "Gennemsnittet her er 631 newton. Så trækker I fra, I laver en ny søjle der hedder Kraft eller et eller andet, og så trækker I 631 fra."

N: "Så passer det!"

HL: "Så for at regne accelerationen ud, så skal I tage dén graf og så dividere med massen."

Citatet er et eksempel på hvordan vejledningsteknikken har betydning for hvilken aktivitet eleverne involveres i. HL vælger her at demonstrere nogle tekniske detaljer som er en hindring i elevernes arbejde, så de kan komme videre. Han inspirerer muligvis til senere refleksioner hos eleverne, men eleverne udfordres ikke i undervisningssituationen til selv at formulere sig om det faglige stof. Spørgeteknikken må i det enkelte tilfælde afhænge af hvad der er målet med vejledningen.

Eleverne arbejder videre med henholdsvis hop-eksperimentet og kageformsmålingerne. Hop-eksperimentet udvider de til også at bestemme højden på hoppet ud

fra kraftmålingen og så sammenligne med en direkte måling af hvor højt de hopper. Det har ikke nogen direkte relevans for faldskærmsprojektet hvor de blot vil benytte kraftmålingen til eksperimentelt at bestemme et udtryk for tyngdeaccelerationen, men de bliver inspireret til at gå videre og afprøve hvad de ellers kan få ud af at analysere kraftmålingsgrafen i LoggerPro, selv om det så blot bliver et bilag til rapporten.

Senere i modulet kommer læreren med en bog om stråling som C skal bruge til et andet projekt. Både N og F skal skrive en opgave inden for samme emnekreds, og der udspringer sig en kort ordveksling mellem dem:

N: "Hvordan gør du med den naturvidenskabelige metode?"

F: "Jeg prøver at skrive den – jeg ved ikke hvordan de har gjort – og sammenligne det med den naturvidenskabelige metode."

N: "Hvordan ... står der hvordan de har gjort det? Det er jo sjældent man skriver 'Dengang vi gjorde denne opdagelse da gjorde jeg ...'"

F: "Nej, men man kan jo se, hvordan man regner med de har lavet forsøg."

Her relaterer eleverne på eget initiativ deres arbejde til begrebet "den naturvidenskabelige metode". Samtalen viser at eleverne anvender og relaterer deres arbejde til modellen for den naturvidenskabelige metode som læreren har anvendt i undervisningen, og at de derigennem er i stand til at kommunikere omkring et fysikfagligt emne.

Hen mod slutningen af modulet kommer gruppen i forlængelse af de mange hop-eksperimenter ud i en diskussion om hvordan man egentlig med fysiske begreber forklarer underlagets betydning for kraftudveksling i hoppet som de jo kender fra deres dagligliv, fx når man hopper på en trampolin og dermed kan komme højere op. Diskussionen har ingen direkte tilknytning til deres eget projekt, men de er nysgerrige efter at finde sammenhænge mellem fysiske fagbegreber og deres hverdagsoplevelser. De overvejer kort at inddrage læreren i diskussionen, men kommer i tanke om at nabogruppen jo arbejder med emnet "fjedre":

F: "Fjedergruppe, vi vil lige høre ..."

N: "Hvordan virker en trampolin?"

Og så snakkes der fysik igen ... og kort efter ringer det til frikvarter. Denne lille samtale viser at den fysikfaglige samtale også findes frit mellem grupperne og således ikke kun eksisterer i kraft af samtale mellem lærere og elever. Den sidste del af forsøgsmodul 3 og det efterfølgende modul anvendes af grupperne til databehandling og rapportskrivning. Den udvalgte gruppe bruger megen tid på databehandlingen af kraftplatformen og har mange fysikfaglige diskussioner.

### *Efter det eksperimentelle forsøg*

Efter at gruppen har afleveret deres rapport, reflekterer de over forløbet. De har en meget klar forståelse af at de gennem forløbet har skiftet fokus. De ville oprindeligt gerne undersøge hvordan forskellige variable påvirker faldhastigheden, og de havde tre forskellige forsøg de gerne ville lave: "noget med at justere på faldskærmens størrelse, se på faldskærmens materiale og noget med at ændre på faldskærmens masse". Undervejs fandt de ud af at det ikke var så let at variere på de forskellige variable, og samtidig blev de grebet af databehandlingen af kraftplatformsforsøget. På baggrund af dette forsøg kunne de bestemme tyngdeaccelerationen eksperimentelt hvilket de så kædede sammen med deres oprindelige idé. De blev netop fascineret af det som LoggerPro muliggør, nemlig en direkte grafisk repræsentation af et eksperimentelt setup der samtidig kan kobles til et teoretisk begreb. Gruppens skift fra faldskærmsforsøget til kraftplatformsforsøget relaterer de til den induktive arbejdsform.

"Der var meget mere lagt op til at vi selv skulle finde ud af hvad vi ville lave, og det blev så begrænset af at det kunne vi så ikke rigtig alligevel, hvorimod tidligere, så har vi jo fået nogle opgaveformuleringer der er ret klare, og her har vi så også mulighed for at man kan lave forsøgene ... efter opgaveformuleringen, det er der selvfølgelig tænkt over. Men det havde vi ikke rigtig mulighed for at tænke med ind. Her tænkte vi bare 'hvad vil vi gerne lave?', men det kunne vi så ikke alligevel". (P)

Samtidig vurderer de deres udbytte af forsøget som højt netop fordi de fik lov til selv at sidde og "rode med det":

"Jeg har fået meget ud af det her projekt, men jeg fik måske bare ikke det ud af det som jeg oprindeligt troede, men jeg fik noget andet som jeg synes kan være lige så brugbart og lige så interessant". (P)

"Jeg fik meget ud af det i form af at man fandt en anden arbejdsmetode end jeg måske ville have brugt før. Jeg ville nok ikke i så høj grad være begyndt at sidde og rode med alt det her data i LoggerPro ... jeg ville nok ikke i lige så høj grad have fundet ud af de her ting med LoggerPro som vi kom frem til her til sidst, det synes jeg var meget sjovt". (F)

Eleverne har fået en sides skriftlig feedback samt karakteren 10 for deres rapport. I rapporten har gruppen lagt vægt på kraftplatformsforsøget, og faldskærmsforsøget beskrives mere kortfattet. Det er tydeligt at deres analyse af kraftplatformsforsøget (boks 3) er den bedste del som de også belønnes for karaktermæssigt. De får demonstreret et højt niveau af fysikfaglig viden gennem deres databehandling af eksperimentet med teoretiske forklaringer til de forskellige grafiske repræsentationer og forbindel-



sen mellem dem. Det er tydeligt at de selv er blevet meget optaget af de muligheder LoggerPro giver for at analysere eksperimentet med blot et enkelt hop, som de blandt andet anvender til at finde tyngdeaccelerationen eksperimentelt. Samtidig kan det ses at de teoretiske argumenter for udregningen af luftmodstanden ikke står helt klart for eleverne, og at det giver dem problemer i forbindelse med hvordan de skal bruge deres måledata fra faldskærmsforsøget (boks 2) hvilket også afspejles i karakteren.

Efterfølgende skinner det ligeledes tydeligt igennem i interviewet at eleverne undervejs blev meget fascineret af kraftforsøget. To af dem beskriver det således:

"Det er jo sjovt at se hvordan ét forsøg kan åbne for alle mulige ting som vi ikke havde regnet med at vi kunne finde ud af. Alle de ting dér ud fra det ene hop vi lavede. Hvor vi så kunne finde ud af hvor hurtigt man hopper, og hvor højt man hopper. Det var meget interessant at finde ud af at man kunne bruge det til at finde ud af alle mulige ting som man ikke lige havde overvejet". (F)

"Det var ret sjovt for man kunne ud af de der målinger, ved hjælp af LoggerPro, transformere data til alle mulige forskellige grafer som man kan få ud ... og så lige pludselig finde en stedfunktion, hastigheds- og accelerationsfunktionen som man kan få ud af noget så simpelt som kraften på en plade. Det var ret vildt hvor meget det kunne åbne". (N)

Dette er med til at understøtte værdien af at eleverne får lejlighed til at arbejde induktivt i de eksperimentelle øvelser. Her kan de gennem nysgerrighed og vejledning – hvis det tilrettelægges og gennemføres med tanke på elevernes eget arbejde – opnå et højt fysikfagligt niveau.

## Diskussion

Vi har i denne artikel givet et eksempel på hvordan det eksperimentelle arbejde i gymnasiets fysikundervisning kan folde sig ud hos en bestemt gruppe elever i et givet undervisningsforløb. Vi har set på de aktiviteter som de har været involveret i, og de faglige diskussioner, erkendelser og vanskeligheder de har haft. Det er dermed en illustration af hvordan lærerens faglige mål med undervisningsforløbet er afgørende for de didaktiske valg han træffer, i forhold til tilrettelæggelsen og gennemførelsen af det eksperimentelle forløb. I forløb med andre faglige mål ville tilrettelæggelsen have været en anden. Som Hodson (2008) diskuterer det, er praktisk arbejde ikke et mål i sig selv, men de faglige mål med det praktiske arbejde er afgørende for dets tilrettelæggelse.

### *Det didaktiske valg – baggrund og konsekvenser*

Et hovedformål med dette længerevarende eksperimentelle forløb var at eleverne skulle opøve kompetence i selv at tilrettelægge og gennemføre en eksperimentel undersøgelse med induktiv tilgang ud fra en faglig problemstilling de selv har formuleret. De skulle således trænes i at anvende relevante metoder og faglige begreber inden for mekanik til at opstille et problem, tilrettelægge og gennemføre fysiske forsøg, indsamle og behandle måledata og i sidste ende selv kunne formulere teorier og hypoteser på baggrund af disse data. En didaktisk konsekvens af dette formål er at så må eleverne involveres i netop sådanne aktiviteter. Undervisningen skal så skabe rammer og tilbyde vejledning som kan støtte eleverne i processen, således at de selv får lejlighed til at afprøve metoder og begreber. Med et sådant fagligt formål må undervisningen nødvendigvis være elevcentreret, eksperimenterne skal være åbne med mange frihedsgrader, og samtidig må det eksperimentelle udstyr give eleverne muligheder for at arbejde induktivt.

Fysikfaglige begreber om mekanik ville muligvis også kunne komme i spil gennem et lukket eksperiment med en kugebogsvejledning, men det ville ikke tilgodese de faglige mål i det i artiklen beskrevne undervisningsforløb. Lærerens bevidste arbejde med formålet for de eksperimentelle øvelser har stor betydning for vejledningen og samtalerne lærer/elev imellem. Når læreren så konsekvent stiller spørgsmål til eleverne, er det for at få eleverne til selv at formulere sig med de faglige begreber og for at få dem til at reflektere over deres forsøg, hvordan de har tilrettelagt det, og hvad de vil vise – netop sådanne aktiviteter som kan bidrage til opnåelsen af de faglige mål. Det kræver megen indlevelse og stor faglig indsigt at fastholde at eleverne skal arbejde med den induktive tilgang.

I den sammenhæng er modellen for den naturvidenskabelige trekant et redskab som er nyttigt i dialogen mellem læreren og eleverne til at støtte kommunikationen og såvel den faglige som den meta-faglige forståelsesproces. Lærerens konkrete brug af den naturvidenskabelige trekant som ramme for gradvist at lave friere øvelser med eleverne viser at den kan fungere som pejlemærke for elevernes forståelse af deres praktiske arbejde, og at eleverne anvender den selvstændigt i dialog om fysikfaglige emner.

Den induktive tilgang tjener i forløbet til at eleverne opnår en progression i deres fysikfaglige kompetencer både med hensyn til at arbejde eksperimentelt og at udvikle deres begrebsforståelse inden for mekanik fordi de har skullet anvende de faglige begreber i nye sammenhænge med henblik på at opnå svar på et fagligt spørgsmål. Hvis læreren i denne proces i for høj grad havde givet eleverne forklaringer og svar frem for spørgsmål, ville meget af den læringsmæssige pointe falde til jorden, jf. den epistemologiske hypotese som siger:

al menneskelig viden kan (re)formuleres som svar på fundamentale problemer om en klasse af situationer og at viden kan tilegnes af en målgruppe, netop når sådanne situationer og problemer er tilgængelige for målgruppen (Winsløw, 2006, s. 38)

Det vil sige at for at opnå viden må læringssituationen tilrettelægges således at eleverne kan tilegne sig viden som svar på deres egne spørgsmål. Eksempelvis er  $F_{\text{luft}} = \text{konstant} \cdot v^2$  hvor  $v$  er den maksimale faldhastighed, svar på spørgsmålet om hvordan sammenhængen er mellem luftmodstand og faldhastighed. Den abstrakte form i hvilken den tilsigtede viden er fremstillet i lærebøgerne, kan til nød læres udenad, men er så ofte meningsløs og uanvendelig. Hvis den skal forstås og tilegnes, er det nødvendigt at lære dem som svar på spørgsmål (Winsløw, 2006).

Eksemplet i denne artikel viser også nogle af de udfordringer som både lærere og elever står over for i den induktive undervisning. Fx når eleverne bruger meget lang tid på at diskutere hvilken vej kageformen skal vende (fordi det kræver fysikfaglig viden at afgøre). Eller når de gentagne gange vender tilbage til at diskutere formålet med eksperimenterne og hvad det er de vil undersøge. Det kan opleves som spildtid i forhold til at de skal i gang med det egentlige fysikfaglige stof. Men pointen er at de netop *er* i gang med deres faglige læreproces, og at deres egne refleksioner over fx mål med øvelsen og hvilke fysiske egenskaber ved kageformene der er væsentlige i sammenhængen, er centrale i denne proces. Derfor skal der afsættes tid så eleverne selv kan komme igennem sådanne overvejelser – samtidig med at det naturligvis er lærerens ansvar at sikre at de kommer videre i erkendelsesprocessen.

At de faglige mål og de frie øvelser så også opleves som relevante, lærerige og motiverende for de elever vi har talt med, er naturligvis også nok så væsentligt. I det afsluttende interview spurgte vi eleverne om deres vurdering af den måde læreren havde tilrettelagt undervisningen i forløbet på, hvilket gav anledning til følgende svar:

"Man arbejder jo heller ikke ude i verden ved at få en brugsanvisning – det er meget mere reelt at arbejde på denne her måde – det at man ikke får at vide hvad man skal gøre i starten, det gør jo at man bliver tvunget ud i en masse overvejelser – hvordan kan vi bedst belyse det, og hvordan vil det bedst komme til at hænge sammen ... Ofte får man jo meget mere ud af det når man selv tænker sig frem til sammenhængene, og det er også meget tit meget sjovere."

### *Induktiv tilgang og ny begrebstilegnelse*

Den induktive og selvstændige arbejdsform er som nævnt afgørende for de faglige mål i dette forløb, men det er også vigtigt at gøre sig klart at der ikke er nogen sikkerhed for at selvstændige eksperimenter og refleksioner i sig selv får eleverne til at tilegne

sig nye teoretiske begreber (Hodson, 2008). Det er muligt at eleverne gennem processen kan gribe en ny begrebslig udfordring og selv sætte sig ind i et nyt teoretisk emne hvis det er relevant for deres faglige problemstilling, men det følger ikke automatisk af arbejdet med eksperimenterne, og eleverne vil ikke kunne arbejde selvstændigt med teori som de ikke forstår. Ofte vil en mere lærerstyret undervisning her være nyttig, men det ville på den anden side som nævnt nemt kunne ødelægge andre dele af læringspotentialet ved forløbet hvis læreren griber forstyrrende ind undervejs. Det er oftest en vanskelig balancegang for læreren at finde grænsen for hvor langt han skal forsøge at påvirke eleverne til at bringe ny teori i spil inden for rammerne af det induktive forløb, da det i situationen vil afhænge af hvordan eleverne reagerer. Den gruppe vi fulgte, nåede en grænse i deres arbejde med faldskærmsforsøget idet de teoretiske argumenter for udregningen af luftmodstanden som  $F_{\text{luft}} = K \cdot v^2$  aldrig kom til at stå klart for dem. Læreren forsøgte på forskellig vis at lede dem på vej. Han kunne vælge at holde sig endnu mere i baggrunden hvilket muligvis ville have betydet at eleverne i højere grad havde holdt sig inden for teoretisk stof som de var helt trygge ved. Men det vil som sagt altid være en svær balancegang.

### *Dataindsamling og Databehandling – hvad betyder det tekniske udstyr?*

Denne undersøgelse er gennemført som led i udviklingsprojektet "Dataopsamling og Databehandling" under Danske Science Gymnasier. I dette projekt er en lang række skoler, lærere og elever involveret i at anvende nyt udstyr som skal gøre det lettere og hurtigere at indsamle og præsentere data og give mere tid til databehandling og diskussion af resultaterne i undervisningen. En del af vores interesse i undersøgelsen var at se i praksis hvordan eleverne så arbejder med det nye udstyr, hvilke muligheder det giver dem, og hvilke didaktiske udfordringer der fremkommer når eleverne skal håndtere det tekniske udstyre, skifte mellem hensigtsmæssige repræsentationsformer og forstå resultaterne.

Vores klasse har arbejdet med udstyret LoggerPro løbende gennem deres fysikundervisning så de var nogenlunde fortrolige med programmet og de vigtigste funktionaliteter inden det eksperimentelle forløb. Erfaringer fra dette tidligere arbejde med LoggerPro var gode, og både elever og lærer finder udstyret nemt anvendeligt. Det viste sig også at eleverne havde meget få problemer med den tekniske side af udstyret i det eksperimentelle forløb – der kunne i enkelte tilfælde være en funktionalitet de ikke lige kunne huske, men det var nemt for dem at hjælpe hinanden eller prøve sig frem. Der var ikke tekniske problemer som hindrede dem i at komme videre. Faktisk er det slående at vi stort set ikke har kunnet finde eksempler på dialog der omhandler LoggerPro-tekniske spørgsmål – det gælder ikke blot for den gruppe vi har fulgt tæt, men for klassen som helhed. Diskussionerne mellem lærer og elever og mellem eleverne indbyrdes har konsekvent handlet om fysikfaglige spørgsmål, og det har

været tydeligt at den umiddelbare adgang til grafiske repræsentationer af måledata og mulighederne for let at behandle disse data yderligere for mange har været et meget vigtigt udgangspunkt for disse diskussioner.

Som oftest er det en stor fordel at eleverne ikke skal bruge tid og kræfter på at beslutte hvilken akseinddeling der er mest hensigtsmæssig. LoggerPros "autoscale"-funktionalitet er meget effektiv og tilpasser grafvinduet så det netop dækker de måledata der skal vises. Man kan let ændre disse indstillinger, men ofte er det ikke nødvendigt for at få et fornuftigt indtryk af måledata. Men en gang imellem kan den effektive datarepræsentation i sig selv give anledning til problemer. Et problem som vi registrerede hos flere af grupperne, var at "autoscale" kunne skabe usikkerhed hos eleverne når de igennem et eksperiment ønskede at vise at en række målinger var tilnærmelsesvis konstante, for så vil "autoscale" blot tilpasse vinduet så selv nok så små variationer i datamaterialet grafisk kommer til at synes meget store. Grafen svarer ikke til elevernes forestillinger om en konstant funktion, og det gav en del af eleverne nogle problemer. Det så vi illustreret hos vores gruppe da de skulle finde den maksimale hastighed for kageformene, og her blev generet af at variationerne i hastighederne grafisk syntes relativt store netop pga. "autoscale". I den konkrete situation kunne læreren have anbefalet eleverne at se bort fra grafen for hastigheden og alene bruge positionsgraf. Man kan også gøre spørgsmålet om akseinddelingerne betydning for grafens udseende og tolkning af data, herunder spørgsmålet om hvornår "autoscale" er hensigtsmæssig, til genstand for undervisning og diskussion. Det vil være en relevant faglig øvelse som nemt kan gennemføres vha. LoggerPro.

I det store og hele viser undersøgelsen at i dette forløb har alle eleverne brugt LoggerPro kompetent og uden større vanskeligheder og med en god portion nysgerrighed og fascination over programmets muligheder. Den nemme adgang til grafer giver gode muligheder for at eleverne kan diskutere fysik med anvendelse af fysikfaglige og matematiske begreber.

## Referencer

- Hodson, D. (2008). Et kritisk blik på praktisk arbejde i naturfagene. *MONA*, 2008(3)(7).
- Madsen, L.M., Holm, C. & Laursen, K.B. (2007). *Midtvejsevaluering af "Dataopsamling og Datatabehandling" under DASG*. Institut for Naturfagernes Didaktik, Københavns Universitet. Lokaliseret den 3. november 2008 på [www.emu.dk/gym/tvaers/sciencegym/evaluer/dogd2007.pdf](http://www.emu.dk/gym/tvaers/sciencegym/evaluer/dogd2007.pdf).
- Winsløw, C. (2006). *Didaktiske Elementer. En indføring i matematikken og naturfagernes didaktik*. Frederiksberg: Biofolia.

## Abstract

In the spring of 2008 the students in 2.x at Rysensteen Gymnasium conducted a laboratory course in physics concerning experiments in mechanics. As a member of Danish Science Gymnasiums (DASG) and participant in the DASG-project “Datacollection and Dataprocessing” it has been possible for the participating teachers at Rysensteen to buy different data collection and data processing equipment for physics teaching. It is the students’ use of – and the teachers’ didactical considerations of the use of – this equipment that is the focus of this article. Based on observations, interviews and conversations the article outlines the teachers’ considerations before, during and after the laboratory exercise. The article further gives insights into the students’ use of the equipment and which didactical challenges the teachers face in an experimental course in physics intended to increase the students’ science competencies

# Et mysterium om tal – og japanske lektionsstudier



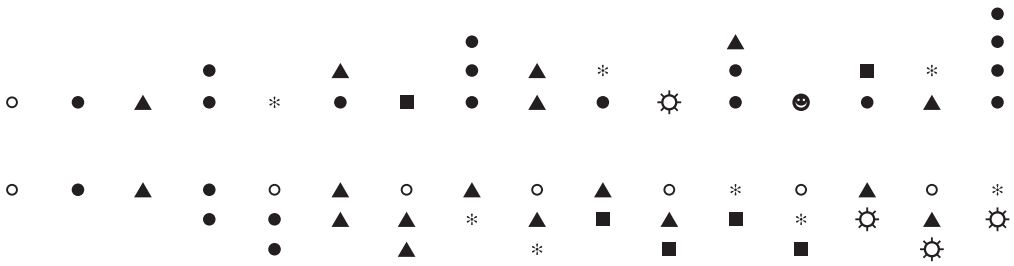
Carl Winsløw, Inst.  
for Naturfagenes  
Didaktik (IND),  
Københavns  
Universitet

**Abstract** *Artiklen sigter på at give et lille indblik i japansk matematik-undervisningskultur og tager – som en typisk japansk matematiktime – udgangspunkt i et konkret eksempel som derefter udfoldes med henblik på at afdække mere principielle forhold. Ift. japansk matematikundervisning drejer det sig dels om hvordan matematiktimen opbygges (lektionsstruktur), dels om hvordan den planlægges (ofte i lærerteam). Begge dele har i de senere år givet anledning til stor opmærksomhed i Vesten: Når man iagttager japansk matematikundervisning, ser man mange af de “konstruktivistiske” idéer realiseret som det er så svært at gennemføre i Vesten. Og når man spørger hvordan lærerne gør, støder man på et andet højt udviklet stykke undervisningskultur: de såkaldte “lektionsstudier” som (med diverse tilpasninger) i de senere år er blevet meget populære i USA.*

Tidligere publiceret i: M. Lysberg (red.), *Tall og tallforståelse – fra telleremser til algebra*, s. 49-57. Trondheim: Matematikksenteret, 2008. Genoptrykkes her med tilladelse (og få ændringer).

## 1. Appetitvækker: Et mysterium om tal

Ude på den jyske hede finder raske motionsløbere en dag et forladt rumskib fra en fremmed planet. På rumskibets sider er indgraveret to mystiske budskaber som ingen rigtig kan forstå. De ser ud som på figur 1.



Figur 1. Symbolstrengene fra det ydre rum.

