

MONIA

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

DTU



AARHUS UNIVERSITET



AALBORG UNIVERSITET



SYDDANSK UNIVERSITET



DET BIOVIDENSKABELIGE FAKULTET
FOR FODJURER, VETERINÆRMEDICIN OG NATURRESSOURCER
KØBENHAVNS UNIVERSITET

DET FARMACEUTISKE FAKULTET
KØBENHAVNS UNIVERSITET



DET NATURVIDENSKABELIGE FAKULTET
KØBENHAVNS UNIVERSITET

2010-1

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

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

Sebastian Horst, konsulent, Institut for Naturfagernes Didaktik, Københavns Universitet

Inge Hviid Jensen, redaktionssekretær, IND, Københavns Universitet

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

Redaktionskomité

Steffen Elmose, lektor, ph.d., Læreruddannelsen i Aalborg, University College Nordjylland

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, lektor, Institut for Naturfagernes Didaktik (IND), Københavns Universitet

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

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

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

Manuskripter

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

Abonnement

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

Årsabonnement for fire numre koster p.t. 225, 00 kr.

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

Produktionsplan

MONA 2010-2 udkommer juni 2010

Deadline for indsendelse af artikler hertil: 18. februar 2010

Deadline for kommentarer, litteraturanmeldelser og nyheder hertil: 1. april 2010

MONA 2010-3 udkommer september 2010

Deadline for indsendelse af artikler hertil: 6. maj 2010

Deadline for kommentarer, litteraturanmeldelser og nyheder hertil: 1. juli 2010

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

Tryk: Narayana Press

ISSN: 1604-8628

© MONA 2010. Citat kun med tydelig kildeangivelse.

Indhold

- 4 Fra redaktionen
- 6 Artikler**
- 7 Hvordan ser en kompetence ud? Evaluering af modelleringskompetencen i natur/teknik-undervisningen – et CAND-projekt
Steffen Elmoose
- 32 Tværfaglige samspil mellem matematik og historie i gymnasiets studieretningsprojekt (SRP)
Kasper Bjerling Jensen
- 54 Problemløsningskompetence opnået ved hjælp af uformaliserede opgaver – erfaringer fra et fysikkursus på RUC
Martin Niss & Jens Højgaard Jensen
- 74 Aktuel analyse**
- 75 MONA i Middelfart – konference om flere og bedre naturfagslærere
Keld Nielsen
- 83 Læserundersøgelse – hvordan bliver MONA bedre?
Inge Hviid Jensen
- 87 Kommentarer**
- 88 Iagttagelser af naturfagsundervisning – børnehave, børnehaveklasse og indskoling
Niels Ejbye-Ernst
- 94 Lærerstudenters bruk av video
Alex Strømme
- 98 Adaptive test – en pædagogisk udfordring og et didaktisk guldkorn
Mette Rose Eriksen og Lars Peter Bech Kjeldsen
- 102 Litteratur**
- 103 En historisk kritik af skolematematikken
Hans Christian Hansen
- 108 At gribe og begribe sin omverden
Trine Hyllested
- 111 Nyheder**

Fra redaktionen

På redaktionen har vi set frem til at tage hul på en ny *MONA*-årgang rustet med konstruktive input fra *MONA*'s faste læsere og andre interessenter.

Uanset at 2009 af undervisningsministeren er blevet betegnet som et jubelår for naturfagsdidaktikken, kommer vi ikke uden om at manglen på matematik- og naturfagslærere i folkeskolen og gymnasiet bliver stadig mere udtalt og får konsekvenser op gennem hele uddannelsessystemet.

Vi satte fokus på problematikken om manglen på naturfagslærere på *MONA*-konferencen den 18. november 2009. Oplæg og resuméer fra konferencen har i nogen tid været offentligt tilgængelige på www.ind.ku.dk/mona/konference. I denne udgave af *MONA* bringer vi desuden under *Aktuel analyse* en opsamlende artikel af Keld Nielsen, der giver sin personlige analyse af konferencen og de forslag der fremkom på dagen. Keld Nielsen opfordrer bl.a. til at *MONA* følger op med et forum for uddannelsespolitiske diskussioner. Dette tema vil vi i redaktionen følge op på i kommende numre.

Læserundersøgelsen som *MONA* gennemførte som online-spørgeskemaundersøgelse i perioden august-december 2009, har ligeledes bragt en række inspirerende idéer og tilkendegivelser for dagen. Efter gennemlæsning og sammenfatning af besvarelserne kan redaktionen glæde sig over at der overvejende er tilfredshed med såvel bladets niveau som omfang, indhold, layout og form. Af nyskabelser efterspørges der bl.a. bedre online søgemuligheder på artikler. Endvidere ses en markant interesse for at vi arbejder videre med at udvide kommentarbegrebet og i højere grad inddrager dagsaktuelle temaer og debatstof, det være sig i den trykte udgave eller med debatfora på hjemmesiden. Læs mere i den aktuelle analyse der sammenfatter de mest markante resultater af læserundersøgelsen.

Vi starter således 2010-sæsonen op med en masse visionære idéer og forslag til udvikling af *MONA* og dermed styrkelse af forskningsformidlingen om matematik- og naturfagsdidaktik. Tak til alle for de gode bidrag.

Indhold

Martsnummeret indeholder tre artikler, en stor og en mindre aktuel analyse, tre kommentarer og to litteraturanmeldelser.

I den første artikel søger Steffen Elmoose svar på kompetencebegrebers operationaliseringsværdi i den praktiske naturfagsundervisning. Det gøres dels ved at beskrive et undervisningsforløb med modelleringskompetencen i anvendelse og dels ved at spørge til læreres opfattelse af værdien af kompetencebegreberne. Undersøgelsen gi-

ver anledning til anbefaling af yderligere forskning i relationen mellem undervisning og udvikling af kompetencer hos elever.

I den anden artikel undersøger Kasper Bjerling Jensen i hvilken grad tværfaglige samspil mellem fagene matematik og historie er mulige og forekommende i gymnasieskolens studieretningsprojekter (SRP). Der opstilles et begrebsapparat til at tale om kvalitative og kvantitative forskelle i graden af tværfaglighed i samspil i almindelighed og i matematik-historie-samspil i særdeleshed. På den baggrund fremlægges en undersøgelse af 30 SRP-rapporter. Konklusionen er at graden af tværfaglighed er lav i de eksisterende rapporter, men at det er muligt at hæve niveauet.

I den tredje og sidste artikel behandler Martin Niss og Jens Højgaard Jensen en bestemt type fysikopgaver, såkaldte uformaliserede opgaver, og deres brug på et fysikkursus på RUC. Uformaliserede opgaver kræver at problemløseren præciserer opgaverne nærmere således at de kan gøres til genstand for fysisk analyse. Forfatterne argumenterer for at sådanne opgaver kan bruges til at udvikle væsentlige aspekter af problemløsningskompetencen.

I sektionen *Aktuel analyse* giver Keld Nielsen en vurdering af MONA-konferencen krydret med en række personlige betragtninger om konferencens idé og de forslag der fremkom på dagen. I den anden analyse sammenfatter Inge Hviid Jensen de væsentligste resultater og konklusioner af MONA-læserundersøgelsen.

Under overskriften "Tagttagelser af naturfagsundervisning – børnehaven, børnehaveklasse og indskoling" kommenterer Niels Ejbye-Ernst Jens Jakob Ellebæks og Lars Domino Østergaards artikel om Best Practice i *MONA, 2009(4)*.

Herefter kommenterer Alex Strømme artiklen om "Praktikvideo i læreruddannelsens naturfags- og matematikundervisning" af Birgitte Lund Nielsen et al. i *MONA, 2009 (4)*, hvorefter Mette Rose Eriksen og Lars Peter Bech Kjeldsen med en innovativ dialogisk form afslutter kommentarsektionen i forhold til Sebastian Horsts aktuelle analyse om "Brug af nationale test", ligeledes bragt i *MONA, 2009(4)*.

Anmeldelserne vedrører denne gang udelukkende fremmedsprogede værker, nemlig Trine Hyllesteds anmeldelse af *Falling for Science: Objects in Mind* af Sherry Turkle og Hans Christian Hansens anmeldelse af Sverker Lundins afhandling *Skolans matematik. En kritisk analys av den svenska skolmatematikens förhistoria, uppkomst och utveckling*.

Herefter følger som altid nyhedssektionen med aktuelle udgivelser og begivenheder i relation til matematik- og naturfagsdidaktik. 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.

Artikler

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

Artiklerne ligger inden for følgende kategorier:

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

Hvordan ser en kompetence ud?

Evaluering af modelleringskompetencen i natur/ teknik-undervisningen – et CAND-projekt



Steffen Elmoose,
UC Nordjylland,
Læreruddannelsen i Aalborg

Abstract. Artiklen søger svar på kompetencebegrebers operationaliseringsværdi i den praktiske naturfagsundervisning. Det gøres dels ved en beskrivelse af et undervisningsforløb med modelleringskompetencen i anvendelse og dels ved at spørge til læreres opfattelse af værdien af kompetencebegreberne. Der er anvendt kvalitativ metode gennem beskrivelse og analyse af interviews hvor tre lærere og otte elever har udgjort fokusgrupper for en undersøgelse af om kriterierne for dels funktionaliteten af kompetencebegrebet og dels eksistensen af den naturfaglige kompetence kunne bruges som søgeredskaber i datamaterialet. På baggrund af analysen konkluderes det at lærerne har fundet kompetencebegrebet anvendeligt, og at eleverne har udvist en modelleringskompetence. Undersøgelsen giver anledning til anbefaling af yderligere forskning i relationen mellem undervisning og udvikling af kompetencer hos elever.

Baggrund – et samarbejde mellem folkeskole og professionshøjskole

Denne undersøgelse er en opfølgning på en artikel i *MONA*, 2007(4), vedr. overvejelser over kompetencebegrebets berettigelse i naturfagsundervisningen. Begrebets teoretiske baggrund blev gennemgået i artiklen, og der blev argumenteret for dets potentiale i undervisningen – under visse betingelser.

Jeg deltog i 2006-08 sammen med andre medarbejdere fra UC Nordjylland i et projekt om evaluering i naturfagsundervisning. Flere professionshøjskoler var involveret i tilsvarende projekter, og disse var koordineret af Center for Anvendt Naturfagsdidaktik, CAND¹. I det nordjyske projekt deltog tre folkeskoler, Aars og Bindslev samt

¹ En omtale af det landsdækkende projekt og beskrivelser af de regionale delprojekter kan ses på www.cand.nu/Projekter/Udvikling%20af%20praksisfelt/5.6.Evaluering.htm.

Bagterpskolen i Hjørring. De andre CAND-projekter som undersøgte evalueringsproblematikker, havde ikke specifikt fokus på det naturfaglige kompetencebegreb, hvorfor de ikke inddrages i nærværende artikel. Artiklen er koncentreret om beskrivelse og analyse af kompetencebegrebets anvendelse i natur/teknik-undervisningen på Bindslev Skole fordi dette delprojekt blev tildelt ekstra forskningsressurser for at kunne følge processen på tættere hold.

Tre lærere i faget natur/teknik på Bindslev Skole ønskede at udvikle deres egen og skolens mulighed for at evaluere naturfagsundervisningen ved hjælp af kompetencemål, og de havde fået bevilget timer af egen skole til dette. De underviste sammen i en 3. klasse og en 4. klasse i faget natur/teknik, og klasserne var informeret om at jeg kom for at spørge til undervisningsforløbet.

Projektperiodens forløb

I september 2007 indledte lærerne med at planlægge et forløb om solsystemet og universet som indgik i klassernes årsplan. Lærerne arbejdede sammen om de to klasser, og sidst i september havde de dannet en grovplan for forløbet hvor de bl.a. havde taget hensyn til elevernes forkundskaber om og interesser i temaet. Herefter mødtes de med lærere fra en anden projektskole som også arbejdede med evaluering af naturfaglige kompetencer, samt med UCN-medarbejdere, herunder undertegnede (Steffen). På mødet indgik følgende:

- Per Buskov (en anden UCN-medarbejder) præsenterede sit udkast til generelle karakteristika for de fire naturfaglige kompetencer, fx hvad der kendetegner en modelleringskompetence i naturfagene (se skema nedenfor).
- Steffen præsenterede SMTTE-modellen (Sammenhæng, Mål, Tegn, Tiltag, Evaluering)² som eksempel på et planlægnings- og struktureringsværktøj til bl.a. naturfagsundervisningen og viste hvordan han førhen havde brugt det i samarbejde med lærere i et forsknings- og udviklingsarbejde.
- Folkeskolelærere og UCN-medarbejdere enedes om at anvende SMTTE-modellen som et fælles planlægningsskema hvori undervisningsforløbet kunne målsættes og struktureres, og som kunne sendes elektronisk mellem de to parter til udbygning og kommentering.
- Den enkelte lærergruppe aftalte med sin evaluator og/eller Steffen kommende besøg og øvrig evalueringsprocedure for forløbet.

² Den version af SMTTE-struktureringsmodellen der blev arbejdet med i projektet, var en udvidet version af den fra Evalueringsportalen kendte: http://evaluering.uvm.dk/templates/laerereOgLedere_layout.jsf;jsessionid=J9jJLMprqwJHGy7pyD82tm4KQ1BdMXk5QqQbD3NXwfkpD9kTyZX!-983250346. Udvidelsen bestod bl.a. i at kategorien Mål blev tilføjet nogle underkategorier som trinmål, undervisningsmål, faglige begreber og kompetencemål. Se figur 2 og 3.

De tre lærere fra Bindslev Skole og Steffen udvekslede de næste par måneder mål og evalueringsprocedure for det efterfølgende undervisningstema, som løb af stablen i december 2007 og januar 2008. De enedes fx om at målsætningen skulle koncentreres om en enkelt naturfaglig kompetence, nemlig modelleringskompetencen. Dette af hensyn til at evaluering af kompetenceudvikling er kompleks på grund af kompetencers dybdedimension³. En udvikling af modelleringskompetencen vil derfor både vise sig som ændringer af elevernes færdigheder, kundskaber og personlige meningsdimension. For at lette overblikket over evalueringsprocessen udvalgte derfor modellering – vel vidende at der i forløbet også ville indgå andre naturfaglige kompetencer. Steffen bad desuden lærerne om at fortolke de generelle karakteristika for en modelleringskompetence sådan at de passede netop til temaet om universet, fx ved at “forenklinger af komplekst fænomen” i forbindelse med dette tema blev fortolket som at “udvælge kendetegn på planeter”. Tillige definerede lærerne i dialog med Steffen nogle tegn på de udvalgte og fortolkede karakteristika – tegn som lærerne og Steffen herefter skulle være opmærksomme på hos eleverne (se figur 1).

I december og januar gennemførtes forløbet. Det foregik i naturfagslokalerne på Bindslev Skole, som består af to lokaler der er delvis adskilt og har et fælles areal imellem hvor der er materialesamling. Klasserne havde undervisning på samme tid hvilket gjorde det muligt for lærerne at opholde sig hos begge klasser. Det var således planen at en af lærerne skulle have foretaget en løbende evaluering undervejs i forløbet ved hjælp af en lydbåndoptagelse af samtalerne i arbejdsgrupperne – en plan der dog ikke lod sig gennemføre på grund af stor efterspørgsel efter lærerhjælp i gruppearbejdet. Forløbet bestod af fælles oplæg til projektarbejde, korte kurser om emner inden for temaet (solsystemets opbygning, planeter, stjerner, måner, årstider, teorier om universets opståen o.a.) og elevernes projektarbejde i grupper. Projekterne opstod som idéer fra eleverne og blev justeret af lærerne i forhold til undervisningsmålene, og kurserne blev afholdt løbende igennem de ca. 1½ måned.

Medio januar afsluttedes forløbet med en produktpræsentation for resten af klassen. Det var et krav fra lærerne at eleverne skulle have en model af deres selvvalgte emne at vise frem, og at de kunne formulere med egne ord hvad modellen forestillede. Præsentationen foregik dels for klassen og lærerne, og dels overværede Steffen og nogle lærerpraktikanter fremstillingen.

Steffen havde bedt lærerne om at udvælge otte elever fra hver klasse til en efterfølgende samtale. Udvælgelseskriterierne var at de fagligt hverken skulle tilhøre den absolutte top eller den absolutte bund i klassen, og at de skulle være normalt trygge

3 Kompetencers bredde- og dybdedimension er omtalt i MONA-artiklen “Naturfaglige kompetencer – til gavn for hvem?” (Elmose, 2007). Her argumenteres der for at en evaluering af naturfaglige kompetencer ikke er troværdig medmindre evaluatoren anstrenger sig for at inddrage kompetencers kompleksitet. Dette indebærer bl.a. at evaluatoren (fx en lærer) skal interessere sig for elevens personlige mening om egen kompetenceudvikling.

ved gæster på skolen. Hver gruppe på otte elever samtalede herefter med Steffen ca. 1 time, hvorefter lærerne blev interviewet om målene med undervisningsforløbet og udviklingsarbejdet.

Samtalen med eleverne drejede sig dels om deres produkter – her i en mindre formel sammenhæng end i præsentationsseancen – dels om de faglige begreber i forløbet hvor elevernes modelleringskompetence blev udfordret i alle tre dybde dimensioner (færdigheder, kundskaber og personlig meningsdimension). Kompetencen forventedes også at komme til udtryk gennem elevernes samarbejde om at konstruere en model af solsystemet på bordet – ved hjælp af objekter (bordtennisbolde, flamingokugler og tændstikker) som Steffen havde medbragt.