Selv om det ser mystisk ud, virker det som om der er en slags system i de to symbolrækker; fx indeholder den første række symbolet  $\bullet$  i hver anden række. Kunne det have noget at gøre med tal?

Faktisk er det jo en næsten “instinktiv” reaktion hos os at nummerere ting, og det virker som om der er tale om en række sammensatte tegn i hver række. Nummererer man den første række (som på figur 2), så er der måske flere ting der springer i øjnene, i det mindste hvis øjnene er lidt matematiktrænede.



Figur 2. Første symbolrække nummereret.

Fx kunne man lægge mærke til at “søjlerne” med kun ét symbol er nummereret 1, 2, 3, 5, 7, 11 og 13 – altså netop de tal som ikke har ægte divisorer. Med andre ord er de “primtal”, bortset fra tallet 1, men det er mere en praktisk konvention at det normalt ikke regnes som primtal. Man kunne også lægge mærke til at de øvrige søjler alle er sammensat af symbolerne fra disse specielle søjler; fx er søjle 4 sammensat af to gange  $\bullet$  (symbolet som står alene i søjle 2). Og som allerede nævnt genfinder vi symbolet  $\bullet$  i hver anden søjle, svarende til *de lige tal*. De lige tal er jo netop de tal som 2 går op i; når der så i 4. søjle står  $\bullet\bullet$  (på højkant), og i 8. søjle  $\bullet\bullet\bullet$ , så kunne det jo læses som hhv.  $2\cdot 2$  og  $2\cdot 2\cdot 2$ . Hypotesen bekræftes af de øvrige søjler. Fx finder vi i søjle 14 symbolerne for 2 og 7, som altså kan læses  $2\cdot 7$ . Forstået som matematisk meddelelse udsiger symbolrækken dermed at tallene – i det mindste fra 1 til 16 – enten ingen ægte divisorer har eller også kan skrives som produkt af de foregående tal (uden ægte divisorer). De ekstraterrestriske forfattere af meddelelsen er med stor sandsynlighed matematikere! Og de har formuleret deres version af følgende sætning der udsiger noget helt grundlæggende om tallenes anatomi:



*Aritmetikkens fundamentalsætning:* Ethvert naturligt tal kan på entydig måde skrives som et produkt af primtal. (Entydigheden gælder faktorerne i produktet, ikke deres orden).

Dette nydelige talteoretiske resultat er meget vigtigt og bruges i mange sammenhænge. Fx i forbindelse med *kodning*, der normalt bygger på at det for store tal kan være særdeles vanskeligt at *finde* primtalsfaktorerne selv om man altså ved at de findes og er entydigt bestemt.

På samme måde kan man analysere den anden række af symboler og nå frem til et andet resultat om primtal der dog er lidt anderledes eftersom intet bevis kendes. Det overlades til læseren at formulere resultatet (svarende til anden symbolrække) og undersøge den historiske baggrund for den jordiske udgave! Advarsel: Nogle elementer af svaret er givet i sidste afsnit i denne artikel.

## 2. En japansk superlektion

Man kan måske spørge hvilken interesse nogen kan have i at stille så mærkelig en opgave som den vi har diskuteret ovenfor. Hvorfor “gemme” et matematisk resultat i mystiske symboler under påskud af at de er afsat af rumvæsener? Hvorfor ikke gå lige til sagen: sætning og bevis (hvis beviset altså findes)? Disse spørgsmål er på en grundlæggende måde didaktiske, for de drejer sig om *hvordan* et stykke matematik præsenteres, og det må selvfølgelig afhænge af *hvem det præsenteres for*. At matematik selv på en fundamental måde er et didaktisk fag, kan man se allerede i tidlige læreværker som Euklids *Elementer* (der faktisk indeholder en teori om primtal): En “god” matematisk præsentation er en der er udformet med stor sans for detaljen og klarheden med henblik på at interessere og overbevise en bestemt målgruppe. Nu er der selvfølgelig fremstillinger af talteori der som foreslået går direkte til sætningen og dens bevis – *Euklids Elementer* eller moderne lærebøger i talteori, kunne være eksempler på en sådan tilgang. Men de henvender sig jo også til en særlig målgruppe: andre matematikere, eller matematikstuderende. Løsningen på problemet om en “passende” tilgang kunne tage sig anderledes ud hvis målgruppen fx var børn i 4. klasse der for første gang skal præsenteres for idéen om “primtal” og “sammensatte tal”.

Idéen til ovenstående opgave – i det mindste den del der vedrører den første symbolrække (“aritmetikkens fundamentalsætning” som vi lidt pompøst fortolkede den) – kommer fra en matematik-lektion konstrueret af et lærerteam under ledelse af den japanske matematiklærer Kozo Tsubota. Og lektionen er netop beregnet for børn i 4. klasse. I Tsubotas lektion præsenteres opgaven dog lidt anderledes: I første omgang er symbolerne ikke givet som en lang række, men de er tegnet hver for sig på store gule

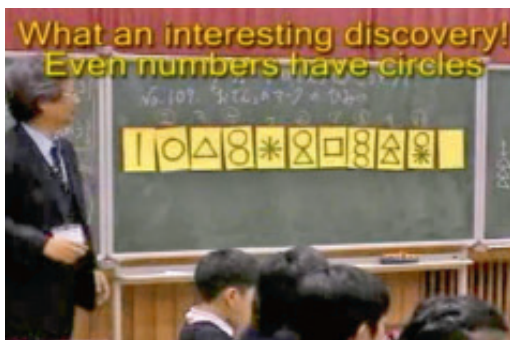
kort der er fastgjort med magneter til en tavle hvor de er anbragt tilfældigt mellem hinanden. Desuden er kun de første 10 symboler taget med, og derudover er der to gule kort som der ikke er tegnet noget på (se figur 3).

Udfordringen for eleverne er nu – givet dette virvar af symboler – at finde ud af hvad der skal stå på de to tomme kort. Det kan de selvfølgelig i første omgang kun gætte på; eleverne foreslår ivrigt forskellige symbolkombinationer der ligner de 10 givne, men som er forskellige fra dem (disse tegnes på tavlen). Det er en aktivitet som eleverne i begyndelsen går ivrigt op i – men det bliver hurtigt utilfredsstillende at der blandt de forskellige forslag ikke rigtig kan opnås enighed om noget der er “rigtigt” eller blot “mere rigtigt”. Læreren foreslår nu at for at afgøre hvad der skal stå på de to blanke kort, må man have et “system” i de første 10 symbolkombinationer og beder dem om at overveje dette. Nogle foreslår fx at ordne dem efter hvor mange enkeltsymboler der er på kortet, men det er stadig ikke rigtig nok til at finde “systemet”. Læreren siger så: “Nu vil jeg vise jer min ordning af symbolerne – så kan I se om I kan finde systemet.” Derefter ordner han symbolerne som vist i forrige afsnit som en række bestående af de 10 symbolkombinationer, nummereret fra 1 til 10. Og så udspiller “afsløringen” af systemet sig nogenlunde som i introduktionen (se figur 4). Herunder opstår den grundlæggende idé om primtal, nemlig de tal som må skrives med et nyt symbol fordi ingen af de foregående tal er divisorer. Og diskussionen af hvordan de to blanke kort – “11” og “12” – kan skrives, er nu en god lejlighed til hhv. at fæstne denne idé (fordi der skal laves et nyt symbol til 11) og til at bruge princippet om faktorisering ( $12 = 2 \cdot 2 \cdot 3$ ).

Et foreløbigt svar på hvad formålet med den mærkelige opgave med symbolkombinationerne er, kunne altså være at børn i 4. klasse – når opgaven pakkes passende ind – rent empirisk finder en interesse i den og derved får en mulighed for at nærme sig begreberne primtal og faktorisering der her udgør “nøglen” til at løse mysteriet. Det er vanskeligt at argumentere teoretisk for at en sådan opgave – i en given ind-



Figur 3. Første “møde” med symbolkombinationerne (fra CRICED, 2006).



Figur 4. Hovedfasen: Der arbejdes med "rækken" af symbolkombinationer (ibid.).

pakning – "virker" for en given målgruppe (om end det undertiden er muligt at give relevante teoretiske argumenter, se fx Winsløw, 2007). Indpakningen kan fx tænkes at hjælpe med at overkomme forskelle i elevernes forudsætninger: Hvis man stiller den med almindelige talsymboler, vil nogle elever måske hurtigt fjerne udfordringen for de andre fordi de umiddelbart genkender (eller husker) primtallene. Men det er i høj grad et empirisk spørgsmål om en given målgruppe kan have udbytte af en opgave.

Den relevante dokumentation vedr. opgaven med de mystiske symboler (inkl. den netop beskrevne "indpakning") findes i en kommercielt tilgængelig videooptagelse af lektionen (CRICED, 2006). Videoen viser en japansk 4. klasse som arbejder med opgaven og – gennem de nævnte skridt – løser den. Erfarne lærere vil også kunne forestille sig at denne erfaring hos eleverne senere kan bruges i forbindelse med andre aktiviteter og opgaver vedr. primtal og faktorisering.

### 3. Didaktisk miljø og didaktisk situation

Vi har ovenfor beskrevet en "opgave" i to forskellige "indpakninger" (meddelelse på rumskib og mystiske symboler på gule kort der efter et stykke tids udforskning af læreren anbringes i rækkefølge). Eksemplet kan bruges til at illustrere to afgørende typer af valg som skal foretages i forbindelse med en hvilken som helst undervisning i matematik:

- Der skal være en *aktivitet* (her en opgave) for eleverne som har et matematisk indhold.
- Aktiviteten skal *organiseres* på en måde der gør den tilgængelig for eleverne og giver dem mulighed for at få det ønskede udbytte af den (læring i en eller anden forstand).

Vi bruger et par begreber fra teorien om didaktiske situationer (Brousseau, 1997, cf. også Winsløw, 2006, kap. 7) til at gøre diskussionen af disse to afgørende valg mere præcis: "didaktisk situation" og "didaktisk miljø".

Aktiviteten består i dette tilfælde af at finde ud af meningen med den tidligere omtalte række af symboler, og det matematiske indhold drejer sig om primtal og deres rolle som byggesten for de naturlige tal. Det gælder om at *eleverne* udøver denne aktivitet, hvilket selvfølgelig ikke sker af sig selv. Der skal skabes en 'didaktisk situation' som gør det muligt for dem ("didaktisk" henviser her til arrangørens intention om at belære den der anbringes i situationen). Helt konkret skal de præsenteres for symbolerne og problemstillingen, måske vha. fysiske objekter (de gule kort) mv., og det gælder om at indrette alle disse forhold omkring elevernes arbejde sådan at det er udfordrende uden at være (eller virke) umuligt. Forholdene omkring elevernes arbejde – i den konkrete situation – kaldes det "didaktiske miljø". Det er de omgivelser der skal give den matematiske aktivitet næring og livsbetingelser samtidig med at der en vis modstand der skal overvindes. Det er et kunstigt miljø i den forstand at det er udtænkt og arrangeret af læreren med henblik på at eleverne lærer noget matematik. Det er også ofte en pointe at det der skal læres, er "gemt" i det didaktiske miljø – og at situationen er lagt til rette så det bliver udfordrende og lærerigt at "finde" den gemte viden.

I eksemplet udgør de mystiske symbolkombinationer kernen i det didaktiske miljø: Det er i dem den tilsigtede viden er gemt, i den forstand at tolkningen af dem forudsætter et ræsonnement om primtal og faktorisering. Men symbolerne gør det ikke alene; også lærerens instruktioner udgør en væsentlig ramme om problemstillingen og dermed om elevernes aktivitet. Når disse instruktioner er givet, må læreren – i det mindste i kortere perioder – overlade eleverne til sig selv og "spillet" i det didaktiske miljø. Jo mere velindrettet det didaktiske miljø er i forhold til elevernes forudsætninger og den tilsigtede viden, des mere kan eleverne lære af dette spil – netop når læreren trækker sig tilbage. Symbolkombinationerne ser ganske rigtigt mystiske ud ved første øjekast, men i det mindste når de er arrangeret i rækkefølge, er det muligt at tænke sig frem til at de svarer til faktoriseringer af tal, og at faktorerne udgøres af netop de tal der ikke selv kan faktoreres. Faktisk er det måske en særskilt pointe at symbolerne *ikke* er dem der almindeligvis bruges for tallene: Et positionstalsystem som det vi normalt anvender, er jo baseret på tallenes *additive struktur* ( $12 = 10 + 2$ ), mens de foreslåede symbolkombinationer netop angiver tallene ud fra deres *multiplikative struktur* ( $12 = 2 \cdot 2 \cdot 3$ ). Alternativet – at præsentere "regnestykkerne"  $1 = 1$ ,  $2 = 2$ ,  $3 = 3$ ,  $2 \cdot 2 = 4$ ,  $5 = 5$ ,  $2 \cdot 3 = 6$  osv. – ville givet ikke have samme effekt, om end der stadig kunne tænkes at foreligge et teoretisk fortolkningsarbejde. For børn i 4. klasse er de mystiske symboler utvivlsomt i sig selv en mulig kilde til fascination (med eller uden rumskib), og det er jo også dem der fungerer som "skjulested" for det stykke matematik som det er hensigten med miljøet at lade eleverne finde.

I en undervisningssituation er det endvidere karakteristisk at elevernes arbejde skal sættes i gang, reguleres undervejs (om nødvendigt) og afsluttes – normalt med læreren som ansvarlig i første og sidste led. Mere generelt skal lektionen *organiseres* omkring spillet i det didaktiske miljø, og der er her mange valgmuligheder. Skal problemstillingen præsenteres på en gang (som i “appetitvækkeren” til denne artikel) eller i flere tempi (som i Tsubotas lektion)? Under hvilke omstændigheder kan eller skal læreren gribe ind i elevernes arbejde i miljøet? Skal arbejdet med det didaktiske miljø være fælles for hele klassen eller foregå i grupper eller – evt. i kortere perioder – individuelt? Hvorledes skal der afsluttes? Skal de faglige hensigter og pointer formuleres som konklusion, eller skal der lægges op til en fortsættelse senere? Man kan sige at selv om vi har beskrevet det didaktiske miljø som eleverne skal arbejde med, så mangler vi stadig en plan for iscenesættelsen – “drejebogen” for den konkrete lektion. Og alle de beslutninger dette indebærer, vil også kunne have stor betydning for om arbejdet i miljøet lykkes.

Den japanske lektion vi nævnte, er opbygget med to hoveddele:

- En kortere “introduktionsfase” hvor læreren introducerer problemstillingen (hvad skal der stå på de to blanke kort?), og eleverne kommer med umiddelbare bud på “lignende symbolkombinationer”. Dette didaktiske miljø har ikke tilstrækkelig modstand til at kunne differentiere mellem forskellige “løsninger”, og det tjener da også mere til at gøre eleverne fortrolige med problemstillingen og miljøets materielle elementer.
- En længere “udforskningsfase” i et mere velstruktureret didaktisk miljø hvor eleverne får konkrete spørgsmål og i korte perioder overvejer dem individuelt, og hvor der som opsamling på hver af disse perioder af læreren udpeges elever som forklarer deres bud på svarene.

Man lægger i øvrigt mærke til at:

- i opsamlingsfaserne er læreren i meget høj grad ordstyrer, men validerer ikke elevernes svar som “rigtige” eller “forkerte”; kun udtrykker han i nogle tilfælde at de er “interessante”
- lektionen slutter med at symbolkombinationerne for 11 og 12 findes; forkerte bud på det sidste (svarende fx til  $2 + 2 + 2 + 2 + 2 + 2$ ) elimineres af andre elever, ikke af læreren
- læreren forsøger ikke at samle op på lektionen fx i form af mere generelle idéer såsom definitionen af primtal eller princippet om faktorisering i primtal; lektionen slutter slet og ret med at det oprindelige problem er løst af eleverne.

## 4. Drejebogen som kulturelt "script"

At en lektion forløber med visse faser der mere eller mindre synligt tjener til at muliggøre elevernes arbejde i et didaktisk miljø, er noget man især bliver opmærksom på ved observation af lektioner i en helt anden kontekst en ens egen. Et overraskende resultat af de såkaldte TIMSS-videostudier (se Stigler & Hiebert, 1999) er nemlig at der i en given skolekultur findes meget regelmæssige "scripts" for matematiktimerne. Det betyder at lektionsstrukturen varierer overraskende *lidt* inden for en given skolekontekst, mens der derimod kan være meget store forskelle fra et kulturelt system (som det japanske) til et andet (som det danske):

"The scripts for teaching in each country appear to rest on a relatively small and tacit set of core beliefs about the nature of the subject, about how students learn, and about the role that a teacher should play in the classroom. These beliefs, often implicit, serve to maintain the stability of cultural systems over time." (Stigler & Hiebert, 1999, s. 87-88)

Opdagelsen og beskrivelsen af disse "scripts" for matematiklektioner er blandt hovedresultaterne i TIMSS-videostudierne. Idéen er her at sammenligne videoptagelser fra forskellige lande af et stort antal tilfældigt udvalgte matematiklektioner på et givet klassetrin – både mht. lektionernes overordnede struktur og mere specifikke detaljer i deres forløb. Allerede de første TIMSS-videostudier fra 1995 viste meget slående forskelle mellem indhold og struktur i matematiklektionerne i Japan og i de to andre lande (USA og Tyskland). Et af de mere overordnede resultater er at matematiklektioner i Japan typisk har nogenlunde følgende struktur ("drejebog"):

- Læreren introducerer et åbent problem (på japansk: *hatsumon*).
- Eleverne arbejder med problemet, læreren observerer deres arbejde (*kikan-shido* – læreren "lytter").
- Eleverne præsenterer deres idéer eller løsninger idet læreren giver dem ordet i en rækkefølge der er bestemt af hans observationer under *kikan-shido* [en fase der kaldes *takuto* efter tysk *Taktstock*, dirigentstav].
- Disse diskuteres på klassen og af læreren (*neriage*, en slags rationel forhandling).
- Læreren afrunder (*matome*).

I Tsubotas lektion finder vi klart disse faser idet den første del (udforskning af de uordnede symbolkort) fungerer som introduktion til problemstillingen og en vis fortløbiggørelse med dens objekter. Og vi har allerede bemærket at afrundingen (*matome*) ikke nødvendigvis betyder at der konkluderes andet eller mere end at "vi har arbejdet med et problem og fundet et eller flere svar".

De “drejebøger” som TIMSS-videostudierne har fundet i flere vestlige landes matematikundervisning, kan siges at være variationer over følgende struktur:

- Læreren minder om hvad klassen arbejdede med sidst.
- Læreren introducerer en ny opgavetype og en teknik, og der vises nogle eksempler.
- Eleverne arbejder selv med flere eksempler hvor de skal bruge den viste teknik; læreren går rundt og hjælper dem der har brug for det.

Der er – til dels som en konsekvens af denne struktur – betydelig mindre fokus på at eleverne selv udvikler metoder eller teknikker, og det fremgår også på andre måder af TIMSS-videostudierne at en langt større andel af matematiktimerne i fx USA går med at eleverne træner brugen af “standardteknikker”. Man skulle jo så egentlig tro at elever med en sådan baggrund skulle klare sig relativt godt i internationale test der netop ofte har en tendens til at basere sig på korte, skriftlige opgaver der kan løses ved at mobilisere en standardteknik. Men faktisk klarer japanske elever sig bedre i sådanne test end eleverne i stort set samtlige vestlige lande (og det i såvel TIMSS-undersøgelserne som PISA-undersøgelserne).

Interessen for japansk matematikundervisning har da også været voksende i de vestlige lande, ganske særlig i de seneste 10 år. Det er ikke mindst fordi vestlige observatører – fx inden for rammerne af TIMSS-video-studierne – har opdaget at tidligere tiders fordomme om en disciplinbaseret japansk terpekultur ikke svarer til hvad man ser i virkelighedens japanske matematiktime. Tværtimod: Japansk matematikundervisning er, i det mindste i barneskolen, præget af en betydelig kreativitet både hos lærerne (i planlægningen af timerne) og hos eleverne (i deres arbejde i matematiktimerne). De to ting hænger sammen fordi matematiklærernes kreativitet især retter sig mod at maksimere elevernes matematiske kreativitet i timerne. For at forstå japansk matematikundervisning – med disse ret bemærkelsesværdige udtryk og resultater – er det altså i høj grad relevant at se på *de japanske matematiklæreres arbejdsformer og metoder*. Og her støder man så hurtigt på et højst overraskende fænomen som også ligger bag Tsubotas lektion: de såkaldte “lektionsstudier” (på engelsk “lesson studies” og på japansk: 授業研究 (*jogyou kenkyuu*)). Det sidste afsnit i denne artikel er viet til en kort diskussion af dette fænomen som også sætter de tidligere afsnit i et nyt lys.

## 5. Lektionsstudier – når undervisning bliver kollektiv

Et lektionsstudie handler kort sagt om at *planlægge en lektion med et bestemt fagligt mål* (som det gælder om at præcisere, men som normalt også refererer til lektionens funktion i et større undervisningsforløb). Lektionsstudier udføres af *team af faglærere*,

typisk *over et par måneder*. Helt centralt i lektionsstudiet står *lektionsplanen* som er en minutiøs beskrivelse af arbejdets resultater – herunder naturligvis “drejebogen” for lektionen. Det er også vigtigt at lektionsstudier i princippet er offentlige, og at resultaterne (lektionsplanen) i princippet kan bruges af andre lærere; samtidig er lektionsstudier baseret på at lærerne *observerer hinandens undervisning* (under brug af den fælles lektion). Endelig er der tale om en meget udbredt praksisform i Japan – stort set alle grundskoler har regelmæssige lektionsstudier (Stigler & Hiebert, 1999, s. 110-111).

Det måske umiddelbart mest overraskende er nok at man i et lektionsstudie arbejder i flere måneder på at udforme *en enkelt* lektion. Det er da en forberedelsesfaktor der vil noget! Men der er flere forklaringer på at det ikke er så dumt endda:

- For det første kommer man virkelig i dybden med det faglige indhold ikke bare i den foreliggende lektion, men også i relation til andre dele af læreplanens matematikindhold – både forudsætninger for lektionen og de ting den indvundne viden senere skal bruges til. At fokusere på en enkelt lektion er således også med til at styrke lærernes bevidsthed og viden om den faglige sammenhæng mellem lektioner.
- Fordybelsen i det faglige indhold sker *fra elevernes synspunkt* i den forstand at det drejer sig om at optimere det “didaktiske miljø” som eleverne møder indholdet i, og rammerne omkring dette miljø (situationens struktur/forløb).
- Den lektion som er under udvikling, afprøves flere – ofte mange – gange i forskellige versioner hvor et af lektionsstudiegruppens medlemmer underviser, og de andre observerer. På den måde bliver genstanden for observationen ikke den enkelte lærer, men den fælles lektion (herunder både situationens struktur og miljøets detaljer) som det gælder om at udvikle.
- På en skole hvor der regelmæssigt afholdes lektionsstudier, vil man over tid få opbygget et “bibliotek” af lektionsplaner, og lektionsplaner publiceres i øvrigt både regionalt og (for særlig fremragende skolers vedkommende) nationalt. Dermed vil lektionsstudier typisk tage udgangspunkt i tidligere lektionsplaner – enten egne eller andres – og det er hovedpointen med dem (dvs. de skal ikke opfattes som lektioner der tænkes brugt af hvem som helst, a la britiske “teacher proof lessons” – en uhyrlighed som ville være utænkelig i Japan). Det medvirker til at skærpe sansen for detaljen i undervisningen, hvis kompleksitet ofte forsvinder i den mere almene “pædagogiske” lærerværelsessnak.

En anden meget vigtig pointe i lektionsstudiearbejde er at det foregår i matematiklærerteam og derved indgår i lærerteamets kontinuerlige og fælles professionelle udvikling. Fokus er på udviklingen af teamets *undervisning* – ikke på udvikling af den enkelte lærer. Der er i den japanske undervisningskultur en fundamental tro på



at man kan udvikle *undervisningens* kvalitet gennem et forskningslignende arbejde med de enkelte lektioner (se fx Lewis, 2002). Undervisning bliver således ikke i første række lærerens private og individuelle ansvar. Den bagvedliggende forberedelse er kollektiv og har flere forskningslignende træk (Miakawa & Winsløw, u. udg.).

Endelig spiller den systematiske, didaktisk fokuserede *observation af undervisning* en fundamental rolle i lektionsstudier. Ikke blot andre lærere fra skolen, men også lærere fra andre skoler og endog forældre eller interesserede fra udlandet kan observere undervisningen i en japansk skole – uden særlige formaliteter og uden at læreren føler sig forulempet af det. Den erfaring at man kan lære af at observere andre lærere – og af deres observationer – stammer tilbage fra Meiji-tiden i slutningen af det 19. århundrede (se fx Isoda et al., 2007, kap. 2). Også dette medvirker til at gøre undervisning til noget kollektivt snarere end en privatsag.

Man kan læse mere om lektionsstudier i de referencer der er nævnt nedenfor. Den engelsksprogede litteratur om “lesson study” er i dag ganske omfattende, især fordi lektionsstudier er blevet temmelig udbredt i specielt USA inden for de seneste 7-8 år, naturligvis i mere eller mindre tillempede former. Også i svensk sammenhæng er der gjort enkeltstående forsøg med lektionsstudier (se fx Akerlund, 2005). I Danmark planlægges de første forsøg med formatet med start i 2009 som et projekt inden for rammerne af det nye videnscenter for matematikdidaktik (NAVIMAT). Det skal understreges at det ikke er en enkel opgave at omplante – og tilpasse – et så intrikat stykke undervisningskultur til en ny kontekst, hvad erfaringerne fra USA på mange måder viser (Lewis, 2002).

Vi vil nu vende tilbage til eksemplet med talmysteriet for at se hvad det har at gøre med lektionsstudier. Vi nævnte at lektionen – i den version som blev beskrevet som en “superlektion” – er udviklet af en lærer ved navn Kozo Tsubota (som optræder på figur 3 og 4). Manden er berømt blandt matematiklærere i Japan – for han er leder af et matematiklærerteam der har udarbejdet adskillige nationalt publicerede lektionsplaner. Han har personligt fremvist disse undervisningsdesign ved talrige regionale og nationale lærerkongresser. Jeg mødte ham for første gang “i levende live” på en international kongres i Mexico – og det var mig der genkendte ham.

I Japan er det således almindeligt at særlig fremragende lærerteam *publicerer* og *demonstrerer* deres lektioner offentligt og naturligvis frem for alt over for andre lærere – og deres ledere kan høste betydelig professionel anerkendelse, undertiden berømmelse. Sådanne “ikoner” er naturligvis i sig selv af betydning for den meget store prestige som lærerfaget har i Japan.

Videoen af lektionen som blev omtalt i afsnit 2 (jf. figur 3 og 4), er optaget ved en lærerkongres i Tsukuba med flere hundrede deltagere. Det er således ikke “rigtig” undervisning – men det at lektionen fungerer med en lokal klasse, en for eleverne

ukendt lærer og flere hundrede tilskuere, gør måske ikke demonstrationen mindre overbevisende.

På den anden side kan det ikke nægtes at lektionsstudier – og især denne offentlige “fremvisning” og diskussion af lektioner – udfordrer vores sædvanlige forestillinger om hvad undervisning er. Der er følgende to muligheder:

- Et naturligt fænomen i klasseværelset og skolekonteksten som uden for dette ingen regelmæssighed eller blot eksistens kan have
- Et offentligt tilgængeligt stykke design som kan fremvises, studeres og udvikles systematisk på tværs af lærere, klasser og skoler.

Det er selvfølgelig to ekstreme synspunkter, men jeg tør godt sige at jeg tror det sidste synspunkt har fremtiden for sig – både når det gælder den praktiske udvikling af undervisning, og når det gælder forskning i matematikkens didaktik.

Lektionsstudier er en blandt flere praktiske måder at professionalisere undervisningsarbejdet på, og de gør det ikke mindst ved at give et fælles og offentligt rum til dette arbejde og den tilhørende professionelle viden. Et fælles, offentligt rum hvor den professionelle viden kan cirkuleres, udvikles og udfordres i en rationel, praksisbaseret dialog – det er måske netop hvad lærerprofessionen i mange lande savner. Mange udviklingsprojekter hos os har vel haft succes ved at etablere et sådant rum, dog typisk kun lokalt og for en kort periode. At man i *et helt skolesystem* har en så solid og permanent tradition for at organisere sådanne rum – i form af lektionsstudier – det er måske det allermost interessante ved den japanske undervisningskultur, som vi her blot har forsøgt at løfte lidt af det eksotiske slør for.

Til sidst løfter vi sløret for hvad den anden symbolrække i figur 1 betyder (idéen til denne lille udvidelse af opgaven skyldes min kollega, Frederik V. Christiansen). Mens første symbolrække viser de naturlige tal som *produkter* af primtal, viser den anden tallene fra 4 og fremefter som en *sum af to primtal* (hvis tallet er lige) og som en sum af to primtal + 1 (hvis tallet er ulige). Fx er  $16 = 5 + 11$ . Hvis man tænker sig at dette fortsætter – på samme måde som med første symbolrække – får man Goldbachs formodning: Ethvert lige tal (bortset fra 2) er summen af to primtal. Vi taler om en formodning fordi der intet bevis kendes. Der er dog god grund til at tro at formodningen er sand: For tiden (januar 2009) er den verificeret ved computerberegninger for tal med op til 18 cifre (1 milliard milliarder; se Oliveira e Silva, 2008). Men der kunne jo være en større undtagelse ... og den der kan *bevise* Goldbachs formodning (dvs. give et argument som gælder for *alle* lige tal og dermed gøre formodningen til en *sætning*), vil høste evig hæder og i øvrigt også blive meget velhavende.

## Referencer

- Akerlund, S. (2005). Utveckla undervisning tillsammans. *Nämnamnaren*, 3, s. 17-21.
- Brousseau, G. (1997). *Theory of didactical situations in mathematics*. Kluwer: Dordrecht.
- CRICED. (2006). *Exploring Japanese mathematics lessons – prime and composite numbers*. Video. Centre for Research on International Cooperation in Educational Development, University of Tsukuba.
- Fernandez, C. (2005). Lesson Study: A means for elementary teachers to develop the knowledge of mathematics needed for reform-minded teaching? *Mathematical Thinking and Learning*, 7(4), s. 265-289.
- Fernandez, C. & Yoshida, M. (2004). *Lesson study: A Japanese approach to improving mathematics teaching and learning*. Mahwah: Lawrence Erlbaum.
- Isoda, M., Stephens, M., Ohara, Y. & Miyakawa, T. (2007). *Japanese lesson study in mathematics. Its impact, diversity and potential for educational improvement*. Singapore: World Scientific.
- JSME, Japan Society for Mathematics Education. (2000). *Mathematics teaching in Japan*. Tokyo: JSME.
- Lewis, C. (1995). *Educating hearts and minds: Reflections on Japanese preschool and elementary education*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Lewis, C. (2002). *Lesson study: A handbook for teacher-led improvement of instruction*. Philadelphia: Research for Better Schools.
- Lewis, C. (2002). Does Lesson Study Have a Future in the United States? *Nagoya Journal of education and Human Development*, 2002 (1), s. 1-23.
- Miyakawa, T. & Winsløw, C. (under udgivelse). Un dispositif japonais pour le travail en équipe d'enseignants: étude collective d'une leçon. *Education et Didactique*.
- Oliveira e Silva, T. (2008). *Goldbach conjecture verification*. Lokaliseret den 12. januar 2009 på: [www.ieeta.pt/~tos/goldbach.html](http://www.ieeta.pt/~tos/goldbach.html).
- Padilla, M. & Riley, J. (2003). *Guiding the new teacher: induction of first year teachers in Japan*. I: E.Britton et al. (red.), *Comprehensive teacher induction. Systems for early career learning*. Kluwer: Dordrecht.
- Stigler, J.W. & Hiebert, J. (1999). *The teaching gap: Best ideas from the world's teachers for improving education in the classroom*. New York: Summit Books.
- Winsløw, C. (2006). *Didaktiske elementer: en indføring i matematikkens og naturfagenes didaktik*. Frederiksberg: Biofolia.
- Winsløw, C. (2007). Didactics of mathematics: an epistemological approach to mathematics education. *The Curriculum Journal*, 18/2007(4), s. 523-536.

# Kropslige øvelser i fysikundervisning



Jesper Bruun,  
Institut for  
Naturfagenes  
Didaktik,  
Københavns  
Universitet

**Abstract** *Kropslige øvelser i fysikundervisningen kan give elever og studerende en anden måde at repræsentere og bearbejde viden på end dem fysikundervisningen traditionelt tilbyder. De kan virke motiverende på elever og studerende fordi de aktivt involverer dem i læringsprocessen. I denne artikel giver jeg to eksempler på kropslige øvelser der kan bruges i forbindelse med undervisning i fysik i gymnasiet. Den ene kan give en kropslig intuition for kraftbegrebet, mens den anden søger at illustrere og koble grundbegreberne bølgelængde, frekvens og bølgehastighed. Undervisere i fysik kan bruge den kropslige øvelse om kraftdiagrammer på A- og B-niveau, mens øvelsen om bølgebevægelse kan bruges fra C-niveau.*

## Indledning

I mit speciale (Bruun, 2008) udviklede og afprøvede jeg nogle undervisningsforløb på to gymnasieklasser der havde fysik. De indeholdt blandt andet en række kropslige øvelser som jeg udviklede til formålet. Forløbene indgik som en integreret del af klassernes undervisning, og den del af undervisningen hvor vi afviklede de kropslige øvelser, stod jeg for. Efterfølgende har jeg brugt kropslige øvelser i undervisning både i gymnasiet og på Københavns Universitet.

En kropslig øvelse i fysikundervisningen er som navnet antyder, noget der involverer deltagerens kroppe. Kropslige øvelser er en måde at repræsentere viden om fysik på (Dolin, 2002). Ligesom der findes for eksempel matematiske og visuelle modeller af fysiske begreber og processer, kan vi også lave kropslige modeller<sup>1</sup>.

---

1 Jens Dolin anvender begrebet "den kinæstetiske repræsentationsform". Jeg har i denne artikel valgt at bruge kropslig som synonym for kinæstetisk.

Disse modeller kan i princippet være enten kvalitative og måske fungere som en indgang til et emne, eller de kan være kvantitative således at eleverne ved hjælp af dem kan afdække fysiske sammenhænge.

Kropslige modeller i fysik lader eleverne agere de objekter og begreber som fysikken beskæftiger sig med. Eleverne kan for eksempel lege at de er konkrete ting som atomer, protoner og elektroner. De kan også simulere mere generelle begreber som flux, bølger og legemer.

Modeller der involverer elevernes kroppe på en aktiv måde, bliver brugt af nogle gymnasielærere, men der er ikke meget litteratur der beskæftiger sig med udviklingen og brugen af sådanne øvelser. Denne artikels mål er at præsentere et par af de øvelser jeg har udviklet og brugt i undervisningssammenhænge samt at videregive nogle af de erfaringer med med kropslige øvelser som jeg har opbygget. Dermed håber jeg at artiklen kan tjene dels som inspiration til at finde på flere øvelser, dels til at udvikle et sprog og en struktur der gør det muligt at diskutere kropslige øvelser.

Det kan være nyttigt at skelne mellem modeller og øvelser. Min egen skelnen går på at en kropslig øvelse er en konkretisering af en kropslig model. Det betyder at hvis du har en kropslig model, kan du lave mange forskellige øvelser hvor du anvender modellen. Jeg vil dog ikke komme videre ind på forholdet mellem modeller og øvelser her.

Artiklen er struktureret som følger. Først uddyber jeg nogle aspekter af kropslige øvelser ud fra de to tabeller herunder. Herefter gennemgår jeg nogle muligheder for hvordan eleverne kan arbejde med kropslige øvelser. Denne type undervisning indeholder erfaringsmæssigt nogle faldgruber, og dem forsøger jeg at skitsere. Endelig giver jeg nogle argumenter for at bruge disse øvelser som en integreret del af undervisningen. Data og undervisningsmateriale fra afholdte forløb er præsenteret i detalje andetsteds (Bruun, 2008).

**Tabel 1:** *En præsentation af en kropslig øvelse der illustrerer bølger.*

<b>Titel: Bølgeøvelsen</b>
<b>Fagligt indhold:</b> Amplitude, bølgelængde, frekvens, bølgehastighed
<b>Faglige mål:</b> Eleverne får en fornemmelse af grundbegreberne i bølgelæren. Eleverne udvikler en fornemmelse af grundlæggende mekanismer der kan frembringe bølgebevægelse. Endelig kan eleverne udvikle en forståelse for bølgeligningen.
<b>Materialer og logistik:</b> Et sted der har plads til at eleverne kan stå i rundkreds eller på linje. Eventuelt <ul style="list-style-type: none"> <li>• et videokamera</li> <li>• metronom</li> <li>• musik med et tydeligt og konstant beat</li> <li>• målebånd eller tilsvarende til at måle bølgelængde.</li> </ul>

**Opsætning:** Eleverne stiller sig side om side i en rundkreds eller på linje. En rundkreds gør at eleverne kan se hinanden, mens en linje vil gøre det nemmere at optage med et videokamera.

**Definitioner, regler og forløb:** Øvelsen går ud på at deltagerne laver "bølgen", kendt fra stadioner verden over. Det kan fx være ved at bevæge strakte arme fra en position hvor de er nede langs siden, til en position hvor de er oppe over hovedet.

Ad hoc-begreber:

- Op-ned-bevægelse. Den oscillerende bevægelse som deltagerne skal lave.
- Op-ned-hastighed. Den hastighed hvormed deltagerne bevæger armene op og ned.
- Reaktionsvinkel. Den vinkel en deltager skal bevæge armene til før næste deltager må begynde sin op-ned-bevægelse.
- Reaktionstid. Den tid der går inden en deltager må reagere og begynde sin op-ned-bevægelse.
- Deltagerafstand. Den afstand der er mellem deltagerne.

Der er to regler:

1. Den enkelte deltager skal time sin påbegyndelse af op-ned-bevægelsen med sidemandens. Enten reagerer de på en vinkel (reaktionsvinkel), eller også reagerer de på sidemandens påbegyndelse af bevægelsen (reaktionstid).
2. Alle deltagers arme skal holde den samme vinkelhastighed i op-ned-bevægelsen. Dette kan gøres ved at indføre en metronom eller musik med et tydeligt og konstant beat.

Øvelsen forløber ved at en deltager sætter bølgebevægelsen i gang. Derefter kører den en runde hvorefter den stopper. Læreren kan eventuelt stoppe eleverne midt i runden for at undersøge bølgelængden. Eller en deltager kan følge med rundt for at undersøge bølgehastigheden. Øvelsen varieres ved at fokusere på de forskellige ad hoc-begreber.

**Elevudvikling af øvelsen:** Eleverne kan her inddeles i grupper som diskuterer nedenstående ændringer. Hvordan hænger ad hoc-begreberne sammen med fagtermerne? Hvordan ændres bølgelængde, frekvens og bølgehastighed?

- Op-ned-hastighed ændres (frekvensændring).
- Reaktionsvinklen ændres (ændring af bølgelængde).
- Reaktionstid fastholdes, op-ned-hastighed ændres (svarer til at fastholde bølgehastigheden).
- Elevafstanden ændres (ændring i densitet).

Læreren kan bede eleverne komme med forudsigelser som testes ved at udføre øvelsen igen.

**Pointer til opsummering:**

- Op-ned-hastighed er det samme som frekvens.
- Ved højere frekvens skal eleverne bruge mere energi for at udføre bevægelsen ( $E = hf$ ).
- Reaktionsvinklen er omvendt proportional med bølgelængden.
- Læreren kan sammenligne med fjederlignende kræfter i faste materialer.
- At fastholde reaktionstiden svarer til at fastholde bølgehastigheden.
- Det vil sige at hvis de ændrer frekvensen, vil bølgelængden også ændres.
- Kobling til ligningen  $c = \lambda v$ .

**Tabel 2:** En præsentation af en kropslig øvelse om kraftdiagrammer.

<p><b>Titel: Kraftdiagram for en kasse på et underlag</b></p>
<p><b>Fagligt indhold:</b> Kræfter, kraftdiagrammer, hastighed, acceleration, dynamisk og statisk friktion</p>
<p><b>Faglige mål:</b> Eleverne skal få en fornemmelse af de kræfter der er involveret når de trækker et objekt hen over et underlag. Fysikbøger illustrerer gerne objektet med en kasse, men af praktiske årsager kan de i denne øvelse bruge en kontorstol.</p>
<p><b>Materialer og logistik:</b> Til hver gruppe af elever skal bruges:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• En kontorstol</li> <li>• Et stykke reb</li> <li>• Musik med et tydeligt og konstant beat</li> <li>• En fjedervægt (til lystfiskerbrug)</li> <li>• Områder med forskellige typer underlag</li> <li>• Eventuelt store linealer og vinkelmålere</li> <li>• Videokameraer (evt.).</li> </ul>
<p><b>Opsætning:</b> Eleverne inddeles i grupper a 3-4 personer. Rebet monteres på kontorstolen, og fjedervægten monteres på rebet.</p>
<p><b>Definitioner, regler og forløb:</b> Der er ikke udviklet specielle definitioner til denne øvelse. De relevante fagbegreber forudsættes kendt; ellers bør de pointeres. Til gengæld lægger øvelsen op til at måle vinkler, hastighed og kraft. Her er idéer til hvordan deltagerne kan gøre dette:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hastighed. Lad deltagerne opnå konstant hastighed ved at gå til et beat med en konstant skridtlængde. Deltagerne opmåler skridtlængden og finder beats pr. minut. Herefter kan de beregne hastigheden.</li> <li>• Snorens vinkel. Snoren holdes i en nogenlunde ens højde under bevægelsen. Deltagerne kan nu måle snorens længde og højden så de kan beregne vinklen.</li> <li>• Kraftens størrelse. Fjedervægten viser et antal kilogram som eleverne kan aflæse.</li> </ul> <p>Øvelsen forløber ved at en elev sidder i stolen, en anden trækker i rebet, og de(n) sidste står for målinger. En øvelsesvejledning findes i <i>Krop og computer i fysikundervisningen</i> (Bruun, 2008). Her er øvelsen og elevreaktioner også diskuteret i detaljer.</p> <p>Reglerne for denne øvelse er kun af sikkerhedsmæssig karakter. Eleverne bør ikke bevæge sig for hurtigt da stolen kan kæntré, eller der kan ske sammenstød.</p>

**Elevudvikling af øvelsen:** Eleverne har mange muligheder for at arbejde med denne øvelse. De kan fx:

- teste den optimale trækvinkel for forskellige underlag
- teste forskellen på dynamisk og statisk friktion
- overveje oscillerende kræfter
- opstille kraftdiagrammer ud fra øvelsen
- tilføje objekter.

Øvelserne kan måske danne baggrund for en fysikrapport.

**Pointer til opsummering:** Opstil separate kraftdiagrammer for stol og personen der trækker. Diskuter gyldigheden af analogien mellem at trække en stol hen over et underlag og at trække en kasse hen over et underlag.

## Kropslige øvelser

I dette afsnit gennemgår jeg nogle erfaringer med og betragtninger om brugen af kropslige øvelser i fysikundervisningen. Disse erfaringer er konkretiseret i form og indhold i tabellerne. Nogle af erfaringerne er banale, men jeg har fundet det nyttigt at skrive dem ned alligevel.

### *Fagligt indhold og faglige mål*

Det er nødvendigt for alle undervisningsforløb at forholde sig til læreplaner og pensum ligesom det er en fordel for både lærer(e) og elever at være helt klar over hvad de faglige mål er. Derfor er det ikke nogen overraskelse at hver øvelse kræver en klargøring af hvad de faglige indhold og mål er.

Øvelserne kan meget vel have pædagogiske og sociale mål i tilgift ligesom det at arbejde med og udvikle disse øvelser kan bidrage til deltagernes kompetencer. Jeg vil ikke komme videre ind på kompetence- og sociale aspekter da jeg ikke mener at de er blevet undersøgt i tilstrækkelig grad. En undersøgelse fra USA (Slater, Cherilynn & Timothy, 2008) viser dog at elever med faglige og sociale problemer kan have udbytte af kropslige øvelser.

Den første reaktion på idéen om kropslige øvelser er gerne at de er for de fagligt svage, og at det er begrænset hvor svært fagligt stof sådanne øvelser kan formidle. Der synes dog ikke at være undersøgelser som bekræfter de to holdninger.

De to øvelser i denne artikel har fagligt indhold svarende til C-niveau (tabel 1) og A- eller B-niveau (tabel 2). Læg mærke til at bølgeøvelsen er tænkt så den kan integreres med den formelle, matematiske del af undervisningen, mens den anden øvelse kan fungere som udgangspunkt for en fysikrapport.



## *Materialer og logistik*

I forhold til traditionel fysikundervisning ligner kropslige øvelser gerne en mellemting mellem en idrætstime og eksperimentelt arbejde i fysik. Begge aktiviteter kræver planlægning af hvor eleverne skal være, hvordan de skal inddeles, hvilke materialer de skal have adgang til og så videre.

Hvis du som lærer bruger kropslige øvelser som en integreret del af undervisningen – for eksempel efter en klassesdiskussion – skal du afsætte tid til at klassen kan begynde opsætningen af øvelsen. Det kan være at bordene skal rykkes rundt, eller at eleverne skal ned i en gymnastiksal. Materialerne bør være klar til brug så undervisningen ikke bliver afbrudt unødigt.

I de to øvelser i denne artikel har jeg inkluderet videokameraer som en mulighed. De er ikke nødvendige, men de kan bruges både til at behandle data og i pædagogisk øjemed. En lærergruppe kan fx kigge materialet igennem og se hvordan eleverne reagerer på at lave sådanne øvelser.

Ligesom fysiklaboratoriet har sine klassikere (fx multimetret og strømforsyningen), er der formentlig nogle materialer som viser sig specielt nyttige. For eksempel har eleverne brugt musik med et tydeligt og konstant beat til at opnå konstante hastigheder selv om det har været med varierende succes. Det er muligt at en metronom er bedre til at opnå denne effekt, men min oplevelse er at eleverne synes det er en sjov måde at bruge musik på.

## *Opsætning*

Opsætningen af øvelsen svarer til en forsøgsopstilling i fysiklaboratoriet. Alle har deres bestemte pladser at tage udgangspunkt i, og elever og lærer(e) kan undersøge om alt udstyret er til stede og virker. Nogle øvelser vil kræve at eleverne i denne fase deles i grupper. I bølgeøvelsen er det ikke nødvendigt, mens kasseøvelsen kræver grupper a 3-4 deltagere.

## *Definitioner*

I bølgeøvelsen har jeg indført nogle begreber der beskriver den enkelte deltagers bevægelse. Tanken er at sådanne ad hoc-begreber er mindre abstrakte end fysikkens begreber. De lægger sig forhåbentlig mere op ad elevernes umiddelbare forståelse af hvad der foregår. I bølgeøvelsen er de meget konkrete, og det står selvfølgelig læreren frit for at finde på navne som passer til elevernes forforståelse. Det er meningen at eleverne i løbet af øvelsen skal kunne relatere ad hoc-begreberne til de fysikfaglige begreber som øvelsen skal give indsigt i.

Ad hoc-begreber kan også være præfaglige udtryk – det vil sige elevernes egne ord for fysikfaglige begreber (Dolin, 2002). I så fald kan en del af øvelsen gå ud på at eleverne får oversat præfaglige udtryk til korrekte fysikfaglige begreber.

## *Regler og forløb*

Nogle kropslige øvelser tager udgangspunkt i at eleverne mærker fysikbegreberne på egen krop. Øvelsen om kraftdiagrammer (kasseøvelsen) er et eksempel på en sådan øvelse. Her skal de (be)mærke de kræfter der er involveret, eventuelt i form af en acceleration eller en konstant hastighed. Den slags øvelser har ikke nogen egentlige regler ud over sikkerhedsregler.

Bølgeøvelsen er anderledes. Den virker nemlig kun efter hensigten hvis den enkelte deltager følger de to regler der er givet. Reglerne kan minde om regler for leg eller sport. I bølgeøvelsen giver disse to lokale regler en global opførsel, nemlig bølger.