Mål med det forskningsstøttede udviklingsprojekt – fra teori til praksis

Siden antologien *Inspiration til fremtidens naturfaglige uddannelser* (Busch, Horst & Troelsen, 2003) [i tabellen refereret til som FNU, red.] introducerede det naturfaglige kompetencebegreb i en dansk naturfaglig kontekst, har det indtil videre skortet på konkrete eksempler på hvordan kompetencebegreberne kunne bringes i anvendelse i en praktisk undervisningskontekst i folkeskolen. Det nordjyske udviklingsprojekt satte sig for at undersøge om naturfagslærere kunne bruge de fire generelle delkompetencer som hensigtsmæssige planlægnings- og evalueringsmål. For bedre at kunne følge lærernes anvendelse af kompetencemål blev undersøgelsesfeltet på Bindslev Skole indskrænket til at handle om en enkelt naturfaglig delkompetence – modelleringskompetencen. Det ville gøre beskrivelse og analyse mere overskuelige hvis de forskellige udsagn fra lærere og elever alene skulle undersøges for denne kompetence.

Målene for forskningen i forbindelse med udviklingsprojektet var derfor følgende:

1. At undersøge og dokumentere en udvikling af lærernes undervisningsplaner hvor målene er beskrevet i kompetencetermer
2. At undersøge og dokumentere eksistensen af elevers modelleringskompetence i undervisning som benytter sig af evaluering af modelleringskompetencen.

For at forbinde det teoretiske naturfaglige kompetencebegreb med undervisningsforløbets praktiske implementering af samme blev modelleringskompetencen i udviklingsprojektet sat ind i nedenstående matrix. I første kolonne figurerer det naturfaglige kompetencebegreb som har givet anledning til en differentiering i fire delkompetencer (anden kolonne) i Busch, Horst & Troelsen (2003). I tredje kolonne er en af delkompetencerne, modellering, repræsenteret ved nogle karakteristika som det nordjyske

CAND-projekt har udarbejdet til inspiration for deltagende lærere i udviklingsarbejdet. Den fjerde kolonne udgøres af Bindslev-lærernes tolkede karakteristika vedrørende modelleringskompetencen i deres forløb om solsystemet. Og endelig består den sidste kolonne af de til modelleringsmålene hørende tegn – de manifestationer af modelleringskompetencen lærerne havde udvalgt til dette forløb.

På tilsvarende vis ville en anden delkompetence kunne udstyres med generelle karakteristika og specifikke kendetegn i et konkret undervisningsforløb.

FNU: Syntese	FNU: Delkompetencer	CAND-projekt: Generelle karakteristika	Lærernes tolkede karakteristika	Lærernes udvalgte tegn
Naturfaglig kompetence	Empirikompetence Repræsentationskompetence	Eleverne kan: forenkle et komplekst fænomen designe og bygge efter egne idéer og redegøre for disse fremstille skala-modeller af eksisterende objekter udarbejde modeller der illustrerer en faglig sammenhæng skelne mellem model og virkelighed	Eleverne kan: udvælge kendetegn på planeter udarbejde overskuelige modeller bygge model med planeter der illustrerer solsystemet i bevægelse fremlægge projekt med en sammenhæng, fx nat-dag	Eleverne kan: reproducere fakta anvende faglige begreber i egen fortælling om solsystemets opståen have en mening om den personlige værdi af modeller af solsystemet
	Modelleringskompetence			
	Perspektiveringskompetence			

Figur 1. Fra den brede naturfaglige kompetence til modelleringskompetencen i netop dette undervisningsforløb.

Aktionsforskning som metode

Projektet er udført som et studie af lærernes implementering af modelleringskompetencebegrebet i evaluering af undervisningen og elevernes anvendelse og forståelse af modellering. Desuden undersøges datamaterialet for eventuelle relationer mellem de to undersøgelsesfelter. Det nordjyske CAND-projekt opfatter evaluering af kompetenceudvikling som eksempel på formativ evaluering (Black, 1998; Skolestyrelsen, 2009). Da formativ evaluering i højere grad end summativ fordrer inddragelse af undervisningens kontekst og da en undersøgelse af undervisningens kontekst fordrer kendskab til bl.a. deltagernes baggrunde og oplevelser i undervisningen, er her valgt en kvalitativ metodisk tilgang idet kvalitative metoder egner sig bedre

end kvantitative når projektet handler om at afdække deltageres begrundelser og oplevelser af undervisningen (Erickson, 1998)⁴.

Forskningsdelen af udviklingsarbejdet er udformet som aktionsforskning hvor formålet bredt set er at skabe indsigt i en pædagogisk proces med henblik på at udvikle og forandre den. Aktionsforskning kan karakteriseres ved en vekselvirkning mellem praksis og teori hvor teorien bringes i spil i et praksisfelt med henblik på udvikling af både praksis og teori. Forskningen er også karakteriseret ved vekslende grader af samarbejde mellem Steffen og praktikere og ved at deltagerne søger efter løsninger eller forbedringer af problemsituationer i praksisfeltet (Holter & Kalleberg, 1996).

Aktionsforskningsmetoden er her valgt med baggrund i Steffens samarbejde med lærerne ud fra et fælles ønske om at undersøge kompetencebegrebernes anvendelsesmuligheder i praksis. Naturfagslærerne på Bindslev Skole har tidligere udviklet en sammenhængende læseplan for naturfagene i 1.-9. klasse. De ønsker at dygtiggøre sig i en løbende evaluering af undervisningen og ser kompetencemålene som mulige redskaber til dette.

Kilder til data vedrørende mål 1 (undervisningsplanernes udvikling) består dels af lærernes skemabeskrevne undervisningsplaner igennem et tidsforløb der strakte sig fra september til november 2007, og dels af en udskrift af et interview med de tre lærere fra januar 2008. Analyse af datamaterialet foretages gennem identifikation af tegn på udvikling af undervisningsplaner, her set som en kompleksitetsudvikling hvor slutplanen forventes i højere grad at udvise beredskab til at identificere modelleringskompetensens tre dybdimensioner. Ligeledes søges der i datamaterialet efter tegn på at lærerne finder modelleringskompetencen operationel i almindelig natur/teknik-undervisning. Et tegn kan være en lærerudtalelse om at vedkommende forventer at bruge kompetencemål i senere forløb, og at lærerne giver udtryk for at have rammer og beredskab til at kunne gøre kompetencemål operationelle.

Kilder til data vedrørende mål 2 (eksistensen af elevers modelleringskompetence) består af udskrifter fra interviews med elever fra de to klasser samt de tre lærere. Analyse af datamaterialet foretages gennem identifikation af på forhånd udvalgte indikatorer på eksistensen af elevers modelleringskompetence – her lærernes udvalgte tegn som fremgår af ovenstående skema. Endelig vil der indgå overvejelser over resultaternes validitet i diskussionsafsnittet med baggrund i generelle kriterier for validitet og reliabilitet i kvalitative undersøgelser (Kvale, 1997; Kruse, 1989).

4 Erickson (1998) argumenterer bl.a. med at den kvalitative forskningsmetode anvendt i naturfagsundervisning har en styrke ved sin mulighed for at inddrage forskellige datakilder til at belyse samme situation og dermed fx sammenligne forskellige deltagers oplevelse af undervisningen. Han nævner tillige kvalitative studiers tætte relation til undersøgelsesfeltet og deres potentielle evne til at beskrive og analysere dette i overensstemmelse med målet for undersøgelsen.

Vedr. forskningsmål 1: udviklingen af undervisningsplaner

I september startede samarbejdet med det møde der omtales ovenfor i afsnittet om projektets kontekst. Lærerne præsenterede deres foreløbige planer for hinanden og konsulenterne, og de fik respons på deres foreløbige planlægning. Bindslev-lærerne havde fx målsat forløbet som vist i figur 2.

Sept.	Trinmål	Undervisningsmål	Faglige begreber	Kompetencer	Kompetencer i forløbet
Mål	Kende månens bevægelser omkring jorden og jordens bevægelser omkring solen. Forbinde dette med oplevede dagligdags fænomener.	Kende solsystemets og jordens historie ud fra små forsøg som viser hvordan solen blev skabt, og hvordan solsystemet samlede sig om solen.	Jordens og månens placering. Dag og nat. Årstiderne.	Anvende enkelt udstyr til egne undersøgelser. Selv fremstille modeller/illustrationer af naturfænomener.	Eleverne skal fortælle hinanden om deres arbejde og kunne forklare virkningen af forsøg og modeller.

Figur 2. Her er vist et uddrag af lærernes første planlægningskema.