Kasseøvelsen er en illustration af fagligt svære begreber. Baggrunden for denne type øvelse er at elever gerne har forforståelser i mekanik som de henter fra en personlig kropslig forståelse (Reiner, 2000). Det er ikke sikkert at deres kropslige forståelse er rigtig, og øvelsen er et forsøg på at bringe deres kropslige forståelse af kraft mere i overensstemmelse med mekanikkens forståelse af kraft. Bølgeøvelsen er i kontrast hertil en illustration af et naturligt forekommende fænomen som involverer mange samarbejdende dele. Da mennesker ikke normalt samarbejder på denne måde, kræver øvelsen at deltagerne følger reglerne for at opleve fænomenet.

## *Elevudvikling af øvelsen*

Det er muligt for eleverne at arbejde selvstændigt med kropslige modeller. Hvor meget ansvar læreren vil give eleverne for selv at udvikle og uddrage faglige pointer af øvelserne, er selvfølgelig op til den enkelte. I de to tabeller har jeg skitseret nogle muligheder for elevernes selvstændige arbejde med øvelserne.

Hvis ikke eleverne har arbejdet med kropslige øvelser før, kan det være en udfordring for dem overhovedet at forstå formatet. Derfor kan det være en overvejelse værd at lave ret udførlige hjælpebeskrivelser i starten for senere at udfordre eleverne lidt mere.

De gange jeg selv har arbejdet med elevudvikling af kropslige øvelser, har jeg lagt vægt på dels en legende tilgang og dels at gå meget rundt mellem grupperne og hele tiden spørge til hvad de kan vise. De har jo netop noget helt konkret de kan vise fordi de bare skal bruge deres egne kroppe.

## *Opsummering af essentielle pointer*

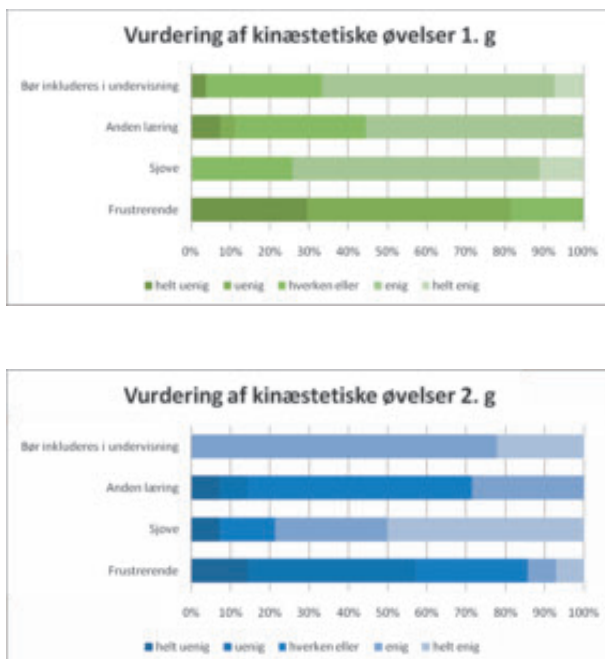
Som regel kan gruppearbejde afsluttes med en klassediskussion hvor læreren kan arbejde med elevernes faglige forståelse. Bølgeøvelsen er et eksempel på en øvelse hvor læreren med fordel kan opsummere faglige pointer lige når øvelsen er afsluttet. Det er nemlig ikke givet at eleverne nødvendigvis har fået den ønskede helhedsoplevelse af øvelsen. Det kan for eksempel være at de har været opmærksomme på at overholde

reglerne hvilket ofte sker i bølgeøvelsen. I en diskussion efter øvelsen kan eventuelle observatører (læreren, en gruppe) gøre opmærksom på hvad de så.

## Fordele og faldgruber

Kropslige øvelser indeholder stor mulighed for at gøre eleverne aktive. Det kan give en række positive effekter – for eksempel at øvelsen bliver autentisk for eleverne. Så opfatter eleverne øvelsen som relevant for dem enten i deres hverdag eller fordi den kan sættes i en større sammenhæng (Dolin, 2002). Det kan give nogle solstrålehistorier fordi eleverne føler ejerskab over for øvelsen. I en af afviklingerne af bølgeøvelsen foreslog en elev for eksempel at en måde at ændre bølgelængden på simpelthen var at øge afstanden mellem deltagerne.

I “Krop og computer i fysikundervisningen” har jeg blandt andet arbejdet med elevernes oplevelse af kropslige øvelser. Eleverne arbejdede også med traditionel klasseundervisning, og jeg testede desuden nogle computerøvelser. Lærerne og jeg kunne observere at der var en meget høj grad af elevaktivitet under både computerøvelser og kropslige øvelser, og eleverne syntes også at de kropslige øvelser var både sjove og givende (figur 1).



**Figur 1.** Elevernes vurdering af kinæstetiske (kropslige) øvelser. Feltet “anden læring” går på om de mente at de lærte noget de ellers ikke ville have lært.

I en af de to klasser jeg arbejdede med, var emnet kraftdiagrammer, og der er udviklet velafprøvede test af elevernes forståelse af kræfter, for eksempel multiple-choice-testen Force Concept Inventory der også er oversat til dansk (Center for Naturfagernes Didaktik, 1999). Testen indeholder nogle spørgsmål som er næsten identiske set ud fra en fysikers synspunkt. For eksempel går et af spørgsmålene på at angive kræfter for et barn på en gyng. Et andet af spørgsmålene hidrører en kugle der kører igennem et glat, cirkulært rør. Eleverne skal nu vælge hvilke kræfter der virker på objektet. Spørgsmålene har præcis samme svarmuligheder hvoraf kun én er rigtig. Fysisk set er der faktisk tale om samme situation, så det er kun konteksten der er ændret.

Nedenstående figur viser en kanal/rende af form som et cirkeludsnit, med centrum i O. Du ser kanalen ovenfra, mens den ligger på et vandret bord. Kanalen kan betragtes som gnidningsfri, lige som man kan se bort fra kræfter forårsaget af luften. En kugle skydes med høj fart ind i kanalen ved P, og den forlader kanalen ved R.



Følgende figur viser en dreng, der gynger. Han starter fra et punkt, som er højere beliggende end P.

Betragt følgende kræfter:

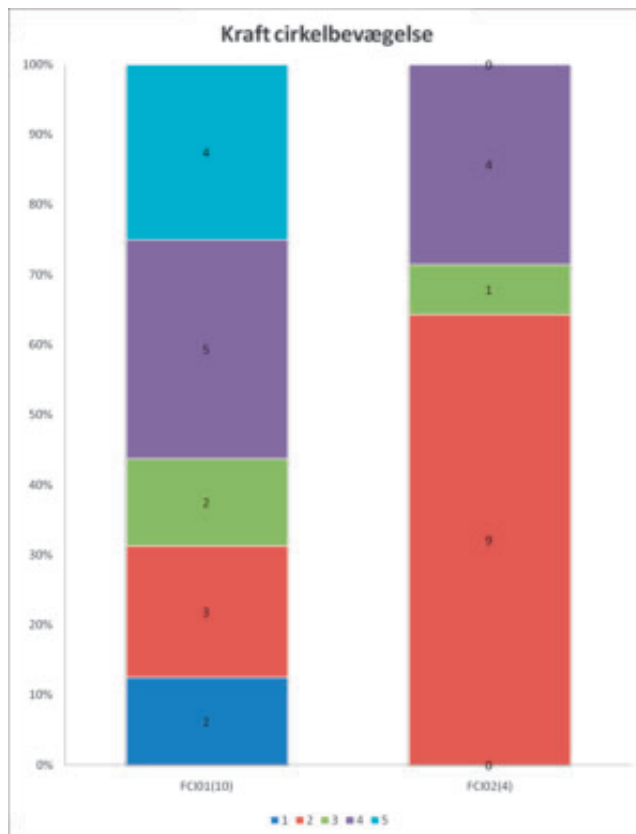
- A. en nedadrettet gravitationskraft.
- B. en kraft forårsaget af rebet, som peger fra P mod O.
- C. en kraft i retning af drengens bevægelse.
- D. en kraft, der peger fra O mod P.



**Figur 2.** To opgaver fra den danske oversættelse af Force Concept Inventory (FCI).

Svarmulighederne til begge opgaver var 1) kun A, 2) A og B, 3) A og C, 4) A, B og C og 5) A, C og D.

Det ene spørgsmål indgik i en minitest for klassen der havde om kraftdiagrammer, før undervisningsforløbene, og det andet spørgsmål i en minitest efter forløbene. Eleverne var blevet udsat for både traditionel undervisning, computerøvelser og kropslige øvelser, så det er ikke til at sige hvad der virkede, men som figur 3 viser, er der sket en mærkbar ændring i positiv retning.



**Figur 3.** Her ses elevernes svar før og efter undervisningsforløbene. Den korrekte svarmulighed er 2) A og B.

Et problem med kropslige øvelser kan være at de kræver meget tid. Det kræver tid at udvikle dem, forberede dem og afvikle dem. De to første problemer vil aftage hvis lærerne opbygger både øvelser og materiel til at udføre dem. Det er ikke sikkert at vi kan reducere den undervisningstid en klasse skal bruge på at arbejde med kropslige øvelser, betragteligt. En klasse vil nok opleve nogen reduktion i brugt undervisningstid hvis de vænner sig til at bruge denne repræsentationsform. Men for elever som er gode til at læse og forstå skreven tekst, kan det meget vel være mest effektivt at følge traditionelle undervisningsformer.

I min forståelse af kropslige øvelser lægger de op til at eleverne arbejder selvstændigt og selv tager ansvar for læringen. Det har selvfølgelig den mulige faldgrube at eleverne ikke arbejder selvstændigt og bare pjatter med hinanden. Dette problem er velkendt for alt selvstændigt arbejde, og en af løsningerne kan være at elevernes arbejde med disse modeller evalueres med karakterer.

## Kropslige øvelser i undervisningen

På trods af at kropslige øvelser kan tage lang tid at afvikle, mener jeg alligevel at de med fordel kan bruges i stedet for dele af det læste pensum. Mit argument er at hvis eleverne rent faktisk er aktive i store dele af fysikundervisningen, hvis de rent faktisk synes at fysik bliver håndterbart, så er det grund nok til at anvende øvelserne. Især hvis øvelserne ikke giver en ringere forståelse end eleverne ellers ville have fået. Der er noget der tyder på at eleverne synes at øvelserne er spændende, og der er noget der tyder på at de faktisk kan lære noget af dem.

Fysikeren Richard Feynman giver os også et argument for at involvere vores egen krop i fysikundervisningen. Han skriver om at lære fysik:

[A]s you try to understand nature in more and more complicated situations, the more you can guess at, feel, and understand *without actually calculating*, the much better of you are! (Feynman, Gottlieb & Leighton, 2006, s. 52, min kursivering)

Kropslige øvelser kan måske hjælpe elever til at gætte, føle og forstå fysik uden at lave matematiske udregninger, og hvis det er sandt, så kan de måske blive mere kompetente inden for fysik. Måske vil noget tilsvarende endda gælde i andre fag.

Der ligger stadig en del arbejde med at integrere kropslige øvelser på en fornuftig måde i undervisningen. En af udfordringerne er at finde en måde at vurdere elevens arbejde med øvelserne på. Øvelsen med kraftdiagrammer lægger op til en slags fysikrapport, men det er åbent hvordan en lærer skal vurdere de tanker eleverne har gjort sig om udvidelser af øvelsen.

Som fysiker ser jeg også gerne at der er en afsmittende effekt fra de kropslige øvelser til at anvende og udvikle matematiske modeller. Det vil sige at jeg håber at elever og studerende kan blive bedre til at regne fysikopgaver ved at opnå en kropslig forståelse.

## Referencer

- Boulter, C.J. & Buckley, B.C. (2000). *Constructing a Typology of Models for Science Education*. I: J.T. Gilbert & C.T. Boulter, *Developing Models in Science Education* (s. 41-58). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Bruun, J. (2008). *Krop og computer i fysikundervisningen*. København: Københavns Universitet. Center for Naturfagenes Didaktik. (1999). *Nogle opgaver om fart og kraft*. Aarhus Universitet.
- Dambjerg, E., Dolin, J. & Ingerslev, G.H. (2006). *Gymnasiepædagogik*. København: Hans Reitzels Forlag.
- Dolin, J. (2002). *Fysikfaget i forandring*. Roskilde: IMFUFA/RUC.

- Dolin, J., Krogh, L.B. & Troelsen, R. (2003). En kompetencebeskrivelse for naturfagene. I: H. Busch, S. Horst & R. Troelsen, *Inspiration til fremtidens naturfaglige uddannelser* (s. 59-140). København: Uddannelsesstyrelsen.
- Feynman, R.P., Gottlieb, M.A. & Leighton, R. (2006). *Feynman's Tips on Physics – a problemsolving supplement to the Feynman Lectures on Physics*. San Fransisco: Pearson Addison Wesley.
- Franco, C. & Colinviaux, D. (2000). Grasping Mental Models. I: J.T. Gilber & C.T. Boulter, *Developing Models in Science Education* (s. 93-118). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Gilbert, J.K., Boulter, C.J. & Rutherford, M. (2000). Explanations with Models in Science Education. I: J.T. Gilbert & C.T. Boulter, *Developing Models in Science Education* (s. 193-208). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Gilbert, J.K., Pietrocola, M., Zylbersztajn, A. & Franco, C. (2000). Science and Education: Notions of Reality, Theory and Model. I: J.K. Gilbert & C.J. Boulter, *Developing Models in Science Education* (s. 19-40). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Reiner, M. (2000). Thought Experiments and Embodied Cognition. I: J.K. Gilbert & C.J. Boulter, *Developing Models in Science Education* (s. 157-176). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Slater, S.J., Cherilynn, A.M. & Timothy, F.S. (2008). The impact of a kinesthetic astronomy curriculum on the content knowledge of at-risk students. *NARST* (s. 34). Baltimore: NARST.

## Abstract

Models in physics can be represented in different ways. One form of representation is the kinesthetic model. Working kinesthetically allows students to explore subject matter in a way which is different from what physics teaching traditionally offers. Exercises involving kinesthetic models seem to motivate students, because they actively involve them in the learning process. In this article I give two examples of kinesthetic exercises which can be used in physics education at the upper secondary level. One of the exercises aims at giving a bodily intuition for the concept of force and force diagrams, while the other illustrates and couples the fundamental concepts wavelength, frequency, and wave speed. The force diagram exercise is aimed at mid to high level physics in Danish upper secondary schools, while the wave exercise is for the obligatory level.

# Kulturelle grænser – oplevet af de fleste elever, men usynlige for mange naturfagslærere

Forelæsning ved konference afholdt af Center for Anvendt Naturfagsdidaktik (CAND) på Park Inn Copenhagen Airport Hotel, København, Danmark, 10. november 2008



Glen S. Aikenhead,  
University of  
Saskatchewan,  
Canada (oversat  
af MONA-  
redaktionen)

## Introduktion til artiklen

Af Lars Brian Krogh, Institut for Videnskabsstudier, Aarhus Universitet

Glen Aikenhead, nu prof. emeritus ved University of Saskatchewan i Canada, har i årtier været en central figur i naturfagsdidaktikken og i udviklingen af en almendannende naturfagsundervisning. Der går således en lige linje fra hans tidlige og uomgængelige arbejder som satte Science-Technology-Society (STS)-undervisning på dagsordenen, til et af hans senere hovedværker Science Education for Everyday Life (2006) hvor han samler evidensen for at naturfagsundervisning kan og bør bedrives ud fra et humanistisk perspektiv.

I det seneste årti har han tillige været forrest i bølgen af studier af naturfagsundervisningen ud fra et kulturelt perspektiv. Med Cultural Border Crossing som centralt begreb har han beskrevet hvorledes unges hverdagslivsverdener støder an mod subkulturen i naturfag – og hvilke lærings- og afstødningsmæssige kon-



sekvenser dette har for forskellige elevtyper. Aktuelt er han dybt engageret i hvorledes man strikker en naturfagsundervisning sammen som er inkluderende over for "indigenous knowledge". Aikenhead var inviteret til Danmark i november 2008 af Institut for Videnskabsstudier, Aarhus Universitet, og afholdt under sit ophold både workshops og seminar samt deltog som keynote speaker på CAND's konference i København den 10. november 2008. Nærværende artikel der samler væsentlige aspekter af Aikenheads kulturelle arbejde, er skrevet med den danske konference for øje.

## Indledning

Guo (2007) undersøgte i sit kapitel i *Handbook of Research on Science Education* forskning i naturfagsundervisning fra et internationalt perspektiv og påpegede to store problemer som alle lande står over for i dag:

1. Hvordan kan vi motivere, undervise og vurdere elevers læring i naturfag så "der kan opnås optimale resultater for elevers individuelle udvikling og til gavn for samfundet som helhed" (Guo, 2007, s. 249)?
2. Der eksisterer en uoverensstemmelse mellem på den ene side det konventionelle mål for skolernes naturfagsundervisning, nemlig at udvælge og forberede eliteelever til karrierer inden for naturvidenskab og ingeniørvirksomhed, og på den anden side målet i det 21. århundrede underbygget af en ny, verdensomspændende enighed om at naturfagsundervisning er relevant mht. begivenheder og udfordringer i elevernes dagligliv, både nu og i fremtiden.

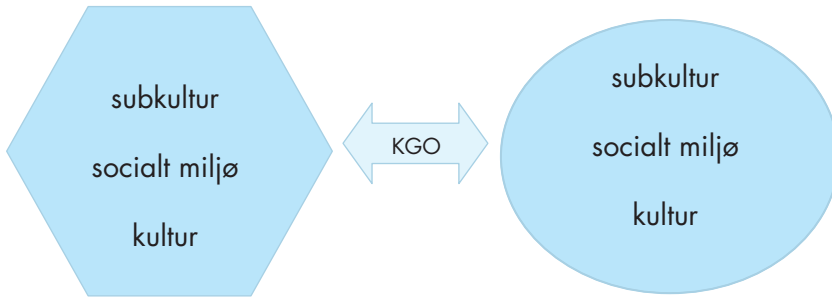
Nye indsigter i disse problemer kan opnås ved at anlægge et kulturelt perspektiv på naturfagsundervisning hvilket er forskelligt fra de sædvanlige psykologiske eller sociologiske perspektiver i mange forskningsprojekter om naturfagsundervisning. Et kulturelt perspektiv giver de der uddanner naturfagslærere, et nyt udsigtspunkt hvorfra velkendte problemer kan analyseres.

## Et kulturelt perspektiv

I vores hverdagsliv lever og sameksisterer vi i mange forskellige sociale situationer, subkulturer eller kulturer. I ethvert samfund findes der mange af disse undergrupper, almindeligvis identificeret ved race, sprog og etnicitet, men de kan også defineres

ved køn, socialklasse, beskæftigelse, religion osv. Et individ tilhører derfor flere undergrupper samtidig – for eksempel en asiatisk, kvindelig, muslimsk fysiker eller en mandlig, europæisk journalist fra middelklassen. Mange kombinationer af undergrupper sameksisterer på grund af de forbindelser som på naturlig måde knyttes mellem mennesker i samfundet.

Måltider i hjemmet og samtaler på arbejdet er eksempler på to typiske subkulturer for mange mennesker. At bevæge sig mellem disse forskellige subkulturer er en så normal aktivitet at vi er blevet vant til de justeringer af sprog og adfærd vi foretager, og vores bevægelse mellem de to subkulturer sker således ubevidst. Denne psykologiske bevægelse mellem to sociale situationer, subkulturer eller kulturer beskrives af metaforen "kulturgrænseoverskridelse" (cultural border crossing) (Aikenhead, 1996). En overskridelse af kulturgrænser finder ofte sted så let at den er usynlig for os.



**Figur 1.** Kulturgrænseoverskridelse mellem subkulturer, sociale miljøer eller kulturer

Men somme tider kan overskridelse af kulturgrænser være en udfordring hvilket følgende historie illustrerer.

En universitetsstuderende, Stirton McDougall, trodsede sin studievejleder ved at undgå geologikurser i hele sin universitetskarriere. Stirton ønskede ikke at ødelægge sin æstetiske forståelse af naturens skønhed ved at forurene sin bevidsthed med mekanistiske forklaringer på jordens landskaber. Han forstod kun alt for godt naturvidenskaben og valgte ikke at overskride en af dens grænser. Hans vejleder mente, at han var tåbelig og ikke værdig til at få et naturvidenskabeligt stipendium.

I dette lille eksempel var det så stor en udfordring at bevæge sig ind i geologiens kultur – den psykologiske fare var så stor – at Stirton modstod sin vejleders bestræbelser på at få ham til at gå på kompromis med den kulturelle grænse mellem sin livsverden og geologiens verden.

Dette kulturelle perspektiv på naturfagsundervisning er en videreførelse af, ikke en modsætning til, socialkonstruktivistiske teorier om læring, for eksempel den Driver og hendes kolleger forfægter (1994, s. 11): "At lære naturfag i klasselokalet indebærer,

at børn indtræder i et nyt diskursfællesskab, en ny kultur." En del forskning i uddannelsen af naturfaglærere i grundskolen er blevet formet af et kulturelt perspektiv (Mulholland & Wallace, 2003).

### *Naturvidenskab*

Inden for kulturanthropologien (Pickering, 1992) kaldes naturvidenskabelig virksomhed "naturvidenskabskultur" idet man hermed fremhæver gruppens fælles normer, værdier, overbevisninger, sprog, forventninger, teknologier og konventionelle handlinger. Naturvidenskab kaldes ofte "eurocentrisk naturvidenskab" fordi den overfører eurocentriske måder at forstå universet på – måder som oprindeligt udvikledes i eurocentriske kulturer. Eurocentrisk naturvidenskab er således først og fremmest et kulturelt foretagende. Den eurocentriske naturvidenskabskultur er en meget kraftfuld måde at have kendskab til naturen på. Den indbefatter viden opsamlet gennem tiderne fra mange andre kulturer (fx islamiske, indiske og kinesiske kulturer), men denne viden er altid blevet modificeret for at passe ind i de verdensopfattelser, den metafysik, de måder at skaffe sig viden på og de værdisystemer som findes i den eurocentriske naturvidenskabskultur (helt afgjort en heterogen kultur). Naturvidenskabsfolk arbejder kollektivt inden for en subkultur (et paradigme) som former deres tænkning og praksis i sammenhæng med dette arbejde (Traweek, 1992).

Grundlæggende for enhver kultur er de værdier som styrer dens medlemmer. Inden for de eurocentriske naturvidenskabers kultur tilslutter videnskabsfolk sig ufravigeligt den antropocentriske værdi i at opnå magt og herredømme over naturen (Mendelsohn & Elkana, 1981). Deres viden bliver formelt og "objektivt" fjernet fra enhver kontekst for at undgå at opstille normative forskrifter for menneskelig ageren. Værdier inden for naturvidenskabelige videnssystemer er forankrede i kartesiansk dualisme (i næsten alle tilfælde), reduktionisme (i de fleste tilfælde) og kvantificering (i mange tilfælde). Der findes nogle undtagelser, for eksempel hos Capra (1996), Clark & Dickson (2003), Glasson et al. (2006), Hazen (2005) og Loo (2007).

### *Naturvidenskab i skolen*

Tæt knyttet til den eurocentriske naturvidenskabskultur er naturfagskulturen som også er stærkt påvirket af skolens kultur. Naturfag i skolen har traditionelt taget som udgangspunkt at en elev skal tænke som en videnskabsmand; det vil sige tilegne sig naturvidenskabens normer, værdier, overbevisninger, forventninger og konventionelle handlinger og i forskellig grad gøre dem til en del af sin personlige verden (Layton, Jenkins et al., 1993). Et kulturelt perspektiv på naturfagsundervisning opfatter traditionel naturfagsundervisning som et forsøg på at overføre naturvidenskabskulturen til alle elever.