I figur 2 ses Mål-rækken af lærernes SMTTE-model som fremviser relationen mellem fem målkategorier hvor trinmålene er de overordnede, og de efterfølgende målformuleringer er trinmålenes "oversættelse" til det konkrete undervisningsforløb. Første kolonne er altså relevante trinmål fra faghæftet for natur/teknik, anden kolonne er trinmålene tilpasset til forløbet, og tredje kolonne er nogle af de væsentlige begreber som lærerne har udvalgt. Fjerde kolonne udgøres af generelle karakteristika for en modelleringskompetence (se ovenfor), og endelig har lærerne tilpasset de generelle karakteristika til tegn på modelleringskompetence i netop dette forløb om solsystemet og universet.

I løbet af de næste måneder indgik lærerne i en dialog med Steffen om deres planlægningsmodel hvor Steffen bl.a. introducerede begrebet kompetencydbyde som et mere komplekst kompetencemål (Elmose, 2007). Inden undervisningsforløbet startede, havde målrækken derfor udviklet sig således:

Nov.	Trinmål	Undervisningsmål	Faglige begreber	Kompetencer	Kompetencer i forløbet
Mål	Kende månens bevægelser omkring jorden og jordens bevægelser omkring solen. Forbinde dette med oplevede dagligdags fænomener.	Kende solsystemets og jordens historie ud fra små forsøg som viser hvordan solen blev skabt, og hvordan solsystemet samlede sig om solen.	Sol, stjerner. Galakse. Stjernebillede. Kometer. Planeter, måne. Jordens og månens placering. Dag og nat. Årstider. Raket.	Anvende enkelt udstyr til egne undersøgelser. Selv fremstille modeller/illustrationer af naturfænomener.	Færdighedsniveau: Eleverne skal kunne reproducere solsystemets opbygning og historie og planeternes udseende. Kundskabsniveau: Eleverne skal kunne fortælle med egne ord om solsystemets opbygning og historie og planeternes udseende med støtte fra model. Meningsniveau: Give udtryk for en mening om værdien af modeller til at forklare og forstå solsystemets opbygning og historie.

Figur 3. Planlægningskemaet efter en vejledningsperiode.

Endvidere blev der ført dialog om hvorvidt der på forhånd kunne udpeges en række iagttagelige tegn på at kompetencemålene var nået i elevernes læring. Dette førte til at lærerne besluttede følgende række af tegn på den differentierede modelleringskompetence:

Eleverne kan:

- reproducere fakta om solsystemet i gruppearbejdet – udvælge vigtige kendetegn på planeter – bygge model af planet i størrelsesforhold
- forklare med egne ord og relevante faglige begreber solsystemets opståen og opbygning og eget produkt
- give udtryk for egen mening om den personlige værdi af modeller af solsystem og planeter.

Tegnene svarer til de i skemaet gengivne mål således at reproduktionen af fakta svarer til et færdighedsniveau, forklaringen svarer til et kundskabsniveau, og at udtrykke en mening korresponderer med meningsdimensionen i modelleringskompetencen.

Efter undervisningsforløbet spurgte Steffen (I) lærerne (L) i et båndet interview om erfaringer med at arbejde med modelleringskompetencen under planlægning af

et undervisningsforløb. I nedenstående uddrag deltager tre lærere samt Steffen. Et linjeskift i et svar på et spørgsmål viser at en ny kollega tilføjer en kommentar.

I: "Hvordan har I konkret arbejdet med planen?"

L: "Efter at vi havde haft vores brainstorm med eleverne, så gik vi skemaet igennem. Så det er en slags disposition for os."

L: "SMTTE-modellen er ikke ny for os."

L: "Det var vigtigt for os i dette forløb at hver gruppe skulle kunne udarbejde en form for modellering af deres projektemne, og det var ved nogle hold nemmere end ved andre."

L: "Og det var også specielt at vi skulle være opmærksomme på de tegn vi skulle lede efter; det er også lidt ud over det normale."

I: "Hvis vi så tager modelleringskompetencen, har det så været besværligt at skulle sætte mål op for netop den kompetence i dette forløb?"

L: "Modelleringskompetencen har været fin i det her forløb, og det har ikke været vanskeligt at opstille mål for den – det er ikke der problemet ligger. Det er derimod i undervisningen, hvor de hele tiden har så mange spørgsmål og idéer, og hvor man nemt kommer til at virke som en blæksprutte. Der er nogle kompetencer man magter bedre i 5.-6. end i 3.-4."

I: "Har du oplevet at de har svært ved modellering i 3.-4.?"

L: "Jamen de skal have mere vejledning i 3.-4., bare sådan en kasse hvor de laver et stjernkort og sætter ind i kassen – selvom de har et billede og en vejledning de kan læse om det, så skal de stadig have hjælp til det. Det er klart at hvis vi havde givet de her opgaver til 5.-6. klasse, så ville de være mere selvhjulpne."

I: "Så I har oplevet at modellerne stadig er abstrakte for eleverne?"

L: "Ja, men samtidig, så gør modellerne det jo også konkret for dem, så modelleringskompetencen er fin at have i 3.-4. klasse også, men i selve processen er det måske meget abstrakt, så der har de brug for meget vejledning."

L: "Man kan sige at modelleringskompetencen er fin i det her emne, for der er så mange modeller man kan lave. Eleverne skal bare være lidt mere praktisk anlagte for at kunne lave dem."

L: "Når man bruger modeller i de små klasser, så kræver det lidt mere vejledning fra læreren."

Det fremgår af lærernes svar på spørgsmålene at lærerne på skolen er vant til at planlægge ved hjælp af den anvendte SMTTE-model før et undervisningsforløb og desuden også i forbindelse med andre pædagogiske processer, herunder individuelle elevs udvikling igennem elevplaner. Systematisk planlægning og evaluering synes for disse lærere at være normalt, og på spørgsmålet fra interviewer om hvorvidt de havde oplevet besvær med at skulle evaluere systematisk på kompetenceudvikling, svarer de at en sådan evaluering blot indgår i en på forhånd indarbejdet rutine.

Indarbejdelsen af kompetencemål i planlægnings- og evalueringsmodellen har lærerne ikke fundet vanskelig, hvorimod de bemærker at det at skulle definere tegn på at kompetencemålene var opfyldte, var "lidt ud over det normale". Lærerne er enige om at det godt kan lade sig gøre at undervise med modelleringskompetence som mål, men det er mere krævende for læreren i de små klasser fordi eleverne skal hjælpes i højere grad. Lærerne fortæller om både problemer og styrker ved at arbejde med modeller i det gennemførte forløb – dels kunne eleverne have svært ved at bearbejde teori og teoretiske modeller med det praktiske og intellektuelle beredskab de havde. Men lærerne fremhævede på den anden side at modellernes styrke i dette forløb bl.a. bestod i at kunne konkretisere abstrakte begreber og teorier.

På interviewers direkte spørgsmål om arbejdet med kompetencer har betydet en komplicering af lærernes arbejde, svarer de benægtende med henvisning til trinmålene for natur/teknik – eleverne forventes i forvejen at kunne designe og bygge modeller af naturfænomener. Lærerne forventer at de også ved fremtidige forløb vil bruge kompetencemål. Næste gang vil de prøve en anden kompetence – og lærernes erfaring er at det at målsætte én kompetence i en planlægningsmodel som SMTTE er "rigeligt".

Vurdering af undervisningsplanernes udvikling

Af ovenstående sammenligning af undervisningsplanerne i figur 2 og 3 ses det at september-skemaet har udviklet sig i to kolonner når det sammenholdes med november-skemaet. For det første er der tilføjet en del nye faglige begreber. For det andet er kolonnen "Kompetencer i forløbet" udvidet så der nu figurerer tre målniveauer for modelleringskompetencen. Dels et færdighedsniveau, som forventes at omfatte umiddelbart reproducerbar viden. Dels et kundskabsniveau, der kræver en individuel bearbejdelse af eleven så vedkommende kan fortælle om det pågældende fænomen med støtte fra modellen. Og endelig et meningsniveau, hvor eleven kan forholde sig til relevansen af den anvendte model for eleven selv – hvad kan eleven bruge den til? Skemaernes udvikling viser derfor at lærernes planlægning har udviklet sig over de mellemliggende måneder hvor lærerne har deltaget i udviklingsarbejdet. Læringsmålene er i det sidste skema i højere grad beskrevet i kompetencetermer idet alle tre kompetenceniveauer nu er inddraget.

Endvidere har det for Steffen været interessant at finde tegn på om lærerne vurderer kompetencemålsat natur/teknik-undervisning som operationaliserbar – altså om de fx mener at modelleringskompetencen er umagen værd at undervise og evaluere med. Som ovenstående uddrag af lærerinterviewet viser, så udtaler lærerne at de forventer at anvende kompetencemål i en ny planlægning, og at de har fundet modelleringskompetencen relevant i forhold til den almindelige undervisning. Des-

uden er lærerne i forvejen vant til systematisk målsætning og evaluering gennem en pædagogisk model hvorfor de må forventes at være i besiddelse af de fornødne rammer og beredskab til at inddrage kompetencemål i fremtidig planlægning.