Men naturvidenskab forekommer som en fremmed kultur for det store flertal af elever i de naturvidenskabelige fag (Aikenhead, 2006). Denne fremmedhed skyldes:

1. Forskelle mellem kulturerne i elevernes livsverdener og den kultur som det naturvidenskabelige fællesskab i almindelighed tilslutter sig (Aikenhead, 1996). Forskning udført af Phelan et al. (1991) på high schools, af Lugones (1987) i hendes "Educational work world" og af Traweek (1992) angående højenergifysikere i Japan er blevet fortolket ud fra den lethed hvormed folk bevæger sig fra én kultur eller subkultur til en anden – en idé som er blevet indført i naturvidenskabsundervisningen af Costa (1995).
2. Forskelle mellem en elevs verdensanskuelse og den verdensanskuelse som almindeligvis bibringes af naturvidenskab (Cobern, 2000). Verdensanskuelse er et begreb som rummer grundlæggende "antagelser om, hvordan verden virkelig er, og hvad der udgør velbegrunderet og betydningsfuld viden om verden" (Cobern, 1996, s. 584). En verdensanskuelse indbefatter kort sagt ontologi, epistemologi og værdilære (aksiologi). Uoverensstemmende verdensanskuelser skaber en uforenelighed mellem på den ene side elevernes selvforståelser (fx hvem de er, hvor de har været, hvor de er på vej hen, og hvem de ønsker at blive) og på den anden side:
  - Elevernes opfattelser af naturfagene eller deres naturfagslærere
  - Elevernes opfattelser af hvilken slags person de må blive for at beskæftige sig med naturvidenskab (Brown, 2004; Carlone, 2004). Elever som ikke føler sig godt tilpas ved at antage en naturfagsidentitet (dvs. kunne tale, tænke og tro som en naturvidenskabsmand), udgør det meget store flertal af enhver gruppe elever (Atkin & Helms, 1993; Reiss, 2000).
3. Forskelle mellem den kulturelle kontekst at lære naturfag i skoler og den kulturelle kontekst at anvende denne viden i hverdagslivet (Hennessy, 1993; Layton et al., 1993).

### *Tværkulturel naturfagsundervisning*

De kulturelle forskelle som de fleste elever skal forhold sig til når de er i skole, betyder at de oplever en forandring i kultur når de bevæger sig fra deres livsverdens kultur og ind i naturfagskulturen. For disse elever er det at lære naturfag en tværkulturel oplevelse.

Elever overlades ofte til sig selv når de skal overskride grænsen til naturfag. De bliver imidlertid mere motiverede og opnår bedre resultater hvis de får hjælp til at overskride de kulturelle grænser mellem deres livsverdener og naturfag i skolen (Aikenhead, 1996). Denne hjælp kommer fra naturfagslærere der fungerer som kulturmæglere (eller rejseførere for elever som besøger naturvidenskabskulturen i sko-

lernes naturfagslokaler). Undervisning med dette i baghovedet kaldes tværkulturel naturfagsundervisning.

### *Naturvidenskabeligt indhold*

Ved at skelne mellem naturfagskulturen og kulturen i hverdagen kan vi nu betragte det naturvidenskabelige indhold der undervises i inden for enhver kulturel kontekst (dvs. hhv. i og uden for skolen). I naturfagskulturen er det konventionelle (kanoniske) naturvidenskabelige indhold som findes i skolernes og universiteternes pensum, et ufravigeligt abstrakt akademisk indhold (Aikenhead, 2006). På den anden side skal der inden for de kulturer hvor der forekommer hverdagsanvendelse af naturvidenskab (dvs. mennesker i naturvidenskabstunge erhverv eller mennesker som arbejder med naturvidenskabelige emner og begivenheder), læres et meget anderledes naturvidenskabeligt indhold (fx videnskab i brug (science-in-action) eller almindennende naturvidenskab (citizen science)).

Bemærk at der eksisterer naturvidenskabeligt indhold i enhver kulturel kontekst, men vær også opmærksom på at relevansen af det naturvidenskabelige indhold er meget forskellig i de forskellige kulturelle kontekster. Hvilken kulturel kontekst vil være mest motiverende for det store flertal af elever? Vores svar hjælper os med at adressere det første problem som blev formuleret i begyndelsen af dette foredrag. Det mest motiverende indhold vil være noget der er relevant for hverdagskulturen for de fleste elever, men ikke for det lille mindretal af elever hvis verdensanskuelse harmonerer med den naturvidenskabelige verdensanskuelse som formidles i det meste af naturfagsundervisningen.

Det er vigtigt at påpege at et kulturelt perspektiv ikke er nogen teoretisk tilgang; det er snarere solidt plantet i empiriske beviser på den uddannelsesmæssige succes af tværkulturel naturfagsundervisning (Aikenhead, 2006). Tværkulturel naturfagsundervisning er således uddannelsesmæssigt fornuftig, men inden for skolekulturen kan den politiske virkelighed underminere det uddannelsesmæssigt fornuftige. Der er en konstant spænding mellem uddannelsesmæssig fornuft og politisk virkelighed. For eksempel er det uddannelsesmæssigt fornuftigt at undervise i naturvidenskabeligt indhold som er relevant for elever. Men den politiske virkelighed kan diktere noget andet. Det hele afhænger af hvem der beslutter hvad der er relevant. Denne beslutning afgør hvilket indhold der bliver undervist i.

### *Hverdagsbegivenhedernes relevante verden*

Jeg fremsætter en teori om indholdet af naturfag i skolen baseret på to principper: relevans og hvem der bestemmer hvad der er relevant for elever, nu og i deres fremtid. De to principper (det ene uddannelsesmæssigt og det andet politisk) er præsenteret i tabel 1: Første kolonne viser hvem der beslutter hvad der er relevant, og anden kolonne

viser som konsekvens heraf forskellige typer af indhold i naturfagsundervisningen. Denne teori om indhold tæller syv grupper af personer som løbende beslutter eller med rimelighed vil kunne beslutte hvad der skal være naturfagsundervisningens indhold. Kategorierne, som er baseret på Fenshams (2000) og Aikenheads (2006) arbejde, er ikke adskilte, men overlapper hinanden og interagerer på forskellige måder. For at arbejde hen mod videnskab i brug eller almindendannende naturvidenskab (snarere end abstrakt akademisk naturvidenskab) må læreplansudviklere trække på flere af disse kategorier, og de opnåede læreplaner vil sandsynligvis være sammensat af forskellige kombinationer af kategorier.

**Tabel 1.** *Hvem afgør relevans, og de resulterende typer af indhold i naturfagsundervisningen?*<sup>1</sup>

Hvem afgør hvad der er relevant?	Type af indhold
Akademiske videnskabsfolk, embedsmænd i uddannelsessystemet og naturvidenskabsundervisere som ufravigeligt bekræfter den konventionelle læreplans indhold af kanonisk naturvidenskab.	"Bare de havde kendskab"-naturvidenskab (wish-they-knew science)
Primært personer med naturvidenskabsrelateret beskæftigelse. Systematisk forskning har frembragt et væld af generelle og specifikke uddannelsesmæssige indsigter som normalt ikke findes i naturfagsundervisningen, men som findes i naturvidenskabsrelaterede beskæftigelser og hverdagsbegivenheder.	Anvendelsesorienteret naturvidenskab (functional science)
Naturvidenskabelige eksperter som interagerer med offentligheden om begivenheder og emner i det virkelige liv, og som kender de problemer offentligheden støder på ved at tage sig af disse begivenheder og emner.	"Grund til at have kendskab"-naturvidenskab (have-cause-to-know science)
Den almindelige befolkning som har stået over for problemer og beslutninger med forbindelse til naturvidenskaben i det virkelige liv. Hvilket naturvidenskabeligt indhold havde de behov for at kende?	"Behov for at have kendskab"-naturvidenskab (need-to-know science)
Folk som producerer medieindhold og hjemmesider, og som trækker på sensationelle og kontroversielle aspekter ved naturvidenskaben for at skabe motiverende værdi for læsere, seere og besøgende.	"Lokket til at have kendskab"-naturvidenskab (enticed-to-know science)

<sup>1</sup> Modificeret fra Aikenhead (2006, s. 32).

Eleverne selv. Systematisk forskning har dokumenteret dette indhold i en række forskellige lande.	"Personlig nysgerrighed"-naturvidenskab (personal-curiosity science).
Fortolkere af kultur som kan afgøre hvilke aspekter ved naturvidenskaben og hvilke aspekter ved den lokale viden der er træk ved en lokal, national og global kultur. Denne kategori kan være en fleksibel kombination af de øvrige kategorier herover.	Naturvidenskab som kultur (science-as-culture).

En konventionel naturfagslæreplan fremkommer af den første kategori, "bare de havde kendskab"-naturvidenskab i tabel 1. Denne kategori rummer to gensidigt relaterede typer af emnestof (Deng, 2001, 2007): (1) de naturvidenskabelige discipliner som er til stede i universitetskurser (disciplinens struktur), og (2) dette emnes psykologiske modsvar for skoler (naturfagslæreplanen).

De seks øvrige kategorier i tabel 1 afspejler chefers og ansattes arbejdsverden og borgeres hverdagsverden. I begge tilfælde vedrører det naturvidenskabelige indhold fænomener og begivenheder som normalt ikke er af interesse for de fleste universitetsprofessorer i naturvidenskab, embedsmænd i uddannelsessystemet og for øjeblikket mange naturfagslærere. Disse seks øvrige kategorier repræsenterer i det store og hele videnskab i brug og almindannende naturvidenskab, hvilket de fleste elever finder relevant i forskellig grad afhængigt af eleven og emnet.

Pladsen tillader mig ikke at bedømme forskningen i forbindelse med hver kategori i tabel 1 (se Aikenhead, 2006, kap. 3), men to kategorier opsummeres kortfattet her: "anvendelsesorienteret naturvidenskab" og "grund til at have kendskab"-naturvidenskab. De belyser hvilket indhold i naturfag som er relevant for hverdagsbeskæftigelse og -begivenheder.

### *Anvendelsesorienteret naturvidenskab*

Anvendelsesorienteret naturvidenskab er det naturvidenskabelige indhold som har funktionel værdi for personer der er beskæftigede i naturvidenskabsintensive virksomheder og for hverdagsbegivenheder med forbindelse til naturvidenskab. For eksempel gav ansatte i industrien "forståelse af naturvidenskabelige idéer" laveste prioritet ved bedømmelsen af en ny medarbejder i deres virksomhed. Hvorfor? Svaret kommer fra den etnografiske forskning udført af Duggan & Gott (2002) i Storbritannien, Rodrigues et al. (2007) i Australien, Law (2002) i Kina, Lottero-Perdue & Brickhouse (2002) i USA og Aikenhead (2005) i Canada. Forskernes in situ-interviews med ansatte i naturvidenskabsrelaterede stillinger viste at det naturvidenskabelige indhold som de naturvidenskabelige kandidater anvendte på arbejdspladsen, var så kontekstspecifikt

at det måtte læres på jobbet. Der blev sjældent trukket på den naturvidenskabelige lærdom fra deres gymnasiale eller universitetsuddannelse.

En vigtig egenskab som værdsættes af både chefer og ansatte i virksomheder med forbindelse til naturvidenskab, er således evnen til at tilegne sig naturvidenskabeligt indhold på jobbet (dvs. at vide hvordan man lærer naturvidenskab). Indholdet af naturfag med det formål at forberede elever til beskæftigelse inden for naturvidenskabelige områder skal således afgjort rumme naturvidenskabelige begreber, men valget af disse begreber kan være et funktionelt relevant valg, ikke et lærd, akademisk valg (dvs. at stile efter "bare de havde kendskab"-naturvidenskab). Som følge heraf bør naturfagslærere ikke føle sig bundet af måden hvorpå det kanoniske naturvidenskabsindhold almindeligvis præsenteres i læreplaner og undervisningsmaterialer. Et naturvidenskabeligt indhold som understøtter elevernes mere lokale interesseområder, fungerer bedre med hensyn til at lære elever hvordan de kan lære og anvende naturvidenskab (Aikenhead, 2006, kap. 6). At lære hvordan man tilegner sig naturvidenskabeligt indhold, opbygger en evne til livslang læring.

### *Grund til at have kendskab-naturvidenskab*

Denne kategori repræsenterer naturvidenskabelige emner som er identificeret af naturvidenskabelige eksperter der vedvarende interagerer med offentligheden om emner fra det virkelige liv, som har med naturvidenskab at gøre, og som kender de problemer som almindelige mennesker støder på når de interagerer med disse eksperter (Law, 2002). Her antager vi at disse eksperter er i en bedre position end naturvidenskabelige universitetsfolk til at afgøre hvad der er værd at lære i nutidens omskiftelige naturvidenskabelige og tekniske verden.

Af de forskellige videnskabelige undersøgelser som er refereret i litteraturen (Aikenhead, 2006, kap. 3), er det forskningsprojektet gennemført af Law et al. (2000) i Kina som forklarer "grund til at have kendskab"-naturvidenskab. Deres projekt fastsatte "grund til at have kendskab"-naturvidenskaben for to forskellige læreplaner: det ene beregnet på borgernes evne til at klare hverdagsbegivenheder og -problemer og det andet beregnet på socio-naturvidenskabelige beslutningsprocesser (Law, 2002; Law et al., 2000). Med hensyn til den første læreplan blev en ekspertgruppe af personer som fx arbejder med sikkerhedsproblemer i hjemmet og på arbejdspladsen eller med lægelige spørgsmål, sundhed og hygiejne, enige om at borgerne har brug for at have basal naturvidenskabelig viden i forhold til situationer som de forsøger at håndtere, og have kendskab til specifikke anvendelser af denne viden (viden i anvendelse); men først og fremmest har de brug for kritisk at kunne vurdere kulturel praksis, personlige vaner, oplysninger i medierne og flere kilder med modstridende oplysninger (Law, 2002). I interviewene gjorde eksperterne opmærksom på misopfattelser, overtroiske



idéer og kulturelle vaner i offentligheden som er skadelige for folks evne til at klare hverdagen.

Til Laws anden læreplan (borgernes deltagelse i socio-naturvidenskabelige beslutningsprocesser) blev eksperter udvalgt fra Hongkongs demokratiske institutioner (den lovgivende forsamling, en planlægningsafdeling under regeringen og en civil miljøforkæmpergruppe) og interviewet. Forskerne konkluderede at offentlighedens "grund til at have kendskab"-naturvidenskab som grundlag for at træffe beslutninger mindede meget om den der krævedes for at klare hverdagen, bortset fra at socio-naturvidenskabelige beslutningsprocesser trak på mere komplekse færdigheder i at vurdere oplysninger og mulige løsninger kritisk (Law, 2002). Den førstnævnte gruppe eksperter anerkendte at socio-naturvidenskabelige beslutninger ofte afhænger mere af at bringe værdier i spil end at gøre brug af et specifikt naturvidenskabeligt indhold. Det er et resultat der også blev opnået i USA med akademiske naturvidenskabsfolk ved flere universiteter (Bell & Lederman, 2003).

Samlet set fremhævede de kinesiske naturvidenskabseksperter borgerens evne til at påtage sig selvstyret læring (livslang læring), men lagde ikke stor vægt på borgerens kendskab til et bestemt indhold fra en traditionel naturfagslæreplan. Dette resultat ligner forskningsresultaterne vedrørende anvendelsesorienteret naturvidenskab.

## Konklusion

Lad mig kort fremlægge eksempler på kategorierne i tabel 1. Mange uddannelsesprojekter vedrørende naturvidenskab har involveret relevant naturfagsundervisning, men ikke eksplicit tværkulturel naturfagsundervisning. Disse projekter indbefatter:

1. Kontekstbaserede naturfagsmaterialer om sociale skikke med forbindelse til naturvidenskab (Bulte et al., 2006; Meijer et al., 2009, i trykken) som kombinerede funktionel og "personlig nysgerrighed"-naturvidenskab
2. En canadisk lærebog for 10. klasse og tilhørende lærervejledning, *Logical Reasoning in Science & Technology* (Aikenhead, 1991), som kombinerede funktionel, "grund til at have kendskab"-, "personlig nysgerrighed"- og "bare de havde kendskab"-naturvidenskab
3. En lærebog for gymnasieniveauet i Storbritannien, *Science for Public Understanding* (Hunt & Millar, 2000), som kombinerede "lokket til at have kendskab"-, "grund til at have kendskab"- og "bare de havde kendskab"-naturvidenskab
4. Faget "almendannende naturvidenskab" (Algemene Natuurwetenschappen) i Holland (De Vos & Reiding, 1999) som kombinerede "grund til at have kendskab"-, "behov for at have kendskab"- og "bare de havde kendskab"-naturvidenskab

5. Projektet "naturvidenskab, teknologi og miljø i det moderne samfund" i Israel (Dori & Tal, 2000), som kombinerede anvendelsesorienteret, "grund til at have kendskab"- og "bare de havde kendskab"-naturvidenskab
6. Carlones (2003) forskningsprojekt om fysiklærere der tilbød Active Physics på deres skole som kombinerede "bare de havde kendskab"-, funktionel og "personlig nysgerrighed"-naturvidenskab
7. Kortlands (2001) forskningsprojekt om elever som lærte at træffe beslutninger i et modul om affaldsbehandling som kombinerede funktionel, "grund til at have kendskab"-, "personlig nysgerrighed"- og "bare de havde kendskab"-naturvidenskab.

## At overskride kulturgrænser

Nu hvor vi har et læreplansperspektiv på relevant tværkulturel undervisning i naturvidenskab, kan vi udforske det at overskride kulturgrænser i større dybde og med flere detaljer end beskrevet i det foregående.

Elevernes forståelse af naturens verden kan anses som et kulturelt fænomen i hvilket undervisning er videregivelse af kultur (Spindler, 1987), og som følge heraf er dét at lære naturfag tilegnelse af kultur (Wolcott, 1991). Her har ordet "kultur" den konventionelle betydning som Geertz (1973) har tillagt det. Hvis vi anser læring for at være den handling at tilegne sig kultur, får vi en intuitiv, holistisk og rig forståelse af elevers erfaringer i et naturfagslokale (Costa, 1995).

Men overførelse af kultur kan være enten støttende eller nedbrydende for elever (Aikenhead, 1996; Cobern, 1996, 2000). Når naturvidenskabens (eller naturfagets) kultur understøtter en elevs verdensanskuelse, kaldes overførelsen af kultur kulturtilegnelse. Når naturvidenskabens kultur generelt er i modstrid med elevens verdensanskuelse, kaldes den tvungne kulturoverførelse som bliver resultatet, assimilering (med den kulturelle betydning – indoktrinering – ikke den psykologiske betydning). Hvis elever imidlertid af en eller anden grund beslutter, at en naturvidenskabelig idé er nyttig for dem, og hvis de indoptager denne idé i deres hverdagstænkning, kaldes denne handling kulturindlæring. Disse centrale kulturanthropologiske udtryk sammenfattes her:

- **Kulturtilegnelse:** Elever lærer det kanoniske indhold af naturfaget som harmonerer med deres egne verdensanskuelser, ved at indarbejde dette indhold i deres personlige måde at betragte verden på. Naturvidenskabelig tænkning forstærker deres hverdagstænkning.
- **Assimilering:** Elever lærer det kanoniske indhold af naturfaget som på den ene eller anden måde er i modstrid med deres egen verdensanskuelse, ved at erstatte eller marginalisere deres egne idéer og værdier med naturvidenskabelige. Natur-

videnskabelig tænkning dominerer over deres hverdagstænkning. Elever oplever denne proces som indoktrinering.

- **Autonom kulturindlæring:** Elever låner, uden pres fra autoriteter, noget kanonisk indhold fra naturfaget på grund af dets aktuelle nytteværdi, og dette indhold erstatter gamle idéer eller føjes til elevernes idé-repertoarer. Hverdagstænkningen bliver en kombination af sund fornuft og nogen naturvidenskabelig tænkning, afhængigt af konteksten.

Som tidligere nævnt oplever de fleste elever en grad af kultursammenstød i forbindelse med naturfag. Elever kan reagere på tre måder. For det første kan en elev indvillige i og underkaste sig lærerens forsøg på assimilering (indoktrinering). Men som vi ved af personlig erfaring, gør elever sjældent dette. De gør modstand mod forsøg på at indoktrinere dem. For det andet kan en elev droppe ud af faget – totalt fravalg. I high school gør en hel del dette og er dermed årsag til den kroniske nedgang i antallet af naturvidenskabsstuderende. For det tredje er det sådan at når elever har brug for bevis på at have bestået et naturfagskursus, modstår de hårdnakket og opfindsomt assimilering ved at spille en slags skolespil som gør det muligt at bestå deres naturfagskursus uden at lære indholdet på nogen meningsfuld måde sådan som læreren og især ydre autoriteter antager.

Empiriske undersøgelser har vist hvordan de fleste elever og mange lærere reagerer på at blive anbragt i den politiske position at være nødt til at spille skolespil for at få det til at se ud som om betydningsfuld læring har fundet sted selv om den ikke har (Loughran & Derry, 1997). Reglerne for disse skolespil fastholdes af udtrykket "Fatimas regler", navngivet efter en velformuleret deltager i Larsons (1995) undersøgelse. To enkle regler er udenadslære og mekanisk at udføre de ting der hører til læring, uden at være intellektuelt engageret. Mere raffinerede regler er blevet opdaget i forskellige undersøgelser (Aikenhead, 2000). At spille efter Fatimas regler i stedet for at opnå meningsfuld læring er et normalt udfald af naturfagsundervisningen for de fleste elever (Aikenhead, 2006).

At spille efter Fatimas regler er en forståelig strategi for elever som føler at deres lærer forsøger at assimilere dem ind i naturvidenskabens kultur. En læreplansopfattelse som utilsigtet men forudsigeligt får elever og lærere til at spille efter Fatimas regler, er en politik som er vanskelig at forsvare fra et uddannelsesmæssigt synspunkt selv om læreplansopfattelsen blomstrer af politiske årsager. Dzama & Osborne (1999) anser dette fænomen for at være en vigtig årsag til at det ikke lykkes for naturfagsundervisningen at påvirke de industrielle og økonomiske udfald som forventes at blive skabt af naturfagsundervisning.

### *Konsekvenserne af kultursammenstød*

Da undervisningsantropologerne Phelan et al. (1991) undersøgte elevers bevægelser mellem deres familiers, kammeratgrupper, skolers og klasselokalers verdener, opdagede de:

Det overlades til mange unge mennesker at magte overgange uden direkte hjælp fra personer i nogen af deres verdener, først og fremmest skolen. Desuden er der stor forskel på hvor godt unge mennesker håndterer disse overgange (Phelan et al., 1991, s. 224).

I naturfagsundervisningens kontekst identificerede Furnham (1992) flere magtfulde undergrupper som påvirker elevers forståelse af naturvidenskab: familien, kammerater, skolen, massemedierne og det fysiske, sociale og økonomiske miljø. Hver af de identificerbare undergrupper (subkulturer) består af personer som i det store og hele tilslutter sig et definerende sæt af normer, værdier, overbevisninger, forventninger og konventionelle handlinger. Phelan et al. (1991) anvendte en klynge på fire undergrupper i deres undersøgelser af elever: familie, kammeratgrupper, klasselokale og skole.

Deres data pegede på kategorier der indfangede hele det spektrum af kulturelle ligheder og forskelle mellem disse verdener som high school-elever oplevede. Kategorierne er: kongruente, forskelligartede, uens og meget disharmoniske. Desuden analyserede Phelan og hendes kolleger den lethed med hvilken elever magtede overgangen fra deres livsverden til skolens verden hvad angår accepten af skolens kultur. Kongruente verdener understøttede jævne overgange; forskelligartede verdener krævede at overgange skulle håndteres; uens verdener førte til farlige overgange (farlige ved at forårsage angst eller psykologisk stress); meget disharmoniske verdener fik elever til helt at modsætte sig overgangen hvilket derfor gjorde overgangen så godt som umulig.

Inspireret af denne grundlæggende teori gik Costa (1995) i gang med en etnografisk undersøgelse af lethed i elevers overgange fra familien og vennernes verden til skolens og naturfagets verdener. Hun sammenholdt elevers gode resultater i high school-kemi med hvor nemt de lod til at klare overgange til disse timer. Af hendes data fremkom et skema over overgange til naturfagsundervisningen med fem kategorier til hvilke jeg fjøede en sjette kategori baseret på mine egne undersøgelser (den anden kategori i listen herunder) (Aikenhead, 2001). Navnene på kategorierne forklares logisk af Costa (1995). Kategorierne er ikke faste, men afhænger af konteksten. Jeg udvidede også Costas fokus på elevpræstationer ved at overveje naturfagsundervisningens relevans for elever, deres selvværd og deres selvopfattelse som naturfagselever. De overgange som opleves af elever, går fra ubesværede (usynlige) til højst problematiske (så smertefulde, at de er umulige). Skemaet opsummeres her.

- Potentielle videnskabsfolk: Overgange er glatte fordi familiens og venners kulturer er kongruente med både skolens og naturvidenskabens kultur. Dette fører til en meningsfuld forståelse af naturfagets indhold fordi elevernes verdensanskuelse, selvopfattelse og livsstil svinger sammen med naturvidenskabens verden. Overgange er usynlige; de eksisterer ikke for disse elever.
- "Jeg ønsker viden"-elever: Overgange er farlige, men det er værd at løbe risikoen fordi deres verdensanskuelse, selvopfattelse og livsstil svinger sammen med naturvidenskabens verden selv om akademiske barrierer af den ene eller anden slags forhindrer dem i at blive potentielle videnskabsfolk (fx matematiske evner). Der eksisterer farer, men eleverne ønsker viden. Dette fører til en beskedent, men effektiv forståelse af naturfagets indhold.
- Andre kvikke unger: Overgange kan håndteres fordi familiens og venners kulturer er kongruente med skolens kultur, men ikke passer sammen med naturvidenskabens kultur på grund af elevens manglende personlige interesse for naturvidenskab. Disse elever passer ikke ind i den verdensanskuelse, selvopfattelse og livsstil som de forbinder med naturvidenskab, men de har stærke identiteter relateret til gode resultater i skolen så de får høje karakterer i naturfag enten ved at forstå indholdet eller, oftere, ved at spille efter Fatimas regler.
- "Det ved jeg ikke"-elever: Overgange har tendens til at være farlige fordi familiens og venners kulturer ikke passer sammen med hverken skolens eller naturvidenskabens kultur. Eleverne ønsker ikke at virke dumme i kammeraternes og lærernes øjne (dvs. en fare), så de fremturer med en overfladisk forståelse af naturfagets indhold, oftest ved at spille efter Fatimas regler.
- Outsidere: Overgange er så godt som umulige fordi familiens og venners kulturer ikke er i harmoni med hverken skolens eller naturfagets kultur. Deres verdensanskuelse, selvopfattelse og livsstil modarbejder deres læring af naturvidenskab. Som regel dropper de fysisk eller mentalt ud for at beskytte deres selvopfattelse og undgå stress og angst.
- Insider-outsidere: Overgange er frustrerende vanskelige fordi familiens og venners kulturer ikke kan forliges med skolens kultur, men er potentielt forenelige med naturvidenskabens kultur. Dette sker på grund af institutionel diskriminering af eleven til trods for dennes personlige interesse i at forstå naturfagets indhold.

Ved at beskrive ligheder og forskelle i generelle vendinger identificerer skemaet en række forskellige kultursammenstød som finder sted i et naturfagslokale. Det er også med til at forklare hvorfor så få elever reagerer imødekommende på undervisning i traditionelt naturvidenskabeligt indhold.

## At lære naturvidenskab meningsfyldt

Lærere som forsøger at lette elevers overskridelser af kulturgrænser ind i og ud af naturfaget, handler på forskellige måder: De erkender at der eksisterer en grænse, de motiverer elever til at overskride den, de anvender sprog fra både elevernes kultur og naturvidenskabens kultur, de holder eksplicit rede på hvilken kultur der i øjeblikket udgør konteksten, og de hjælper elever med at løse de kulturelle konflikter som kan opstå (Aikenhead, 2006).

Fra et kulturelt synspunkt er det at lære naturvidenskab det samme som at tilegne sig naturvidenskabens kultur som stort set udelukkende fokuserer på "bare de havde kendskab"-naturvidenskab. De få elever som ønsker det (dvs. potentielle videnskabsfolk og "jeg ønsker at vide"-elever; cirka 10 procent af high school-eleverne i Nordamerika; Atkin & Helms, 1993), ser frem til at blive optaget i et naturvidenskabeligt fags fællesskab med fuld tilegnelse af kulturen.

De øvrige naturfagselever (cirka 90 procent) bør vi få til at tilegne sig deres lokale, nationale og globale kulturer som er stærkt påvirkede af naturvidenskab og teknologi – et uddannelsesmål der er meget lig dannelse – skabelsen af den autonome og modne personlighed på en måde der forener rationalitet med moralsk selvbestemmelse forbundet med kristen transcendens (Hansen & Olson, 1996). Denne kultur-tilegnelse trækker kraftigt på naturfagsindhold som ses i tabel 1: funktionel, "grund til at have kendskab"-, "behov for at have kendskab"-, "lokket til at have kendskab"-, "personlig nysgerrighed"-naturvidenskab samt naturvidenskab som kultur; med andre ord videnskab i anvendelse og almendannende naturvidenskab. Selv om dannelse også er hensigtsmæssig for potentielle videnskabsfolk og for "jeg ønsker at vide"-elever, vil disse elever sandsynligvis gøre modstand og være meget politiske i deres modstand.

I processen med at tilegne sig lokale, nationale og globale kulturer kan to typer læring iagttages:

1. **Autonom kulturindlæring:** En elev låner eller tilpasser (indoptager) noget indhold fra naturvidenskab og teknologi fordi indholdet forekommer nyttigt, og erstatter derved nogle tidligere idéer baseret på sund fornuft med naturvidenskabelige idéer. Hverdagstænkning er en integreret kombination af sund fornuft og nogen naturvidenskabelig/teknologisk tænkning. Elever vil lære en naturvidenskabelig måde at vide noget på uden at give afkald på deres egne kulturelle måder at vide noget på.
2. **"Antropologisk" læring:** En elev lærer naturfagets indhold på samme måde som en antropolog lærer en fremmed kulturs skikke. Naturvidenskabens kultur er et opbevaringssted der kan plyndres, men dens tænkning har ingen forbindelse til en persons hverdagstænkning, og alligevel kan en person udføre begge typer af

tænkning (hverdagstænkning eller naturvidenskabelig tænkning) afhængigt af konteksten.

Et kulturelt perspektiv på meningsfuld læring af naturvidenskab sigter efter at udvikle en elevcentreret orientering som opildner elevernes (a) kulturelle selvforståelser, (b) fremtidige bidrag til samfundet som borgere (dvs. i job med forbindelse til naturvidenskab eller som del af en årvågen offentlighed som skal tænke kritisk over begivenheder og emner med forbindelse til naturvidenskab) og (c) interesse for at skaffe sig personlig nyttemæssig betydning af naturvidenskabelig viden. Som følge heraf vil kyndige borgere kunne interagere med deres lokale, nationale og globale fællesskaber som i stigende grad påvirkes af naturvidenskab og teknologi.

En forandring af naturfagsundervisningens mission er naturligvis påkrævet: Fra elever som tilegner sig isolerede stumper af akademisk viden, til elever som opbygger en evne til at lære at anvende naturvidenskabeligt indhold når det er påkrævet.

## Læreren som kulturmægler

Kulturmæglere er følsomme over for forskelle mellem en elevs livsverden og en elevs opfattelse af naturvidenskabens kultur. Kulturmæglere motiverer elever til at træde ind i naturfagets kultur og blive engagerede ved at udvikle et forhold til dem, ved at forstå den specifikke historie for elevernes kultur og ved at have store forventninger til dem. Kulturmæglere tænker over elevernes selvforståelser og elevernes evne til at overskride en kulturel grænse ind i naturvidenskab (dvs. robusthed og evne til at tænke forskelligt i forskellige kulturer). Forskning har identificeret interaktivitet som et vigtigt træk ved vellykket undervisning for de fleste elever (Aikenhead, 2006). At opnå interaktivitet kræver lærerens opmærksomhed på forskellige måder at lære på og på kulturelle interaktioner i fællesskabet.

Kulturmæglerens rolle minder meget om multikulturel pædagogik (Erickson, 2004; Hines, 2003); det vil sige at en kulturmægler omformer tilegnelsen af relevant naturvidenskab til en erhvervelse af naturvidenskabens kultur af nyttemæssige årsager snarere end som den korrekte måde at kende til verden på. Kulturmæglere gør naturvidenskabens ontologi eksplicit i deres klasselokaler (fx tydeliggør den matematiske idealisering af den fysiske verden) og giver derved eleverne større frihed til at tilegne sig dele af naturvidenskabens kultur uden nødvendigvis at tilslutte sig de måder som den vurderer naturen på – en tilegnelse som kaldes "autonom kulturindlæring" (Aikenhead, 1997).

For at blive kulturmægler må lærere artikulere og reflektere over deres egen personlige kultur før de kan lære om deres elevers kulturer, og de må fordybe sig i deres elevers kulturer kognitivt, metakognitivt og emotionelt før de kan udvikle deres

egen unikke klasserumskultur til støtte for deres rolle som effektiv kulturmedglæder. Denne unikke karakter af klasserummet opstår gennem en kombination af sociale interaktionsmønstre, sprogbrug, foretrukne undervisnings- og læringsmetoder og overbevisninger om succes som afgør motivation (Tharp, 1989). Magtrelationer i et klasserum forandres i overensstemmelse hermed.

Tabel 2 opsummerer de indbyrdes forhold mellem elevtype, undervisningstype og typen af den kulturmedglædende rolle en naturfaglærer spiller. Rejsefører-lærere gør naturvidenskabens kultur tilgængelig for deres "turist"-elever gennem metoder baseret på tværkulturel undervisning. En rejsefører-lærer indfører elever i en anden kultur ved at gøre brug af en høj grad af elevvejledning. Hvis for eksempel læreplanen handler om blandinger, vil rejsefører-læreren kunne anvende hverdagskonteksten salatdressinger for at udvide elevernes kendskab til blandinger. Klassifikations-skemaer som findes i naturvidenskabens kultur (som fx emulsioner, opslæmninger og kolloider), kan introduceres via salatdressingsteknologi, præsenteret for eleverne som en nyttig ramme for at lære mere om fx vand- og luftforurening, men uden nødvendigvis at lære teorier om molekylestrukturer og -kræfter – emner der er centrale for det kanoniske indhold af naturvidenskaben. Læreren fører eleverne gennem passende økonomiske, politiske eller ideologiske emner med forbindelse til klassifikations-skemaerne (for eksempel: Hvad er fordelene ved at anvende et naturvidenskabeligt skema i forhold til et der er baseret på sund fornuft? Hvem drager nytte af anvendelsen af de forskellige skemaer? Hvem bliver marginaliseret?). Elever demonstrerer almindeligvis beredvillighed i forbindelse med disse sociale aspekter ved naturvidenskaben til trods for det tilsyneladende avancerede ved dette naturvidenskab-teknologi-samfund-indhold. Normer, værdier, overbevisninger, forventninger og konventionelle handlinger i elevens livsverdenskulturer får en legitim placering i en tværkulturel naturfagslæreplan.

I forbindelse med akademisk uafhængige elever som fx "andre kvikke unger" sender en "rejsearrangør-kulturmedglæder" elever over kulturelle grænser ind i naturvidenskaben så de kan få kendskab til naturvidenskab og teknologi i sammenhæng med deres hverdagsverden. Individuelle projekter og gruppeprojekter fungerer begge godt her.

I forbindelse med "jeg ønsker at vide"-elever og potentielle videnskabsfolk som gerne vil optages i et naturvidenskabeligt fags kultur, og som i reglen ikke oplever en kulturgrænseoverskridelse ind i naturfaget (grænsen er usynlig eller eksisterer ikke for dem), bør lærerne behandle dem som lærlinge (Costa, 1993). I betragtning af at "jeg ønsker at vide"-elever kræver særlig vejledning for at få hjælp til de akademiske udfordringer de står over for, skifter en lærer imidlertid rolle fra at være mentor for en lærling til at være rejsefører der tilbyder hjælp ud fra den enkelte elevs behov.



**Tabel 2.** En oversigt over hvordan lærerrollen forandres, afhængigt af elevtypen

<b>Elevtype</b>	<b>Undervisningstype</b>	<b>Lærerrolle</b>
Outsidere	Indbydelse af elever til at afprøve sider ved en ny kultur	Rejsefører-kulturmægler
“Det ved jeg ikke“-elever	Udflugter med rejsefører ind i naturvidenskabens fremmede kultur. Værdsættelse af naturvidenskab	Rejsefører-kulturmægler
Andre kvikke unger	Akademiske broer til naturvidenskabens fremmede kultur	Rejsearrangør-kulturmægler
“Jeg ønsker at vide“-elever	Læreplads i en kultur, der er behagelig for deres selvforståelse	Coach for lærlinge og om nødvendigt rejsefører
Potentielle naturvidenskabsfolk	Læreplads i en kultur, der er behagelig for deres selvforståelse	Coach for lærlinge

## Konklusion

Denne artikel begyndte med at anføre to hovedproblemer som naturfagslærere står over for i hele verden:

1. Hvordan kan vi motivere, undervise og vurdere elevers læring i naturfag så “der kan opnås optimale resultater for elevers individuelle udvikling og til gavn for samfundet som helhed”?
2. Der eksisterer en uoverensstemmelse mellem på den ene side det konventionelle mål for skolernes naturfagsundervisning, nemlig at udvælge og forberede eliteelever til karrierer inden for naturvidenskab og ingeniørvirksomhed, og på den anden side målet i det 21. århundrede som er underbygget af en ny, verdensomspændende enighed om at naturfagsundervisning er relevant for begivenheder og problemer i elevernes dagligliv, nu og i fremtiden.

Ved at erkende de kulturelle grænser som de fleste elever oplever, grænser, der sædvanligvis er usynlige for mange naturfagslærere, har naturfagsundervisere en metode til at begynde at løse disse problemer med. Et kulturelt perspektiv på undervisning i naturfag fokuserer på elevmotivation og hvilket indhold der skal undervises i. Det

understreger også det relevante i begivenheder og udfordringer i elevernes dagligliv, nu og i fremtiden.

Et kulturelt perspektiv på undervisning i naturfag sigter efter kompetenceudvikling gennem en fremhævelse af at lære hvordan man lærer, ud fra situationer hvor for eksempel funktionel og "grund til at have kendskab"-naturvidenskab er vigtig. En passende holdning at indtage er "antropologisk" læring og autonom kulturindlæring. Kulturtilegnelse finder sted i to forskellige retninger: (1) optagelse i lokale/nationale/globale kulturer i hvilken livslang læring for alle elever er det mest effektive udfald, og (2) optagelse i naturvidenskabens kultur for det lille mindretal af "potentielle videnskabsfolk" og "jeg ønsker at vide"-elever. Ved begge retninger undgår man at skabe en befolkning som er dygtig til at spille efter Fatimas regler. Nu har vi et udsigtspunkt hvorfra velkendte problemer kan analyseres.

## Referencer

- Aikenhead, G.S. (1991). *Logical reasoning in science & technology*. Toronto, Ontario: John Wiley of Canada.
- Aikenhead, G.S. (1997). Toward a First Nations cross-cultural science and technology curriculum. *Science Education*, 81, s. 217-238.
- Aikenhead, G.S. (1996). Science education: Border crossing into the subculture of science. *Studies in Science Education*, 27, s. 1-51.
- Aikenhead, G.S. (2000). Renegotiating the culture of school science. I: R. Millar, J. Leach & J. Osborne (red.), *Improving science education: The contribution of research*. Birmingham, Storbritannien: Open University Press, s. 245-264.
- Aikenhead, G.S. (2001). Students' ease in crossing cultural borders into school science. *Science Education*, 85, s. 180-188.
- Aikenhead, G.S. (2005). Science-based occupations and the science curriculum: Concepts of evidence. *Science Education*, 89, s. 242-275.
- Aikenhead, G.S. (2006). *Science education for everyday life: Evidence-based practice*. New York: Teachers College Press.
- Atkin, M. & Helms, J. (1993). Getting serious about priorities in science education. *Studies in Science Education*, 21, s. 1-20.
- Bell, R.L. & Lederman, N.G. (2003). Understandings of the nature of science and decision making on science and technology based issues. *Science Education*, 87, s. 352-377.
- Brown, B.A. (2004). Discourse identity: Assimilation into the culture of science and its implications for minority students. *Journal of Research in Science Teaching*, 41, s. 810-834.
- Bulte, A.M.W., Westbroek, H. B., De Jong, O. & Pilot, A. (2006). A research approach to designing chemistry education using authentic practices as contexts. *International Journal of Science Education*, 28, s. 1063-1086.

- Capra, F. (1996). *The web of life: A new scientific understanding of living systems*. New York: Doubleday.
- Carlone, H.B. (2003). Innovative science within and against a culture of "achievement." *Science Education*, 87, s. 307-328.
- Carlone, H.B. (2004). The cultural production of science in reform-based physics: Girls' access, participation and resistance. *Journal of Research in Science Teaching*, 41, s. 392-414.
- Clark, W.C. & Dickson, N.M. (2003). Sustainability science: The emerging research program. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 100(14), s. 8049-8061.
- Coburn, W.W. (1996). Worldview theory and conceptual change in science education. *Science Education*, 80, s. 579-610.
- Coburn, W.W. (2000). *Everyday thoughts about nature*. Boston: Kluwer Academic.
- Costa, V.B. (1993). School science as a rite of passage: A new frame for familiar problems. *Journal of Research in Science Teaching*, 30, s. 649-668.
- Costa, V.B. (1995). When science is "another world": Relationships between worlds of family, friends, school, and science. *Science Education*, 79, s. 313-333.
- Deng, Z. (2001). The distinction between key ideas in teaching school physics and key ideas in the discipline of physics. *Science Education*, 85, s. 263-278.
- Deng, Z. (2007). Knowing the subject matter of a secondary-school science subject. *Journal of Curriculum Studies*, 39, s. 503-535.
- De Vos, W., & Reiding, J. (1999). Public understanding of science as a separate subject in secondary schools in The Netherlands. *International Journal of Science Education*, 21, s. 711-719.
- Dori, Y.J. & Tal, R.T. (2000). Formal and informal collaborative projects: Engaging in industry with environmental awareness. *Science Education*, 84, s. 95-113.
- Driver, R., Asoko, H., Leach, J., Mortimer, E. & Scott, P. (1994). Constructing scientific knowledge in the classroom. *Educational Researcher*, 23, s. 5-12.
- Duggan, S. & Gott, R. (2002). What sort of science education do we really need? *International Journal of Science Education*, 24, 661-679.
- Dzama, E.N.N. & Osborne, J.F. (1999). Poor performance in science among African students: An alternative explanation to the African worldview thesis. *Journal of Research in Science Teaching*, 36, s. 387-405.
- Erickson, F. (2004). Culture in society and educational practices. I: J.A. Banks & C.A.M. Banks (red.), *Multicultural education: Issues and perspectives* (5. udgave). New York: John Wiley, s. 31-60.
- Fensham, P.J. (2000). Issues for schooling in science. I: R.T. Cross & P.J. Fensham (red.), *Science and the citizen for educators and the public*. Melbourne: Arena, s. 73-77.
- Furnham, A. (1992). Lay understanding of science: Young people and adults' ideas of scientific concepts. *Studies in Science Education*, 20, s. 29-64.
- Geertz, D. (1973). *The interpretation of culture*. New York: Basic Books.

- Glasson, G.E., Frykholm, J.A., Mhango, B.A. & Phiri, A.D. (2006). Understanding the earth systems of Malawi: Ecological sustainability, culture, and place-based education. *Science Education*, 90, s. 660-680.
- Guo, C.-J. (2007). Issues in science learning: An international perspective. I: S.K. Abell & N.G. Lederman (red.), *Handbook of research on science education* (s. 227-256). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Hansen, K.-H. & Olson, J. (1996). How teachers construe curriculum integration: The science, technology, society (STS) movement as Bildung. *Journal of Curriculum Studies*, 28, s. 669-682.
- Hennessy, S. (1993). Situated cognition and cognitive apprenticeship: Implications for classroom learning. *Studies in Science Education*, 22, s. 1-41.
- Hines, S.M. (2003). *Multicultural science education: Theory, practice, and promise*. New York: Peter Lang.
- Hunt, A. & Millar, R. (2000). *AS science for public understanding*. Oxford: Heinemann.
- Kortland, J. (2001). *A problem posing approach to teaching decision making about the waste issue*. Utrecht, The Netherlands: University of Utrecht Cdß Press.
- Larson, J.O. (1995, April). *Fatima's rules and other elements of an unintended chemistry curriculum*. Paper præsenteret ved The American Educational Research Association Annual Meeting, San Francisco.
- Law, N. (2002). Scientific literacy: Charting the terrains of a multifaceted enterprise. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 2, s. 151-176.
- Law, N., Fensham, P.J., Li, S. & Wei, B. (2000). Public understanding of science as basic literacy. I: R.T. Cross & P.J. Fensham (red.), *Science and the citizen for educators and the public*. Melbourne: Arena, s. 145-155.
- Layton, D., Jenkins, E., Macgill, S. & Davey, A. (1993). *Inarticulate science? Perspectives on the public understanding of science and some implications for science education*. Driffield, East Yorkshire, Storbritannien: Studies in Education.
- Loo, S.P. (2007). The two cultures of science: On language-culture incommensurability concerning 'nature' and 'observation'. *Higher Education Policy*, 20, s. 97-116.
- Lottero-Perdue, P.S. & Brickhouse, N.W. (2002). Learning on the job: The acquisition of scientific competence. *Science Education*, 86, s. 756-782.
- Loughran, J., & Derry, N. (1997). Researching teaching for understanding: The students' perspective. *International Journal of Science Education*, 19, 925-938.
- Lugones, M. (1987). Playfulness, "world"-travelling, and loving perception. *Hypatia*, 2(2), s. 3-19.
- Meijer, M.R., Bulte, A.M.W. & Pilot, A. (2009, under udgivelse). Structure-property relations between macro and micro representations: Relevant meso-levels in authentic tasks. I: J.K. Gilbert & D. Treagust (red.), *Linking the representational levels of chemistry*. Dordrecht, The Netherlands: Springer.
- Mendelsohn, E. & Elkana, Y. (red.). (1981). *Sciences and cultures: Anthropological and historical studies of the sciences*. *Sociology of the Sciences Yearbook*, vol. 5. Boston: Reidel.

- Mulholland, J. & Wallace, J. (2003). Crossing borders: Learning and teaching primary science in the pre-service to in-service transition. *International Journal of Science Education*, 25, s. 879-898.
- Phelan, P., Davidson, A. & Cao, H. (1991). Students' multiple worlds: Negotiating the boundaries of family, peer, and school cultures. *Anthropology and Education Quarterly*, 22, s. 224-250.
- Pickering, A. (red.). (1992). *Science as practice and culture*. Chicago: University of Chicago Press.
- Reiss, M.J. (2000). *Understanding science lessons: Five years of science teaching*. Milton Keynes, Storbritannien: Open University Press.
- Rodrigues, S., Tytler, R., Darby, L., Hubber, P., Symington, D. & Edwards, J. (2007). The usefulness of a science degree: The "lost voices" of science trained professionals. *International Journal of Science Education*, 29, s. 1411-1433.
- Spindler, G. (1987). *Education and cultural process: Anthropological approaches* (2. udgave). Prospect Heights, Illinois: Waveland Press.
- Tharp, R.G. (1989). Psychocultural variables and constraints: Effects on teaching and learning in schools. *American Psychologist*, 44(2), s. 1-11.
- Traweek, S. (1992). Border crossings: Narrative strategies in science studies and among physicists in Tsukuba science city, Japan. I: A. Pickering (red.), *Science as practice and culture*. Chicago: University Chicago Press, s. 429-465.
- Wolcott, H.F. (1991). Propriospect and the acquisition of culture. *Anthropology and Education Quarterly*, 22, s. 251-273.

# Aktuel analyse

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

# På vej mod nye mål i folkeskolens naturfagsundervisning



Peter Norrild, fhv. seminarirektor, formand for naturfagsudvalgene under Fælles Mål II-arbejdet.