Vedr. forskningsmål 2 – tegn på elevers modelleringskompetence

Evaluering af kompetencemål opfattes af CAND-udviklingsgruppen som en formativ evalueringsmetode blandt andet fordi undervisningens kontekst er af betydning for en tolkning af elevernes læringsresultater. Derfor havde lærerne og Steffen oprindelig planlagt en systematisk dataindsamling undervejs i processen via den før omtalte lydbandoptagelse af lærernes samtaler med grupperne. Dette måtte imidlertid opgives da lærerne ikke kunne finde ro til at sætte sig i længere tid med grupperne. Data indsamlet i forbindelse med forskningsmål 2 indskrænker sig derfor til:

- Steffens interview med lærerne efter undervisningsforløbet hvor de refererer løbende iagttagelser og erindringer fra samtaler med eleverne
- Steffens interview med elevgruppen efter undervisningsforløbet hvor de fortæller om hvad de har lært.

Forståelsen af de to datasæt forudsætter Steffens/evaluators indsigt i undervisningsforløbet samt et delvist kendskab til deltagerne i det (se overvejelser over dette i nedenstående diskussionsafsnit).

Sådan sagde lærerne om elevernes kompetence

Af interviewet med lærerne fremgår det at lærernes observationer hovedsagelig stammer fra projektperioden, altså den periode hvor eleverne relativt selvstændigt arbejdede med et selvvalgt emne inden for temaoverskriften. Forud for projektperioden var der gået en periode med læreroplæg og korte kurser i solsystemets opbygning o.a., og her havde lærerne ikke så god mulighed for at få indsigt i gruppernes og de enkelte elevers modelleringskompetence. Den kom derimod klarere til udtryk i projektperioden hvor lærerne typisk vejledte 2-3 elever ad gangen. Men også her var der problemer med at få ro til at lytte ind til elevernes forståelse. Steffen spørger om hvorvidt det har været muligt at gå rundt til grupperne og foretage en løbende evaluering:

L: "Jeg synes det har været alt for lidt. Det har ofte været sådan at de har haft brug for noget hjælp til deres modeller eller forsøg så man har faret meget rundt og hjulpet, og når de har arbejdet i de små grupper, så har det været lidt kaosagtigt. Der har ikke været tid til at samtale med den enkelte gruppe og få dem til at prøve at forklare hvad de har lavet."

Samme lærer foreslår at den oprindelige aftale om lydåndoptagelser af gruppesamtaler hvor de fortæller "audiologgen og hinanden hvad de har lært i dag", indføres som en fremtidig evalueringsform.

Lærerne har dog været så tæt på processen at de har kunnet differentiere deres vejledning af grupperne og konstatere at et forskelligt behov for vejledning også kan bunde i forskellig modenhed hos elevgrupperne:

L: "Jeg tror også at der er forskel på 3. og 4. klasse, for jeg har oplevet at nogle elever i 4. klasse selv er gået i gang med at udforme modellen som de selv vil have den – uden hjælp. Dem med planeterne – de har selv styret det. Når jeg har set at det har været rimeligt, det de har haft gang i, så har jeg ikke blandet mig mere. Og så har jeg brugt mere tid på andre – og også måttet sige stop for nogle idéer hvor dem med rumvæsenerne egentlig helst bare ville stå og lege med tingene."

Lærerne anvendte de i skemaet opstillede tegn på modelleringskompetence både under gruppearbejdet og under den afsluttende fremlæggelse. Tegnene blev anvendt til at diagnosticere om eleverne havde udviklet det forventede niveau i modelleringskompetencen, og her kom det frem at ikke alle elever var i stand til at koble den udarbejdede model til teori og begreber og omvendt. En af grupperne arbejdede med universets udvidelse og havde til deres fremlæggelse bl.a. anvendt en ballon til illustration af stoffets udvidelse i alle retninger fra et centrum:

L: "Da de så fremlægger, så puster de den her ballon op, men fortæller ikke hvorfor ballonen er med. Og da jeg så spørger efterfølgende hvad ballonen skulle vise – det vidste hun ikke lige. Så der har ikke været et link imellem hvad de har arbejdet med, og det de kommer og viser."

Lærerne kommenterede i øvrigt den afsluttende fremlæggelse i forhold til dens evalueringsværdi og udtrykte forbehold over for i hvor høj grad kompetencetegnene kunne anvendes i denne fase. Der kunne være flere årsager til at fremlæggelsen over for en stor elevgruppe, lærere samt udefrakommende (Steffen og praktikanter) ikke kunne bruges som målestok for elevernes kompetencedybde, hvilket var en medvirkende årsag til at Steffen foreslog et fokusgruppeinterview med en mindre gruppe elever. Fokusgruppen bestod efterfølgende af otte elever, og de blev interviewet med henblik på at få et indblik i deres kompetencedybde, herunder den personlige værdi og mening som modelleringskompetencen tillægges.

Sådan demonstrerede eleverne deres kompetence – på færdighedsniveau

I interviewet indgik der for det første spørgsmål der havde til formål at undersøge elevernes modelleringskompetence på færdighedsniveau, som i projektet ville vise sig som elevernes evne til at reproducere udvalgte fakta fra de i undervisningen anvendte modeller af solsystemet og universet. Steffen stillede spørgsmål om navne på planeter, forskel på planeter og stjerner, måder at inddele planeter på og teorier om universets opståen.

Interviewet var præget af flere indslag hvor eleverne hentede viden fra deres hukommelse – en kategori man måske kan kalde paratviden eller faktaviden, som er præget af tal og navne på fænomener samt naturfaglige begreber. Samtalen havde form som en dialog der hovedsagelig udfoldede sig mellem eleverne indbyrdes. Steffen stillede spørgsmål hvorefter en elev startede på et svar mens andre supplerede, korrigerede og fik associationer. Steffen stillede fx et spørgsmål om hvad der fik solen til at lyse, hvorefter eleverne svarede (hvert linjeskift indikerer at en ny elev svarer):

E: "Jeg ved det helt præcist – solen består af helium og brint."

E: "Brint, det er sådan noget der er i biler."

E: "Og når der ikke er mere helium og brint, så går solen ud."

E: "Jamen der går mange millioner år."

E: "Solen er 6 millioner grader varm indeni."

E: "Jeg tror at du vil kunne riste en pølse på under et sekund."

E: "På overfladen er der 5000 grader."

E: "6000 grader."



Figur 4. Elevgruppe i gang med at udforme solsystemet ud fra interviewers medbragte materialer.

Sådan demonstrerede eleverne deres kompetence – på kundskabsniveau

Spørgsmål af fakta-kategorien blev blandet med spørgsmål som i højere grad lagde op til at eleverne kunne demonstrere deres kundskaber, her forstået som evner der kræver at de kan anvende teorier og begreber dekontekstualiseret. Dvs. at de kan omformulere lærerens beskrivelser og forklaringer til deres eget sprog, bruge andre modeller som viser undervisningsindholdet på en ny måde, samt arbejde med en ny gruppesammensætning og nye tilhørere – altså i en ny situation. Fx havde Steffen taget en kasse objekter med fra sit eget undervisningslokale. Objekterne bestod af kugler med forskellige diametre og farver, papir, balloner, tændstikker og tråd. Samtalen forløb således:

Interviewer bad eleverne lave en model af solsystemet ud fra de medbragte materialer, som de ikke kendte fra eget undervisningsforløb.

E: "Her har vi Pluto."

E: "Nej, det skal være den mindste planet."

E: "Jamen det er den også."

E: "Må vi brænde noget af?" [I: "Nej."]

E: "Det her er en planet."

E: "Her er jorden – den skal være grøn."

E: "Passer den her ikke med Merkur?"

E: "Den her, det er Uranus."

E: "Her har vi en komet med en rød ballon bagpå."

E: "Må vi også sætte stjerner rundtomkring?" [I: "Ja."]

E: "Vi mangler også Saturn."

E: "Det her er Saturn."

E: "Og Venus."

E: "Mig og [...], vi laver mælkevejen."

E: "Pluto er blå."

E: "Nu skal vi passe på, for den planet der, den dør da."

E: "Ja, den er for tæt på solen."

Det fremgår at eleverne inddrager begreber, navne og relationer mellem objekter på en måde der må anses for at være fagligt relevant. Interviewers rolle under ovenstående dialog indskrænker sig til besvarelse af spørgsmål der har med rammesætning af opgaven at gøre.

Efter en ordveksling mellem eleverne om nogle af de kræfter der påvirker planeterne i solsystemet, fortæller en elev spontant om en oplevelse fra et netbaseret undervisningsprogram:

E: "Det var ligesom jeg var inde på nettet på et program der hed "Rumraket", så kom der et spil nede i bunden hvor man skulle undgå nogle sten. Hvis man prøver det, så kan du se at når du vil fremad, så giver den sådan en flamme, og når den står stille, så svæver den nærmest bare, og hvis jeg hopper ud herfra [ud ad vinduet i natur/teknik-lokalet, red.], så svæver jeg ikke, så falder jeg, men hvis jeg var i rummet, så svæver jeg."

E: "Det er tyngdekraften..."

Eleven fortæller med egne ord om forskellen på at bevæge sig uden for og inden for påvirkningen af et tyngdefelt. En anden elev kæder fortællingen sammen med det faglige begreb for fænomenet.

Eleverne demonstrerede flere gange i løbet af interviewet at de var i stand til at bruge forskellige objekter og opstillinger til at beskrive et fænomen der blev spurgt til. Steffen spurgte bl.a. til himmellegemernes indbyrdes placering og bevægelse i solsystemet og bad eleverne vise det gennem et planetdrama midt i klassen. De valgte hvilket himmellegeme de ville være, og diskuterede herefter placering og rotation hvorefter en elev blev udpeget som instruktør, og dramaet opførtes. Elevernes diskussion og planlægning tog omkring et minut. Forestillingen gik herefter i gang (se figur 5):

I: "... og så skal [instruktøren, red.] fortælle, for det kan båndoptageren jo ikke se."

E: "... er solen, og den er i midten, og så er ... Merkur, som snurrer rundt om solen, og så er ... jorden, med ... som månen i forhold til jorden, og ... er Venus. Og ... er Mars, og ... er Jupiter."



Figur 5. Der snurres rundt om solen og sig selv.

Sådan demonstrerede eleverne deres kompetence – på meningsniveau

Endelig blev de to foregående spørgsmålstyper suppleret med en type spørgsmål der havde til hensigt at få indsigt i elevernes personlige mening om modellerne. En personlig mening kunne ytre sig som som anvendelighed, følelsesmæssige relationer til modellen eller andre udtryk for positiv eller negativ værdi.

Det fremgik af samtalen med både 3.- og 4.-klasser-eleverne at det var sjovt at bygge modellerne. Efter timerne blev modellerne stående i naturfagslokalet så der kunne bygges videre på dem i efterfølgende timer. Flere grupper kom imidlertid ud for at elever fra andre klasser ikke kunne holde fingrene fra modellerne, og enkelte blev ødelagt:

I: "Har I kunnet bruge modellerne til noget?"

E: "Jeg lavede en model af rummet, og det var sjovt, men hver gang jeg kom ind til projektet efter en uge, så var det hele smadret af de store. Det står derinde, og det er væltet, men jeg kan hurtigt bygge det op."

E: "Vi havde om solen, og det handlede om hvad man kunne bruge solen til. Og det kunne man så vise."

E: "Jeg syntes det var sjovt fordi da mig og [...] var færdige med det vi havde lavet, så fik vi lov til at tage det med hjem."

E: "Og mig og [...], vi skal skiftes til at tage den med hjem i weekenden, så når weekenden er gået, så tager jeg den med i skole, og så skal han have den."

I ovenstående uddrag nævner eleverne flere formål med modellerne. Dels kan bygning af modeller i sig selv være "sjovt", dels kan de bruges til at demonstrere en opnået viden, og endelig kan modeller indgå i lege. Modellen har tilsyneladende været så attraktiv som legerekvisit at eleverne har måttet skiftes til at tage den med hjem. Muligheden for at lege med modellerne nævnes af flere elever – fx at de kan indgå i LEGO:

I: "Hvad bruger I modellen til når I tager den med hjem?"

E: "Jeg viser den til mine forældre."

E: "Jeg leger med mit."

E: "Jeg leger med mit i sand – det er godt til LEGO."

Følgende ordveksling udspandt sig i forbindelse med interviewers spørgsmål om modelleres brugbarhed i al almindelighed. Interviewer fornemmede at det var vanskeligt for eleverne i 3.-4. klasse at generalisere om modelleres funktionalitet, hvorfor han konkretiserede med et eksempel:

I: "Hvorfor er det smart at lave en model af universets tilblivelse?"

E: "For man ved jo ikke engang hvordan det er lavet."

E: "Man kunne give den [modellen, red.] til nogen – nogle rumfolk."

E: "Ja, og så kunne de sige om det var rigtigt."

E: "Jamen det er heller ikke sikkert at de ved det."

E: "Jo, de ved det."

E: "Nej, for der er mange der har hver sin mening."

Flere bidragydere formulerer her nogle udsagn om modellens funktion som en materialiseret forståelse af en naturvidenskabelig sammenhæng. Eleverne har produceret en model af fx universets opståen, altså en konkret genstand som de kan transportere til andre bidragydere til videnskabelig erkendelse om universets opståen – astronomer eller andre eksperter. Disse kan så betragte modellen og indgå i en dialog med eleverne om og en vurdering af denne som repræsentation for en videnskabelig forklaring. Modeller indgår på denne måde som et kommunikationsmiddel i den løbende faglige diskurs som karakteriserer naturvidenskab.

Elevernes svar på den sidste type spørgsmål der havde til hensigt at afsøge kompetencedybden, forstået som elevernes personlige meninger om modeller, viste derfor forskellige svartyper. Nogle svar fokuserede på modellernes funktionalitet i forhold til eleverne selv, fx til leg eller som et produkt af en læreproces. Andre svar relaterede sig til modellens funktion som kommunikationsobjekt – man kan vise den frem og forklare en sammenhæng

Vurdering af tegn på elevers modelleringskompetence

Til analyse af elevernes modelleringskompetence anvendes de i figur 3 angivne tegn på eksistensen af kompetencen. Der tages derfor udgangspunkt i lærernes SMTTE-skema fra november, og de angivne tegn kan sammenholdes med teoretiske overvejelser over hvordan de tre niveauer i en kompetencedybde kan manifestere sig.

Tegn på modelleringskompetencen på færdighedsniveau

Dette kan normalt iagttages som hensigtsmæssig reproduktion af fagligt indhold som er formidlet gennem læreren eller andre kilder. Vidensformen skal ikke opfattes som gold udenadslære, men som viden udvalgt og prioriteret af eleven til brug for løsning af et spørgsmål eller problem – i dette tilfælde at bygge en model af et astronomisk fænomen. Kompetence på færdighedsniveau kan iagttages gennem elevers adfærd eller præstation, og i den daglige undervisning indskrænker evaluering af elevers udbytte sig ofte til færdighedsniveauet (Elmose, 2007).

Lærernes udvalgte tegn omhandlede elevernes reproduktion af fakta om solsystemet, herunder at eleverne kunne udvælge vigtige kendetegn på planeterne og

bygge modeller under hensyntagen til størrelsesforhold. Ikke alle elever kunne ifølge lærerne leve op til disse tegn, hvor nogle elever ikke kunne forbinde den udarbejdede model med fagligt indhold – en oppustning af en ballon blev ikke kædet sammen med relevante teorier eller begreber. Lærerne gav dog også udtryk for at nogle elever havde en god forståelse af det faglige indhold og kunne arbejde selvstændigt.

Elevinterviewet indeholder flere passager hvor eleverne anvender en omfattende mængde faglige begreber såsom navne på planeter og andre himmellegemer samt fysiske fænomener som temperatur, tryk og tyngdekraft. Ofte bliver de astronomiske fænomener sat i relation til noget eleverne kender fra dagligdagen – “jeg tror at du vil kunne riste en pølse på under et sekund” – og brint som “er noget der er i biler”. Da eleverne bygger en model af solsystemet ud fra de medbragte materialer, vælger de i fællesskab objekter der i størrelsesforhold svarer nogenlunde til forskellene mellem planeterne, og de udvælger også efter farve. Et andet sted i interviewet får en elev placeret jorden i centrum for solsystemet, men vedkommende korrigeres af andre elever som henleder hans opmærksomhed på en model på opslagstavlen – “jamen prøv at kigge derop på skemaet” – hvorefter han korrigerer sin model – “solen er i midten”. Elevernes udtalelser om størrelsesforhold afslører ikke om de kan regne med skalaforhold mellem stjerner og planeter, fx 1:1.000, men de kan ordne himmellegemerne efter størrelse på den model der udarbejdes under interviewet.

Lærernes udvalgte tegn er nok bevidst valgt temmelig uspecifikke så der var plads til en differentiering i projektopgaverne, men det gør det lidt vanskeligt at vurdere relevansen af elevernes faktaviden mere præcist i forhold til lærernes forventninger. Elevernes udtalelser og valg viser dog at elevgruppen, som gruppe betragtet, kan anvende en bred faktabetonet viden om solsystemet og universet og derfor kan forventes at have opnået det planlagte kompetenceniveau. Interviewene synes derfor samlet at vise at lærerne stødte på enkelte elever som måske ikke kunne leve op til færdighedsniveauet i modelleringskompetencen, men at eleverne i almindelighed var i stand til at føre en faglig dialog og handle med henblik på at præsentere en modelleringsfærdighed.