**Abstract** I august 2009 træder nye mål (Fælles Mål II) i kraft for naturfagene og en lang række andre fag i folkeskolen. Målrevisionen skal ses som en opfølgning på regeringens globaliseringsstrategi hvor "verdens bedste folkeskole" og "styrkelse af de centrale fagområder, læsning, matematik, naturfag og engelsk" var blandt de vigtigste mål for den grundlæggende uddannelse i Danmark. På naturfagsområdet har udgangspunktet for revisionen af Fælles Mål været anbefalinger fra to ekspertudvalg nedsat af den tidligere og nuværende undervisningsminister. Artiklen beskriver de politiske rammer for revisionen af Fælles Mål, udgangspunktet for de naturfaglige arbejdsgrupper og de væsentligste elementer i de reviderede sæt af kundskabs- og færdighedsmål.

## Indledning

VK-regeringen udgav i april 2006 sin strategi for Danmark i den globale økonomi, *Fremgang, fornyelse og tryghed* (Regeringen, 2006). Strategien fulgte i kølvandet på drøftelser i Globaliseringsrådet, som ud over et udvalg af ministre bestod af organisationsfolk og håndplukkede eksperter på en lang række områder. I arbejdet benyttede rådet sig endvidere af indkaldte eksperter, skriftlige oplæg, analyser fra embedsmænd osv. Folkeskolen fyldte ganske meget i Globaliseringsrådets arbejde, og det afspejles også i regeringens strategipapir:

## Regeringens mål for folkeskolen

- Danmark skal have verdens bedste folkeskole. Folkeskolen skal give eleverne faglige kundskaber og færdigheder, fremme kreativitet og selvstændighed samt forberede til videre uddannelse.
- Eleverne i folkeskolen skal være blandt verdens bedste inden for de fire grundlæggende fagområder: læsning, matematik, naturfag og engelsk.
- Alle eleverne skal have gode færdigheder. De dygtigste skal være på niveau med de bedste i andre lande, og niveauet hos de svageste skal hæves.
- Folkeskolen skal sikre at alle unge får kundskaber og færdigheder der kvalificerer dem til at deltage aktivt i en globaliseret verden.

## I strategifsnittet vedr. folkeskolen finder man bl.a. følgende elementer:

- Folkeskolens formålsparagraf skal sætte fokus på faglige kundskaber og videre uddannelse.
- Læsning, matematik, naturfag og engelsk skal styrkes.
- Evalueringer og test skal målrette undervisningen så alle børn får faglige udfordringer.
- Lærerne skal være specialister.
- Skoleledernes pædagogiske ledelse skal styrkes.

Bølgen af internationale undersøgelser af skolen har med andre ord haft sin politiske virkning. På naturfagsområdet var det jo ikke mindst TIMSS-, PISA- og ROSE-undersøgelserne der satte naturfagskrisen højere op på mediernes og regeringens dagsorden. I 2003 udsendte en ekspertgruppe nedsat af tidligere undervisningsminister Ulla Tørnæs rapporten *Fremtidens naturfaglige uddannelser* (Andersen et al., 2003) der på baggrund af brede analyser gav anbefalinger til styrkelse af naturfagsundervisningen gennem hele uddannelsessystemet. Den blev i 2006 fulgt op af en rapport fra "Udvalget til forberedelse af en handleplan for naturfagene i folkeskolen" nedsat af Bertel Haarder, hvor man gik i dybden med naturfagene i folkeskolen med henblik på meget konkrete anbefalinger til ministeren. Udvalgets rapport fik titlen *Fremtidens naturfag i Folkeskolen* (FNI-F-rapporten) (Undervisningsministeriet, 2006). Rapporten gav ministeren 9 forskellige anbefalinger der rettede sig mod forskellige aktører i skolens verden. En af anbefalingerne (nr. 5) var rettet mod fagenes målbeskrivelser.



“Målbeskrivelserne for naturfagene skal præciseres og samtænkes for at sikre progression og bedre synergi mellem fagene.”

Analysen bag anbefalingen har dannet baggrund for revisionen af bestemmelser og vejledninger for naturfagene i skolen.

## Fælles Mål II

Undervisningsministeren nedsatte i sommeren 2007 udvalg eller arbejdsgrupper for alle skolens fag der skulle revidere bestemmelser og vejledninger for fagene. Ministeren stillede mod mindre, men nødvendige ændringer af fagenes mål (formål, slutmål og trinmål) med de tilpasninger af vejledende tekster der måtte være nødvendige. Ministeren fremhævede at der ikke skulle sættes på at gøre målene mere testbare i de elektroniske, diagnostiske test som skal anvendes i fagene. Der skulle alene sættes på mere relevante og evaluerbare mål. Revisionsarbejdet skulle indarbejde relevante anbefalinger som i løbet af 2006/07 var blevet udarbejdet af en række faglige ekspertudvalg, herunder det ovennævnte FNIF-udvalg på naturfagsområdet.

### Slutmål og trinmål:

- Slutmålene er bindende undervisningsmål der skal være opfyldt ved afslutningen af fagets forløb.
- Trinmålene er mere specificerede bindende undervisningsmål der skal være nået undervejs i bestemte trin i forløbet. For natur/teknik (på 1.-6. klassetrin) er der trinmål efter 2., 4. og 6. klasse. For biologi, fysik/kemi og geografi (på 7.-9. klassetrin) er der trinmål efter 8. og 9. klasse.

Fælles Mål II er 4. trin i en ny udvikling af bestemmelser om skolens fag der startede med “de centrale kundskabs- og færdighedsområder” i forbindelse med folkeskoleloven af 1993 (trådte i kraft i 1994) og fortsatte efter justeringer af loven med “Klare Mål” i 2003 og “Fælles Mål” i 2005. Egentlig var det meningen at Fælles Mål II skulle træde i kraft i august 2008, men pres fra Danmarks Lærerforening fik forligspartierne i forbindelse med folkeskoleloven til at udsætte starten til 2009. Danmarks Lærerforening kunne nok også med en vis ret argumentere for at målene for undervisningen igennem en årrække var blevet ændret med alt for korte mellemrum, og at et utal af andre statslige initiativer som elevplaner, nationale test osv. var ved at vælte skolen.

### *Bindinger i arbejdet med revision af Fælles Mål*

Undervisningsministeren træffer efter folkeskolelovens § 10 beslutning om formål og slutmål for undervisningen i alle fag (Bekendtgørelse, 2006). Samme paragraf fastlægger også hierarkiet i de tekster der udgør bestemmelser og vejledninger for de enkelte fag. Det faglige hierarki består af fagenes formål, slutmål og trinmål som alle er bindende, og af ikke-bindende beskrivelser, læseplaner og vejledninger. Det er dog aftalt i forligskredsen om folkeskoleloven at forligsparterne skal inddrages ved ændring af formål og slutmål og ved ændringer i principper for trinmålene.

### *Organiseringen af arbejdet*

Arbejdet med Fælles Mål II blev organiseret i en række arbejdsgrupper for hver af skolens fag. I arbejdsgrupperne var formanden udpeget af ministeren. Resten af de i alt 6 medlemmer repræsenterede typisk læreruddannelsen, den fagdidaktiske forskning, den faglige forening, lærere i faget og fagkonsulenterne. For naturfagene var denne artikels forfatter formand for alle 5 arbejdsgrupper i naturfagene som omfattede natur/teknik, biologi, fysik/kemi, geografi og det nye naturfag på 10. klassetrin. Undervisningsministeriet koordinerede arbejdet med en styregruppe hvor alle formænd havde sæde foruden en repræsentant for Danmarks Lærerforening. Derudover deltog nogle personer fra Undervisningsministeriets folkeskoleafdeling.

### *Arbejdet i naturfagsudvalgene*

Arbejdet tog som nævnt udgangspunkt i FNiF-rapporten. På det første fællesmøde hvor alle naturfagsgrupperne var samlet, blev der opnået tilslutning til et arbejdsgrundlag for revisionsarbejdet der kort kan sammenfattes således:

- Elever i folkeskolen skal i højere grad opleve at naturfagene spiller sammen ligesom de gør det i det virkelige liv, fx i forskningen og den måde hvorpå vi bruger, taler om og forholder os til natur, levevilkår, ressourcer, teknologi, miljø og sundhed.
- De samlede naturfagsressourcer i form af timetal til naturfagene udnyttes for dårligt i folkeskolen. Det skyldes både en usikker faglig progression på langs gennem hele naturfagsforløbet og et manglende samspil mellem de tre naturfag på 7.-9. klassetrin.
- Progressionsproblemet har især været synligt ved overgangen efter 6. klasse mellem natur/teknik og de efterfølgende naturfag. Den overgang har været oplevet som endda særdeles uskarp af mange lærere i de modtagende fag (biologi, fysik/kemi og geografi). Lærerne har med god grund været usikre på hvilke kundskaber og færdigheder fra natur/teknik de reelt kunne bygge videre på. Problemet har nok været at progressionen i trinmålene ikke har været præcis og tydelig nok. En anden

og nok lige så god forklaring kan være at der med en svag evalueringskultur i skolen ikke er tradition for solide og veldokumenterede "overleveringsforretninger" fra natur/teknik til de efterfølgende naturfag. Og hertil kommer så at et meget stort antal lærere i faget ikke har den nødvendige faglige og fagdidaktiske baggrund der gør dem i stand til at læse, forstå og bruge målene, endsige undervisningsvejledningen. Manglen på uddannede lærere i natur/teknik var også baggrunden for at FNiF-rapporten foreslog en "national redningsplan" for faget med vægt på en massiv efteruddannelsesindsats.

- Det manglende samspil mellem naturfagene på 7.-9. klassetrin gør at en række indholdselementer, fx fænomener, begreber, arbejdsformer og problemstillinger, optræder i to eller tre af fagene (biologi, fysik/kemi og geografi) på en måde som slet ikke er koordineret fagene imellem. Det er ikke rationelt. Værre er det måske at fagene ikke støtter hinanden hensigtsmæssigt i forhold til børnenes læring, og at eleverne ikke får chancen for at opleve værdien af at kunne bruge fagene sammen.

## Nyt ved Fælles Mål II

De vigtigste ændringer er:

- Formålsformuleringerne er ændret og harmoniseret for de tre fag biologi, fysik/kemi og geografi så der tydeligere end tidligere signaleres mål om arbejdsformer og betragtningsmåder, mål vedr. fagenes erkendelsesmæssige og kulturelle bidrag samt fagenes samspil i det virkelige liv. (Se boks).
- Progressionen fra 1. til 9. klasse (i begreber, problemstillinger, arbejdsformer, fagsprog osv.) er gjort tydeligere ved en revision først og fremmest af trinmålene. Intentionen er at progressionen fremtræder klarere når man sammenholder trinmålene for de forskellige trin "synoptisk" med intervaller på et par klassetrin.
- De obligatoriske indholdsområder er beskrevet mere præcist. Når et trinmål eksempelvis bruger terminologien "herunder", omfatter det elementer af målet der som minimum skal være omfattet. Tidligere brugte man "som" og "fx". Den nye formulering indskrænker ikke friheden til at tage andre ting op og vælge andre eksempler eller problemstillinger, men indskærper at nogle elementer er særligt vigtige byggesten for det fortsatte arbejde med faget.
- For natur/teknik (1.-6. klasse) er der flere mere præcise trinmål – ikke som udtryk for oppustning af faget, men for at styrke progressionen fra 1. til 6. klasse og for at faget kan fungere som et mere præcist afsæt for de efterfølgende naturfag på 7.-9. klassetrin.
- Der er indført et antal flerfaglige trinmål som er fælles for to eller tre fag med sigte på et tættere samspil mellem fagene biologi, fysik/kemi og geografi så enkeltfaglige

forløb i perioder afveksler med flerfaglige forløb hvor to eller tre af fagene samlæses eller samordnes på anden måde.

- Der er beskrevet et helt nyt naturfag i 10. klasse.

Gammelt og nyt formål for faget biologi. De nye elementer er markeret med farve.

Fælles Mål	Fælles Mål II
<p>Formålet med undervisningen i biologi er, at eleverne tilegner sig viden om de levende organismer og den omgivende natur, om miljø og sundhed samt om anvendelse af biologi.</p> <p>Der skal lægges særlig vægt på forståelsen af sammenhænge.</p>	<p>Formålet med undervisningen i biologi er, at eleverne tilegner sig viden om organismer, natur, miljø og sundhed med vægt på forståelsen af grundlæggende biologiske begreber, biologiske sammenhænge og på vigtige anvendelser af biologi.</p> <p>Undervisningen skal give eleverne fortrolighed med <b>naturvidenskabelige arbejdsformer og betragtningsmåder og indblik i, hvordan biologi – og biologisk forskning – i samspil med de andre naturfag bidrager til vores forståelse af verden.</b></p>
<p><i>Stk. 2.</i> Undervisningen skal i videst muligt omfang tage sit udgangspunkt i elevernes egne oplevelser, undersøgelser og opfat- telser samt søge at fremme deres glæde ved naturen og lyst til at beskæftige sig med biologiske emner og problemstillinger.</p>	<p><i>Stk. 2.</i> Undervisningen skal anvende varierede arbejdsformer og i vidt omfang bygge på elevernes egne iagttagelser og undersøgelser bl.a. <b>ved laboratorie- og feltarbejde.</b></p> <p>Undervisningen skal udvikle elevernes interesse og nysgerrighed over for natur, biologi, naturvidenskab og teknik <b>og give dem lyst til at lære mere.</b></p>

**Stk. 3.**

Elevernes ansvarlighed over for natur og miljø skal videreudvikles, og undervisningen skal bidrage til at skabe grundlag for stillingtagen og handlen i forhold til menneskets samspil med naturen.

**Stk. 3.**

Undervisningen skal bidrage til, at eleverne erkender, **at naturvidenskab og teknologi er en del af vores kultur og verdensbillede.**

Elevernes ansvarlighed over for natur, miljø og sundhed skal videreudvikles, så de får tillid til egne muligheder for stillingtagen og handlen i forhold til spørgsmål om menneskets samspil med naturen – **lokalt og globalt.**

## Flerfaglige trinmål

For at fremme synergien mellem naturfagene i 7.-9. klasse er der skrevet nogle trinmål med samme formulering i to eller tre af fagene biologi, fysik/kemi og geografi.

### Flerfaglige trinmål

“Undervisningen skal lede frem mod, at eleverne har tilegnet sig kundskaber og færdigheder, der sætter dem i stand til at...

#### Fælles trinmål for fysik/kemi og biologi

##### 8. klasse

- beskrive hovedtræk af vands og kulstofs kredsløb i naturen
- gøre rede for hovedtræk ved fotosyntese og respiration, herunder disse processers betydning i økosystemer

##### 9. klasse

- beskrive hovedtræk af nitrogens kredsløb i naturen og problemer, der knytter sig til brug af nitrogenholdig gødning i moderne landbrugsformer
- forklare fødens sammensætning, dens energiindhold og sundhedsmæssige betydning, herunder proteiner, kulhydrater og fedtstoffer
- kende til biologiske virkninger og anvendelser af ioniserende stråling.

**Fælles trinmål for biologi og geografi**

8. klasse

- beskrive og forklare Jordens inddeling i klimazoner og plantebælter og give eksempler på arters tilpasning til forskellige typer af levesteder og livsbetingelser
- give eksempler og forklaringer på at forskellige dyrkningsmønstre er afhængige af og har indflydelse på naturforholdene.

**Fælles trinmål for fysik/kemi og geografi**

8. klasse

- anvende enkle fysiske begreber og sammenhænge i beskrivelsen af fænomener, der knytter sig til vejr og klima, herunder vands tilstandsformer, temperatur, tryk, luftfugtighed, gnidningselektricitet og vindhastighed

9. klasse

- beskrive vigtige fysiske forhold med indflydelse på vejr og klima, herunder menneskelige aktiviteter, der kan påvirke vejr og klima
- give eksempler og forklaringer på hvordan energiproduktion kan ske på bæredygtig måde i forskellige dele af verden

**Fælles trinmål for fysik/kemi, geografi og biologi**

8. klasse

- kende til grundvandsdannelse i Danmark og forhold, der har indflydelse på vores muligheder for at indvinde rent drikkevand
- anvende it-teknologi til informationssøgning, dataopsamling, kommunikation og formidling.

9.klasse

- gøre rede for hovedtræk af Jordens tilblivelse, de grundlæggende betingelser for liv og naturvidenskabelige forestillinger om Jordens og livets udvikling

***Betydningen af flerfaglige trinmål***

De flerfaglige trinmål gælder ligeværdigt for to eller tre fag. Det betyder fx at målene kan og skal evalueres i de omfattede fag. Det har fx praktisk betydning i forhold til den løbende evaluering, de nationale test, den praktisk/mundtlige prøve (fysik/kemi) og de afsluttende it-baserede skriftlige prøver (i biologi og geografi).

De fælles trinmål afspejler ikke nødvendigvis – mål for mål – bestemte flerfaglige undervisningstemaer. Men målene er i sig selv anledning til at lærerne i fagene må planlægge dele af undervisningen i fagene sammen. I princippet kan flerfaglige mål tilgodeses i undervisningen på mindst tre forskellige måder:

- Gennem flerfaglig undervisning hvor fagenes timer så at sige lægges sammen, og hvor lærerne indbyrdes aftaler deres respektive opgaver
- Ved parallelle (samtidige) og koordinerede undervisningsforløb i de omfattede fag, hvor hvert fag anvender sin særlige vinkel på området
- Ved at koordinere at undervisningsforløb i de enkelte fag følger efter hinanden på en hensigtsmæssig måde.

Alle tre organiseringsformer kræver fælles planlægning. Den flerfaglige undervisning vil nok generelt give det bedste udbytte.

## Naturfaglig kultur på skolen

Flere af de anbefalinger der blev givet i “Fremtidens naturfag i folkeskolen” (2006) (FNiF-rapporten), skal ses som ønsker til det centrale og decentrale skolesystem (staten, kommunerne og den enkelte skole) om at tilvejebringe de rette incitamenter og forudsætninger for etableringen af en naturfaglig kultur i skolen. En naturfaglig (eller naturfagsdidaktisk) kultur hvor naturfagslærerne arbejder sammen, er fraværende på de fleste skoler i Danmark. Fagene har typisk levet hvert deres liv – uden samspil og synergi.

Naturfagslærerne på skolen føler sig ofte fagligt og fagdidaktisk ensomme, og det giver ikke de bedste vilkår for fortsat udvikling og læring. At naturfagene ikke samarbejder, betyder jo ikke nødvendigvis at undervisningen eller børnenes læring er dårlig i de enkelte fag, men det betyder at eleverne får sværere ved at opleve hvad naturfagene kan bidrage med i et samspil med hinanden. Ønsket om at styrke fagenes samspil er ved revisionen af Fælles Mål indskrevet øverst i det faglige hierarki af mål, nemlig i fagformålene. I biologi, fysik/kemi og geografi finder vi nu i formålenes stk. 1 denne nye formulering (her med biologi som eksempel):

“Undervisningen skal give eleverne fortrolighed med naturvidenskabelige arbejdsformer og betragtningsmåder og indblik i, hvordan biologi – og biologisk forskning – i samspil med de andre naturfag bidrager til vores forståelse af verden.”

Sammen med ændringen af formålet er de flerfaglige trinmål de væsentligste incitamenter i Fælles Mål II til at styrke den naturfaglige kultur på skolen.

En naturfaglig kultur indebærer i sit ideal at naturfaglærerne arbejder sammen om fx:

- Udformning af konkrete undervisningsplaner (kvartalsplaner, halvårsplaner osv.)
- Evaluering og evalueringsværktøjer
- Mere præcise overdragelsesforretninger ved nødvendige lærerskift og ved overgangen mellem natur/teknik og de efterfølgende naturfag ved afslutningen af 6. klasse
- Undervisning på tværs af naturfagene med flerfaglige emner og problemstillinger
- Samarbejde med andre fag uden for naturfagene, fx historie, matematik og samfundsfag
- Mere systematisk inddragelse af uformelle læringsressourcer uden for skolen i undervisningen, fx lokale naturområder, museer, zoologiske anlæg, naturskoler, akvarier, virksomheder mv.
- Lokalt naturfagligt udviklingsarbejde, evt. i samspil med efteruddannelse
- Samarbejde om indretning og udnyttelse af lokaler, laboratorie- og it-udstyr
- Formulering af planer for udvikling og efter- og videreuddannelse
- Løbende dialog om fagene med skolens ledelse (herunder skolebestyrelsen)
- Synliggørelse af fagene på skolen og i kommunen.

Det lyder enkelt, men er ikke så enkelt endda fordi mange lærere skal indgå i flere forskellige typer af team på skolen. Man kommer heller ikke uden om at ledelsen på skolen skal kunne indse nødvendigheden af naturfagenes samspil midt i alle de mange dagsordener der præger skoledebatten og lederens hverdag. Ledelsen skal med andre ord være i løbende og udviklende dialog med naturfagsteamet. Lærere som oplever sig selv som værdsatte i en lærende naturfaglig "organisation", vil formentlig være nemmere at fastholde som naturfagslærere på skolen. Det perspektiv kan få stor betydning når der for alvor kommer til at mangle lærere med naturfaglige kompetencer. "Fremtidens naturfag i folkeskolen" giver idéer til hvordan man kan organisere og forankre en naturfaglig kultur på skolen og i kommunen og sikre samspillet med de andre aktører uden for skolen.

## Implementering af Fælles Mål II

Fælles Mål II – de bindende tekster – blev sendt i høring i foråret (høringsportalen, 2008), og efter høringsfristens udløb blev der lavet ganske små men vigtige ændringer i form af mål vedr. faglig læsning og it-brug.

Al erfaring tilsiger at et nyt målsæt ikke implementeres i skolens hverdag fra den ene dag til den anden. En slutevaluering af de oprindelige mål (Fælles Mål), publiceret af et konsortium for Undervisningsministeriet (Undervisningsministeriet, 2007),



underbygger dette: Fælles Mål er ikke et værktøj der er til stede i alle læreres daglige professionelle bevidsthed, ligesom der hos flere af skolens aktører (forvaltninger, ledere og lærere) er forskellige opfattelser af i hvor høj grad Fælles Mål har bidraget til at styrke evalueringskulturen i skolen. Billedet synes at være at Fælles Mål er bedst implementeret på skoler hvor ledelsen bevidst har arbejdet med synliggørelse, forventninger eller ligefrem retningslinjer for arbejdet med Fælles Mål og for sammenhængen mellem mål og undervisningsevaluering.

De faglige foreninger har i deres høringsvar alle været positive over for de foreslåede ændringer og for de perspektiver der ligger i et bedre samspil mellem fagene. Danmarks Lærerforening har udtrykt bekymring for det øgede antal trinmål i natur/teknik som tegn på at faget er blevet pustet op. Skolelederforeningen har betænkeligheder ved at en række mål rækker ud over elevernes kognitive formåen, men foreningen er ellers positiv over for intentionerne i det øgede samspil mellem fagene på langs og på tværs.

De fire udvalg for natur/teknik, biologi, fysik/kemi og geografi opfatter ikke selv de faglige undervisningsmål som mere ambitiøse i sig selv. Den forøgede ambition med revisionen ligger først og fremmest i at sikre en bedre progression og et bedre samspil mellem fagene så elevernes læring, interesse og holdninger samt deres forståelse for naturfagernes rolle bliver styrket.

I skrivende stund (primo januar 09) er undervisningsvejledningerne ikke udsendt. De venter på en teknisk lovændring af folkeskoleloven i foråret 2009 der skal sammenfatte "beskrivelser" og "læseplaner" til ét element i det faglige hierarki af Fælles Mål II-tekster.

Undervisningsministeriet afholder i foråret 2009 en række informationsmøder rundt omkring i landet for bl.a. skolechefer og skoleledere om Fælles Mål II hvor der specielt tydeligt sættes fokus på de nye krav til samspillet mellem naturfagene.