Vurdering af kundskabsniveauet

Det dybereliggende kompetenceniveau er kundskabsniveauet, hvortil lærerne formulerede tegn som fordrer at eleverne kan forklare solsystemets opbygning og deres egen model med egne ord og inddragelse af relevante faglige begreber (se figur 3). Det vil sige at eleverne kan fortælle på deres niveau om et fagligt indhold som kræver nogen refleksion og fortolkning af de informationer som eleverne har mødt. Forskellen på en færdighed og en kundskab er graden af dekontekstualisering. Elever udvikler deres kundskaber når de anvender indlærte færdigheder i nye sammenhænge med henblik på at handle kvalificeret (Elmose, 2007). En kvalificeret handling forstås i dette

forskningsstøttede udviklingsprojekt som en selvvalgt aktivitet der sætter eleverne i stand til at opbygge en model af det astronomiske objekt eller fænomen som de undersøger, og som medvirker til deres forståelse af fænomenet eller objektet. Forståelsen kommer til udtryk gennem en forklaring med egne ord. Hvis eleverne kan frigøre sig fra den kontekst hvor de har mødt informationer om deres objekt eller fænomen, fx lærernes beskrivelser i de omtalte faglige kurser, og bringe informationer og færdigheder i anvendelse i en anden faglig og social kontekst, fx i interviewet, så vurderes denne dekontekstualisering som medvirkende til en kvalificering og dermed en øget kundskab om modellering.

I foregående afsnit beskrives nogle situationer hvor eleverne anvender viden og færdigheder i en kontekst som adskiller sig fra indlæringskonteksten. I den første episode anvender eleverne nogle genstande fra en kasse som interviewer har medbragt, og som ikke ligner objekter fra modeller eleverne har arbejdet med i klassen. Eleverne fører herefter dialog og korrigerer hinanden under udvælgelse af objekter de selv finder har lighed med stjerner, planeter og måner. Eleverne ordner genstandene efter faglige kriterier som størrelse, farve og afstand fra centrum og placerer himmellegememodellerne i en tredimensionel model over dele af solsystemet som igen søges placeret i sin egen galakse. Eleverne repræsenterer flere grupper som har arbejdet med forskellige projekter og udarbejdet forskellige produkter, så den fælles model som de udarbejder under interviewet, må opfattes som spontant opstået i situationen. Eleverne udnytter tilsyneladende den viden som de bringer med sig fra andre læringsituationer, og anvender den i en ny social og faglig kontekst hvorfor situationen her vurderes at afspejle elevernes kundskaber vedrørende modellering af solsystemet.

Dernæst er der beskrevet en situation hvor en elev spontant (hvilket her vil sige uden at interviewer med spørgsmål eller på anden måde har lagt op til det) henviser til en oplevelse med et computerbaseret program hvor han har stiftet bekendtskab med begrebet vægtløshed. Han har sammenholdt forhold uden for jordens tyngdefelt med forhold indenfor, hvor han dels bringer modellen fra computerprogrammet ind i beskrivelsen og dels anvender naturvidenskabelig viden til at reflektere over en hverdags erfaring – det “at falde”. Hvor han har sin viden fra, afslører interviewet ikke, men en anden elev bringer et fagligt begreb for fænomenet ind i samtalen – “tyngdekraften” – som man kan formode er introduceret i undervisningen. Under alle omstændigheder kan situationen opfattes som et eksempel på to elever der bringer viden fra andre læringskontekster i anvendelse i en ny faglig og social sammenhæng og dermed potentielt kvalificerer en handling. Dog med det forbehold at denne situation ikke viser hvorvidt de kan omsætte deres kundskaber til en konkret model over det naturvidenskabelige begreb tyngdekraft. Situationen viser at de sandsynligvis har evnerne til det.

Endelig er der ovenfor beskrevet en situation hvor eleverne på baggrund af interviewers korte oplæg selv iscenesætter et planetdrama hvor de agerer navngivne planeter og viser deres relative position og bevægelsesmønster. Kinæstetiske udtryk for viden opfattes i denne forbindelse som internaliserede begreber, relationer eller teorier hvor kroppen bruges som model eller redskab til at illustrere begreberne eller relationerne – en læreproces som skaber syntese mellem en teoretisk forståelse og en handlingsbaseret forståelse og hukommelse (Fredens, 2004). Den i forhold til en analyse af situationen bagvedliggende læringsteoretiske formodning består i at læring af abstrakt naturvidenskabelig viden kan fremmes gennem en kropslig-kinæstetisk aktivitet som vedrører emnet, og ligeledes kan en kinæstetisk repræsentation af et vidensindhold vise noget om elevens forståelse af det abstrakte emne. Eleverne valgte som nævnt selv hvilke himmellegemer de ville repræsentere, og der udspandt sig en kort (ca. 1 minut) samtale om placering, hvorefter den af interviewer valgte instruktør tog over og fastlagde placeringen. Den indbyrdes rotation blev ikke diskuteret, men alle "himmellegemer" roterede mod uret omkring solen, og alle om deres egen akse mod uret.

Dramaet viser at eleverne har forstået de grundlæggende principper bag ved himmellegemers bevægelser, herunder en dobbeltrotation (om sig selv og om centrum i solsystemet), en bevægelse i koncentriske baner samt placeringsforskelle på stjerner, planeter og måner. Eleverne havde ikke tidligere prøvet at bruge egen krop til at illustrere astronomiske fænomener i forbindelse med det afsluttede undervisningsforløb, og som tidligere nævnt havde de heller ikke prøvet at arbejde sammen i den til lejligheden sammenbragte gruppe. Derfor var elevernes planetdrama et eksempel på at de kunne bringe viden indlært i én læringskontekst i anvendelse i en anden, ikke-lignende situation, altså et eksempel på modelleringskompetence på kundskabsniveau.

Vurdering af meningsniveauet

De udvalgte tegn på modelleringskompetence på meningsniveau består i dette projekt af at eleverne skal kunne give udtryk for deres mening om en personlig værdi af modeller af solsystem og planeter. En elev giver udtryk for en personlig mening hvis elevens interesse, værdier og/eller engagement kommer til udtryk i forbindelse med demonstration af en kompetence – altså en kombination af kognitive og affektive kvaliteter ved en evne (Elmore, 2007). Der er flere vanskeligheder forbundet med at identificere dette niveau, herunder at affektivt påvirkede egenskaber er komplicerede at evaluere, bl.a. fordi der kan forekomme mange motiver til at udtrykke sin personlige mening om hvorvidt noget fagligt er mere eller mindre interessant. I denne sammenhæng er der lagt vægt på et autentisk indtryk, forstået som et indtryk af at eleverne indgår i et for dem vigtigt undersøgelsesfællesskab mellem kammerater, lærere og andre vidende i arbejdet med modellen, og at undersøgelsen har forbindelse til elevernes hverdag og deres interesser (Woolnough, 1998).

I de udvalgte sekvenser i ovenstående beskrivelse giver eleverne flere gange udtryk for at modelbygningen har været "sjov", og at de har været glade for processen og tilsvarende trætte af når modellerne er blevet pillet ved eller ligefrem ødelagt af andre klasser. Disse udtryk tages som tegn på at eleverne er personligt engagerede og tillægger processen vigtighed – altså tegn på at der også investeres følelser i arbejdet ud over rent kognitive tilgange. At de kan relatere arbejdet til deres egen hverdag, kommer frem bl.a. gennem beretninger om at de tager modellerne med hjem og leger videre med dem i fritiden. Her fungerer modellerne som objekter der bygger bro mellem skolen og fritiden, hvor eleverne selv har valgt at tage dem med hjem, passe på dem og tage dem med i skole igen så kammerater kan overtage dem. Alt i alt en situation som sandsynligvis forekommer relativt sjældent idet skole og fritid ofte af eleverne opleves som adskilte verdener. Det skal dog retfærdigvis nævnes at interviewet ikke giver indikationer af i hvor høj grad modellen blev anvendt i en naturfagligt relevant kontekst i fritiden.

Udforskningsfællesskabet kommer til udtryk gennem elevernes henvisning til modellens funktion som kommunikationsmiddel vedrørende et astronomisk fænomen. Dels i forbindelse med en præsentation af opnået viden – en produktfremstilling af noget færdigt – men også som middel i en kommunikation med andre der arbejder med samme fænomen, som en foreløbig forståelse af fænomenet med henblik på en kritik af forståelsesprocessen. Eleverne i 3.-4. klasse kan på deres niveau se flere meningsfulde anvendelser af modellerne, herunder til egne legbaserede formål, som sjove byggeprojekter og som middel til at fremstille deres foreløbige viden. Uddragene viser derfor modelleringskompetence på meningsniveau.

Sammenfatning af vurderingen – er eleverne modelleringskompetente?