## Referencer

- Andersen, N.O, Busch H., Horst, S. & Troelsen, R. (2003). *Fremtidens naturfaglige uddannelser*. Uddannelsesstyrelsens temahæfte nr. 7, Undervisningsministeriet.
- Høringsportalen. (2008). *Høringen af Fælles Mål II*. [www.borger.dk/Lovgivning/Hoeringsportalen/Sider/](http://www.borger.dk/Lovgivning/Hoeringsportalen/Sider/) – søg på "Undervisningsministeriet" og "Fælles Mål".
- Regeringen. (2006). *Fremgang, fornyelse og tryghed, Strategi for Danmark i den globale økonomi*. Lokaliseret den 11. januar 2009 på [www.globalisering.dk/multimedia/Pixi.pdf](http://www.globalisering.dk/multimedia/Pixi.pdf).
- Undervisningsministeriet. (2006). *Fremtidens naturfag i folkeskolen, Rapport fra udvalget til forberedelse af en handleplan for naturfagene*. Lokaliseret den 11. januar 2009 på: [www.uvm.dk/~media/Files/Udd/Folke/PDF08/2006\\_fremtidens\\_naturfag\\_folkeskolen.ashx](http://www.uvm.dk/~media/Files/Udd/Folke/PDF08/2006_fremtidens_naturfag_folkeskolen.ashx).

Undervisningsministeriet. (2007). *Bekendtgørelse af lov om folkeskolen, LBK nr. 1049 af 28/08/2007*. Lokaliseret den 11. januar 2009 på [www.retsinformation.dk/Forms/R0710.aspx?id=25528](http://www.retsinformation.dk/Forms/R0710.aspx?id=25528).

Undervisningsministeriet. (2007). *Evaluering af aftale om fornyelse af folkeskoleloven, Slutevaluering af Fælles Mål*. (Udarbejdet af CVU Nordjylland, CVU Sønderjylland og Muusmann for Undervisningsministeriet). Lokaliseret den 11. januar 2009 på [www.uvm.dk/~media/Files/Udd/Folke/PDF08/ESIB/071101\\_slutevaluering\\_faelles\\_maal.ashx](http://www.uvm.dk/~media/Files/Udd/Folke/PDF08/ESIB/071101_slutevaluering_faelles_maal.ashx).

Undervisningsministeriet. (2008). *Fælles Mål II*. [www.emu.dk/gsk/faelles\\_maal2/](http://www.emu.dk/gsk/faelles_maal2/).

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

# Ypsilon er alfa og omega



Mikael  
Skånstrøm,  
VIAUC, lærer-  
uddannelsen i  
Nørre Nissum



Per Nygaard  
Thomsen,  
VIAUC, lærer-  
uddannelsen i  
Nørre Nissum

Anmeldelse:

John Schou, Jeppe Skott, Kristine Jess og  
Hans Christian Hansen:

*Matematik for lærerstuderende – Ypsilon,  
Epsilon, Omega og Delta*

Denne anmeldelse er baseret på virkelige  
hændelser ... \*ss\*

Vi er nu godt på vej mod at afslutte det  
første hold i matematik på den nye læ-  
reruddannelse. Vi valgte at bruge *Ypsilon*  
der netop var udkommet i forbindelse  
med starten i august 2007.

*Ypsilon* er den første udgivelse i en  
serie på foreløbig fire bøger som samlet  
dækker hele det faglige matematikfor-  
løb i læreruddannelsen. Sammen med  
bøgerne *Delta*, *Epsilon* og *Omega* er den  
som skrevet på bagsiden af *Delta* "et am-  
bitiøst forsøg på at sammentænke de fag-  
lige aspekter af læreruddannelsen med  
de mere professions-rettede". Desuden  
er der kommet en mindre, selvstændig  
udgivelse: *Elever med særlige behov*.

*Ypsilon* er "den store faglige basisbog  
for alle matematikstuderende" (Hansen,  
2007a, s. 16) som både dækker de mate-  
matikfaglige områder der har speciel in-  
teresse for mellemtrinnet, og emner som  
har relevans for alle matematiklærere.  
Det er en meget omfattende fremstilling  
som er en flot vekselvirkning mellem  
matematikfaglige stofområder, historisk  
indsigt, didaktiske skoler og enkeltstående  
didaktiske redskaber samt stofdi-  
daktiske områder.

Generelt set er det en rigtig spæn-  
dende bog som indeholder rigtig mange  
interessante vinkler på matematiklæ-  
ring på læreruddannelsen. Bogen giver  
et godt overblik over hvilken forskning  
der er relevant i folkeskole- og lærerud-  
dannelsessammenhæng, og hvordan  
denne forskning kan implementeres i  
undervisning i matematik i grundskolen.  
Endvidere er de faglige emner behandlet  
grundigt og indimellem også med nye til-  
gange i forhold til de traditionelle måder  
at gå til de forskellige faglige områder på.

*Ypsilon* består af to bind på samlet 488 sider med fælles indholdsfortegnelse hvorfor de to bind fremstår som et samlet hele og herefter omtales som én bog. *Ypsilon* er opdelt i syv dele med følgende overskrifter:

- Del I – Eksperimenterende geometri og måling
- Del II – Tal og regneprocesser historisk set
- Del III – De rationale tal (herunder er afsnittet om de negative tal også placeret)
- Del IV – Algebra
- Del V – Matematisk argumentation
- Del VI – Geometriske ræsonnementer og repræsentationer
- Del VII – Stokastik

Både de matematikfaglige og de fagdidaktiske CKF'er<sup>1</sup> der gennemarbejdes i *Ypsilon*, modsvarer selvfølgelig de CKF'er som er beskrevet i bekendtgørelsen (Undervisningsministeriet, 2007). På de matematikfaglige områder er der selvfølgelig de naturlige valg som de rationelle tal, de negative tal, lineære, eksponentielle og potensfunktioner, analytisk geometri, statistik og sandsynlighedsregning. Men der introduceres også andre nye, interessante faglige områder, fx logik, noget gruppeteori, grafteori og parameterfremstillinger. Endvidere er der flere steder faglige tilgange som ikke er helt som vi plejer at se dem, og det er på mange måder spændende. For eksempel sættes

både behandlingen af areal og rumfang ind i en aksiomatisk opbygning af disse to områder, og ligninger introduceres ved først at behandle gruppeteori om legermer for derefter at løse førstegradsligningen ved hjælp af gruppeteorien. På denne måde er der mange spændende faglige aspekter af *Ypsilon* som kan være med til at nuancere de faglige områder vi ellers synes vi kender så godt!

Når vi arbejder med vores studerende med dette "nye" faglige indhold – nye områder, men også nye tilgange – bliver de i første omgang udfordret i deres forståelse af faget og det specifikke indhold, fx aksiomatisk opbygning af arealbegrebet, men selv om det indimellem rokker lidt ved grundvolden, så virker det som om det er medvirkende til at de står dét fastere efterfølgende.

Bogen er også på andre måder nyskabende inden for litteratur til linjefaget i matematik på læreruddannelsen.

For det første bygger den i høj grad på den nyeste og nyere forskning i matematiklæring, hvilket bl.a. mange relevante henvisninger og den meget omfattende litteraturliste vidner om – begge er gode redskaber for den lærerstuderende der har brug for i en given kontekst at vide mere om et specifikt emne. Mange steder bruges deciderede citater eller konkrete forskningsforsøg oversat til dansk som baggrund for at arbejde med stoffet. Det gør bogen relevant og autentisk.

For det andet introducerer forfatterne mere rent stofdidaktiske afsnit med fokus på en eller flere konkrete metoder til at indlære et givet matematikfagligt

1 Centrale Kundskabs- og Færdighedssområder [redaktionen]

område på. Det er på sin vis befriende at man her får konkrete metoder til at angribe et givet undervisningsindhold, selv om det selvfølgelig altid står til diskussion om en given metode nu også virker som intenderet. Der gives for eksempel en indføring i hvordan brøkgregning kan introduceres med basis i to fagdidaktiske skoler: Den ene er Realistic Mathematics Education, RME, funderet på Freudenthal-instituttet i Holland, og den anden tager udgangspunkt i Brousseaus teori om didaktiske situationer.

Det leder så frem til et tredje punkt hvor forfatterne tør introducere og fremhæve nogle konkrete didaktiske skoler. Det er meget frugtbart i undervisnings-sammenhænge med lærerstuderende med sådanne konkrete præsentationer, og det giver gode muligheder for i undervisningen sammen med de studerende at forholde sig til at matematikdidaktik faktisk er et videnskabeligt felt. Det er tydeligt at det er medvirkende til at deres professionsidentitet derigennem bliver styrket.

Det er centralt, som forfatterne skriver i forordet, at "Kvalitet i læreruddannelse er ikke det samme som akademisk kvalitet. Den lader sig kun måle i forhold til professionen ..." (Hansen, 2007a, s. 14), og det bærer bogen i høj grad præg af. På en sikker og klar måde forholder forfatterne sig konstant til dette omdrejningspunkt, både gennem de teoretiske afsnit og gennem de forskellige opgaver og opgavetyper der stilles i forbindelse hermed. Det betyder selvfølgelig at stoffet hele tiden måles op imod professionsrelevansen, og

den synes at holde i langt størstedelen af bogen, selv når der er medtaget faglige områder som umiddelbart synes svære for de studerende både at se relevansen af og den faglige professionsværdi i. Det gælder fx når der arbejdes med regneoperationer i et legeme (Hansen, 2007a, s. 336) og en deduktiv opbygning af brøkgregningens regler i legemet  $(\mathbb{Q}, +, \cdot)$ . Beviserne hertil er ret teoretiske set fra en lærerstuderendes synspunkt, men det klare formål er at der gennem arbejdet med disse ting skabes en grundlæggende forståelse for netop regnearterne og deres indbyrdes forhold som forventes at smitte positivt af på den måde hvorpå den studerende forholder sig til elevens læring af fx brøkgregningens regler.

Forfatterne forsøger i arbejdet med isomorfin mellem plus og gange og "Undersøgelse 3" (Hansen, 2007a, s. 366-369) som fordrer en didaktisk vurdering af analogien mellem plus og gange, at formidle en brugbarhed af også disse mere teoretiske faglige områder. Selv om vores erfaring med lærerstuderende i denne sammenhæng fortæller os at det er svært tilgængeligt stof, og at det har voldt en del kvaler, synes det også at have vist sig at de studerendes abstraktionsniveau omkring regning med tal klart er blevet højere.

De studerende der har arbejdet med bogen, giver udtryk for at de mangler nogle konkrete matematikfaglige opgaver.

Der er fire typer af opgaver i *Ypsilon*, "øvelser, opgaver, undersøgelser og overvej-diskuter", hvor graden af åben-

hed i arbejdet er stigende. De fire typer kommer i vekslende rækkefølge, og for den studerende synes det ikke at skabe fornemmelse for at have været igennem det antal opgaver der skal til før man har styr på et givet stofområde.

Mange af dem er glade for at vi – blandt andet for at styrke symbolbehandlings-kompetencen – giver dem de såkaldte “Blækregningsopgaver”. Det bidrager med en supplerende tro på og fornemmelse for deres eget niveau på områder som er vigtige for en stor del af resten af de matematikfaglige emner. Den fornemmelse synes at mangle hos de studerende hvis de alene arbejder med *Ypsilon*. Som underviser skal man så blot være opmærksom på det og hjælpe med at skabe det nødvendige grundlag således at den studerende føler sig rustet – også i mere konkret opgaveregning.

De to efterfølgende udgivelser, *Epsilon* og *Omega*, henvender sig til hvert sit aldersspecialiseringstrin, og det var med spænding vi imødeså forfatterens bud på denne nyskabelse i linjefaget. På trods af en overlapning omkring mellemtrinnet måtte der jo være klare forskelle i indhold og tilgange til stoffet. Øvelsen synes her at være, som i de forestående skriftlige eksamensopgaver, at holde samme faglige niveau så det ikke kommer til at være sådan at det er lettere at tage matematik på begyndertrin end på sluttrin. Den tilgang ville blive svært håndterbar i forhold til vejledning af studerende med hensyn til netop det valg.

Med udgangspunkt i en konkret erfaring med arbejde med stokastik ser den

ud til at holde. Ganske vist indeholder kapitlet i *Omega* jo ord som fx hypergeometrisk fordeling der for mange virker noget frygtindgydende, men der var også gode udfordringer til de studerende på begyndertrin, og efter vores bedste faglige vurdering er vores hold på samme faglige niveau.

Det er afgørende vigtigt at it undervejs betragtes som en integreret del af matematikundervisningen på seminariet, og selv om der undervejs gives eksempler på hvordan regneark og Mathcad kan bidrage til løsning af opstillede problemer, står it nok lidt svagt i udgivelserne. Det havde været rart med større tydelighed i forhold til de studerende. Men igen – her må underviserne jo så supplere.

Evaluering i matematikundervisningen har sit eget kapitel i *Delta* hvor det behandles fra en overordnet betragtning krydret med tilhørende eksempler. I forhold til den vigtighed netop denne “disciplin” har i dagens debat omkring arbejdet i folkeskolen, kan det måske synes lige ydmygt nok. Det kunne have været en styrkelse hvis evalueringsspektet havde været tydeligere til stede i de enkelte kapitler i *Ypsilon*, *Epsilon* og *Omega*.

I rapporten “Fremtidens matematik i folkeskolen” (Undervisningsministeriet, 2006) fra marts 2006 er der syv indsatsområder som skal styrke matematik i folkeskolen fremadrettet. Specielt på to af de centrale indholdsområder, 1. *Den faglige og fagdidaktiske grunduddannelse af matematiklærere bør styrkes betragteligt* og 2. *Matematikdidaktisk forskning*

og *nyttiggørelse heraf*, udmærker bogen sig.

Med denne bog i hånden er de lærerstuderende godt på vej til at få styrket disse indsatsområder betragteligt, og specielt på den fagdidaktiske del og på den forskningsbaserede del skiller bogen sig ud på meget positiv vis.

Her gør man de studerende og på længere sigt forhåbentlig også matematikundervisningen i folkeskolen en tjeneste ved at lade dem arbejde med *Ypsilon*, *Epsilon*, *Omega*, *Delta* og de supplerende udgivelser.

## Referencer

- Hansen, H.C., Skott, J. & Jess, K. (2007a). *Ypsilon – matematik for lærerstuderende: Basisbog – Bind 1*. København: Forlaget Samfundslitteratur.
- Hansen, H.C., Skott, J. & Jess, K. (2007b). *Ypsilon – matematik for lærerstuderende: Basisbog – Bind 2*. København: Forlaget Samfundslitteratur.
- Undervisningsministeriet. (2006). *Fremtidens matematik i folkeskolen*. Lokaliseret d. 16. januar 2009 på: [www.uvm.dk/~media/Files/Udd/Folke/PDF06/060302\\_handlingsplan\\_matematik.ashx](http://www.uvm.dk/~media/Files/Udd/Folke/PDF06/060302_handlingsplan_matematik.ashx).
- Undervisningsministeriet. (2007). *Bekendtgørelse nr. 219 af 12/03/07*. Lokaliseret d. 16. januar 2009 på: [www.retsinformation.dk/Forms/R0710.aspx?id=25302](http://www.retsinformation.dk/Forms/R0710.aspx?id=25302).



# Nyheder

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.

## Arrangementer

### *Gymnasielærerdage på Aarhus Universitet*

Det Naturvidenskabelige Fakultets 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 – onsdag den 1. april 2009 på Institut for Fysik og Astrofysik, [www.phys.au.dk/astronomidag](http://www.phys.au.dk/astronomidag)
- Idrætslærerdag – tirsdag den 24. marts 2009 på Institut for Idræt, [www.idraet.au.dk/idraetslaererdag](http://www.idraet.au.dk/idraetslaererdag)
- Kemilærerdag – fredag den 27. marts 2009 på Kemisk Institut, [www.chem.au.dk/kemilaererdag](http://www.chem.au.dk/kemilaererdag)
- Matematiklærerdag – fredag den 27. marts 2009 på Institut for Matematiske Fag, [www.imf.au.dk/matematiklaererdag](http://www.imf.au.dk/matematiklaererdag).

### *NAFADISE-foredragsrækken – åben for alle*

NAFADISE står for Naturfagsdidaktisk Seminar og er betegnelsen for en seminarrække om naturfagsdidaktiske emner der afholdes på Institut for Naturfagernes Didaktik på Københavns Universitet. Seminarerne afvikles om eftermiddagen og er åbne for alle interesserede. Der er foreløbig planlagt følgende to:

Onsdag den 25. marts kl. 14.15 fortæller Jens Dolin, Robert Evans og Jesper Bruun om projektet *Mind the Gap*, som er et større europæisk samarbejdsprojekt der skal kortlægge den undersøgelsesbaserede naturfagsundervisning, UBNU, i gymnasiet i en række europæiske lande.

Onsdag den 20. maj giver Anna Danielsson, ph.d. fra Uppsala Universitet i Sverige, et foredrag med titlen "Doing Physics? Doing Gender: Perspectives from physics education research" om sin forskning i identitet blandt fysikstuderende, herunder med særlig fokus på kønsbestemte læringsmønstre. Foredraget afvikles på svensk eller engelsk.

Kommende NAFADISE-arrangementer annonceres på [www.ind.ku.dk](http://www.ind.ku.dk).

### *Få besøg af studenterbroen*

Studenterbroen har til formål at skabe direkte kontakt mellem studerende på universitetet og elever på de gymnasiale uddannelser, stx og htx. Det er en ny besøgsordning med opstart i februar 2009 på Det Naturvidenskabelige Fakultet støttet af Undervisningsministeriet. Besøgsordningen vil dække alle stx- og htx-uddannelser på Sjælland. Medlemmerne tilbyder at tage ud på besøg for at introducere elever til spændende og inspirerende naturvidenskabelige emner formidlet af en ung studerende fra universitetet. Et besøg varer ca. to lektioner.

Derudover afholdes workshops på universitetet hvor elever kommer til at opleve dagligdagen på universitetet. Fx skal de med til en rigtig forelæsning og samtidig deltage i workshops der vil in-

producere dem til noget af det faglige og eksperimentelle indhold de kan forvente af uddannelserne på Det Naturvidenskabelige Fakultet. Læs mere på [www.science.ku.dk/besog/faabesog](http://www.science.ku.dk/besog/faabesog).

### *Dansk Naturvidenskabsfestival 2009*

Vær med til at skabe begejstring for naturvidenskab og teknik blandt børn og unge overalt i landet. I 2009 foregår festivalen den 21.-25. september 2009. Årets tema er Byggesten som kan omhandle alt fra atomer, dna og evolution til ingeniørkunst og universets byggesten. Kun fantasien sætter grænser! Læs mere på [www.naturvidenskabsfestival.dk](http://www.naturvidenskabsfestival.dk).

### *Få besøg af fire rumforskere på tur til Mars*

Fire danske rumforskere vil sende mennesket til Mars for at finde liv. I et roadshow med temaet "Vi skal til Mars – og Danmark skal med" med foredrag og billeder vil de fortælle hvordan, hvorfor og hvornår. Formålet er at øge kendskabet til og interessen for rumfart i den brede offentlighed.

De fire forskere kommer fra Københavns Universitet og er Peter Norsk (Biomedicinsk Institut), Henning Haack (Geologisk Museum), Morten Bo Madsen (Niels Bohr Institutet) og Anja C. Andersen (Dark Cosmology Centre). Læs mere om projektet på [www.tilmars.dk](http://www.tilmars.dk). Hvis man som skole ønsker besøg af de fire forskere, skal man skrive til: [sineka@mfi.ku.dk](mailto:sineka@mfi.ku.dk).

### *Bestil en Novo Science Ambassadør*

Et hold af unge Novo Science Ambassadører er klar til at rejse ud til gymnasier og de ældste klasser i folkeskolen for at holde naturvidenskabelige foredrag. Novo Science Ambassadørerne er trænede i at holde foredrag og fortæller også gerne om deres egne erfaringer som studerende inden for naturvidenskab.

Det er gratis at få besøg af en Novo Science Ambassadør. Du forpligter dig til at kontakte foredragsholderen inden foredraget og aftale nærmere om foredragets indhold og til at sørge for at eleverne er fagligt forberedte til foredraget. Som noget nyt i år kan du også bestille en Novo Science Ambassadør til Forsknings Døgn der finder sted torsdag den 23. april til lørdag den 25. april 2009. Læs mere, og søg i det online foredragskatalog på [www.formidling.dk/sw1811.asp](http://www.formidling.dk/sw1811.asp).

### *Ny skoletjeneste på KU*

Tag din 7.-10.-klasse med ind i laboratorierne på Københavns Universitet, og oplev forskningsformidling i form af hands-on-oplevelser med biologi, kemi og fysik. Fra efteråret 2008 tilbyder Københavns Universitet seks øvelser inden for biologi, kemi og fysik. Øvelserne foregår i moderne laboratorier på Det Farmaceutiske Fakultet, Det Naturvidenskabelige Fakultet eller Det Biovidenskabelige Fakultet. Der er plads til op til 28 elever.

Øvelserne tager udgangspunkt i fagplanerne for fagene biologi, fysik og kemi. Forløbene er tilrettelagt så de både kan stå alene og indgå i et længere

projektforløb. For at opnå det bedste faglige udbytte af besøget er der til alle aktiviteter udarbejdet forberedelses- og efterbehandlingsmateriale. Tilbuddene er gratis. Læs mere på [www.life.ku.dk/skoletjeneste.aspx](http://www.life.ku.dk/skoletjeneste.aspx).

### *Den nationale talentpleje i naturvidenskab*

I august 2009 åbner det nye Science Center med tilhørende indkvarteringshus ved Sorø Akademi. Centret skal danne rammen om den nationale talentpleje i naturvidenskab. I mellemtiden kan du på hjemmesiden [www.sciencetalenter.dk](http://www.sciencetalenter.dk) læse mere om baggrunden for talentplejen og om de tiltag der allerede er sat i gang. Fx afholdes der et kursus for naturvidenskabelige gymnasielærere der kan gøre én rustet til selv at stå for en eller flere talentplejeaktiviteter på sin egen skole.

### *Fra MONA, 2008(4) – glem ikke:*

#### *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. Tilmeldingsfristen er den

15. februar 2009 med early bird-rabat og 15. marts til fuld pris. Læs mere på konferencensitet [www.sdu.dk/nofa](http://www.sdu.dk/nofa).

#### *Konference: Kvalitet i undervisning og uddannelse*

En konference med temaet *Kvalitet i undervisning og uddannelse* afholdes i DUN-regi den 28.-29. maj 2009 på Trinity Hotel & Conferencecenter ved Fredericia i samarbejde med Center for Universitetspædagogik, SDU. DUN står for Dansk Universitetspædagogisk Netværk som har til formål at udvikle universitetsuddannelsernes og universitetsundervisningens kvalitet.

#### *Nye film om naturvidenskab*

EduXperience er en del af et undervisningssite, hvor Fox Media viser tre prisbelønnede dokumentarfilm sammen med et foredrag inden for emnerne *livets opståen, kloning og robotteknologi*. Hver event er tænkt til at indgå som undervisningsmateriale i naturfag, fysik eller kemi eller som en del af den almene naturvidenskabelige dannelse.

Tilbuddet er gratis for gymnasier og undervisningsinstitutioner og finansieret af Videnskabsministeriet. Læs mere på [www.eduxperience.com](http://www.eduxperience.com), eller gå direkte til filmen på [www.eduxperience.com/Minikfilm.html](http://www.eduxperience.com/Minikfilm.html).

### *Hvad er en biolog? En geofysiker? Eller en datalog?*

Spørger man menigmand på gaden, får man mange sjove svar som naturligvis kræver en mere seriøs uddybning.

Det Naturvidenskabelige Fakultet på Københavns Universitet har produceret en række små film der illustrerer de forskellige studieretninger på fakultetet. Filmene er bygget humoristisk op idet de via såkaldte voxpops fra "manden på gaden" i indledningen sætter fokus på en række fordomme om de naturvidenskabelige studieretninger. Herefter portrætteres en række nuværende og tidligere studerende der fortæller om hvorfor de har valgt at søge ind på uddannelsen, hvad den går ud på, og hvad de har fået ud af deres studium.

Filmene er tænkt som supplement til den almindelige studievejledning på gymnasierne. De kan ses på [www.science.ku.dk](http://www.science.ku.dk) og er også lagt ud på [www.youtube.com](http://www.youtube.com).