Udvalgte data har været analyseret for fremtrædelsesformer for tre niveauer af en kompetence, nemlig som færdighed, som kundskab og som udtryk for elevernes personlige mening om værdien af modellering. Der er fundet tegn inden for alle tre niveauer, hvilket her vurderes som indikation på at eleverne besidder modelleringskompetence ved afslutningen af det beskrevne undervisningsforløb. Hermed er der svaret bekræftende på forskningsmål 2 – at undersøge og dokumentere eksistensen af elevs modelleringskompetence i undervisning som benytter sig af evaluering af modelleringskompetencen.

Det skal dog bemærkes at den valgte metode er udvalgt med henblik på netop mål 2 – at identificere tegn på eksistensen af elevs modelleringskompetence i forbindelse med undervisningsforløbet. Der kan ikke konkluderes noget om hvorvidt undervisningsforløbet har medvirket til en *udvikling* af elevernes modelleringskompetence, da fremgangsmåden så skulle have været anderledes designet. Mere om dette i næste afsnit.

Resultaterne kan og bør diskuteres

I det følgende bliver metode og resultater diskuteret med henblik på at anbefale yderligere fokus på det felt som handler om evaluering af naturfaglige kompetencer. Som nævnt i indledningen blev projektet igangsat som en undersøgelse af den praktiske anvendelighed af det naturfaglige kompetencebegreb i en undervisningskontekst.

Resultaterne vedrørende forskningsmål 1 – udvikling af undervisningsplaner – indikerer at disse tre lærere har haft udbytte af at inddrage kompetencemål i deres undervisningsplan, og at udbyttet af inddragelsen vil afstedkomme inddragelse af kompetencemål i efterfølgende undervisnings- og evalueringsplaner. Pålideligheden af resultatet har jeg søgt verificeret gennem at lade lærerne vurdere min beskrivelse og analyse af udviklingen af undervisningsplanerne samt interviewet med dem selv. Metoden kan karakteriseres som en ekstern vurdering af pålideligheden (Dolin, 2001), hvor jeg har spurgt lærerne om mine fortolkninger af situationerne stemmer overens med deres opfattelse af samme, samt om jeg har forstået deres udsagn korrekt.

Lærerne svarer pr. mail i august 2009 at deres samarbejde er blevet udvidet til at gælde flere lærere på skolen, og:

“Vi har ikke nogen tilføjelser, men synes at du rammer rigtigt med dine samtaler, konklusioner m.m.”

Metoden kan samtidig karakteriseres som en validering af resultaterne, i og med at jeg i overensstemmelse med formålet med aktionsforskningsprojektet bringer resultaterne tilbage til de primære deltagere (her lærerne) og spørger om undersøgelsen vil få betydning for deres fremtidige planlægning og evaluering i natur/teknik, hvilket de har svaret bekræftende på. Denne form for gyldighedsundersøgelse kalder Steinar Kvale for pragmatisk validering, som kendetegnes ved resultaternes ændringspotentiale i forhold til praksis. Gyldigheden vurderes derved gennem handling (Kvale, 1997). Gyldigheden kan derudover diskuteres med baggrund i Emil Kruuses kriterier for samme i kvalitative undersøgelser. Her opregner han seks betingelser for at man skal kunne fortolke data så rigtigt som muligt, således at undersøgelsesmetoden har været i overensstemmelse med undersøgelsesformålet (Kruuse, 1989). Han opregner kriterier som tid, sted, sprog og fortrolighed, som alle kendetegner graden af nærhed til undersøgelsesfeltet. I det gennemførte projekt har jeg samarbejdet med lærerne igennem et halvt år og været til stede i undervisnings- og evalueringssituationer samt i forbindelse med interviews, hvilket må vurderes som gode betingelser for opfyldelse af de nævnte kriterier og derfor må understøtte min fortolkning af kommunikationen. Et femte kriterium handler om at variere omstændighederne i undersøgelsen, hvilket fx vil sige dataindsamlingsmetoder. I nærværende projekt er der dels anvendt de omtalte undervisningsplaner, dels interviews med lærerne, hvor der har kunnet konstateres

en overensstemmelse mellem de to datasæt. Undervisningsplanerne har udviklet sig, og lærerne beskriver planernes udvikling – at modelkompetencen nu er inddraget i planen, og at der i fremtiden vil blive arbejdet med evaluering af kompetencer.

Der kan imidlertid være en risiko for at nærheden mellem forsker og deltagere bliver for stor så resultatet ikke er repræsentativt for andre uden for samarbejdsgruppen. Undersøgelsesmetoderne kunne godt være suppleret med endnu en tilgang for at variere omstændighederne yderligere og for at adskille rollerne mere i projektet. Blandt andet kunne man foreslå observation af lærerne imens de underviser og evaluerer med kompetencebegreber, med henblik på at vurdere i hvor høj grad kompetencemålet er implementeret i undervisning og evaluering. Endelig nævner Kruuse et kriterium han kalder konsensus, som handler om berigtigelse hos deltagere eller udenforstående af tolkninger i undersøgelsen. Som nævnt har jeg i dette projekt valgt at tilbageføre resultaterne til lærerne med henblik på deres vurdering af holdbarheden af beskrivelser og analyser, og lærerne i projektet har ikke haft noget at indvende mod tolkning og analyse af forløbet. Alt i alt vurderer jeg derfor pålidelighed og gyldighed som acceptabel set i lyset af projektets rammer.

Der er behov for yderligere undersøgelser

Det kunne derfor være interessant at udsætte forskningsmål 1 og den valgte metode for undersøgelse med en større deltagerpopulation for øje. De beskrevne rammer for ovenstående projekt har givet mulighed for at følge både lærere og elever på tæt hold, og jeg har opnået en høj grad af nærhed til det undersøgte miljø. Det kan med en vis ret diskuteres om man kan komme *for* nær til sit objekt, så udtalelser og observationer farves af nærheden. Derfor kan en undersøgelse i større skala anbefales, så Steffen-deltager-relationen adresseres, fx gennem engagement af flere forskere og flere lærerpopulationer. Undersøgelsen af forskningsmål 1 kan med andre ord danne baggrund for et større projekt med flere lærere involveret for at se om også andre deltagere opfatter det naturfaglige kompetencebegreb som operationaliserbart.

Også en undersøgelse i større skala vedr. forskningsmål 2 kan anbefales. I nærværende undersøgelse konkluderes det at disse elever er i besiddelse af en modelleeringskompetence, men dette resultat kan være påvirket af specielt begavede elever, et forudgående undervisningsforløb eller en anden ikke-inddraget faktor. Så en større skala for at inddrage flere og mere forskellige elevpopulationer kan anbefales. Endvidere er det tidligere nævnt at for at kunne dokumentere en kompetence i udvikling er det nødvendigt med en ændring af undersøgelsesmetoden, således at den målsatte kompetence undersøges hos eleverne inden et undervisningsforløb, at metoden giver mulighed for at kunne følge den udvikling i undervisningen, og at kompetencens omfang og dybde afsluttende evalueres.

Og endelig var denne undersøgelse begrænset til modelleringskompetencen, som altså viste sig at være både operationel og konstaterbar. Men om de andre naturfaglige delkompetencer i lige så høj grad er anvendelige i en læringspraksis, og om de naturfaglige delkompetencer som helhed er funktionelle og veldefinerede, kan denne undersøgelse ikke svare på. Også derfor må der suppleres med tilsvarende samarbejder mellem forskning og udvikling.

Referencer

- Black, P. (1998). Assessment by teachers and the improvement of students' learning. I: B.J. Fraser & K.G. Tobin (red.). *International Handbook of Science Education* (s. 811-822). London: Kluwer Academic Press.
- Busch, H., Horst, S. & Troelsen, R. (red.). (2003). *Inspiration til fremtidens naturfaglige uddannelser*. København: Undervisningsministeriet.
- Dolin, J. (2001). Fremgangsmåde og metodiske overvejelser. I: H. Bang, J. Bang, K. Beyer, J. Dolin & V. Schilling, *At lære fysik*, s.13 – 22, København: Undervisningsministeriet. Lokaliseret den 24. juli 2009 på: <http://pub.uvm.dk/2001/fysik/2.htm>.
- Elmose, S. (2007). Naturfaglige kompetencer – til gavn for hvem? *MONA*, 2007(4), s. 49-67.
- Erickson, F. (1998). Qualitative Research Methods for Science Education. I: B.J. Fraser & K.G. Tobin (red.), *International Handbook of Science Education*, s.1155-1173. Dordrecht: Kluwer International Handbooks.
- Fredens, K. (2004). *Mennesket i hjernen. En grundbog i neuropædagogik*. Århus: Systime Academic.
- Holter, H. & Kalleberg, R. (red.). (1996). *Kvalitative metoder i samfunnsforskning*. Oslo: Universitetsforlaget.
- Kruuse, E. (1989). *Kvalitative forskningsmetoder*. Virum: Dansk Psykologisk Forlag.
- Kvale, S. (1997). *Interview*. København: Hans Reitzels Forlag.
- Skolestyrelsen. (2009). *Evaluering i natur/teknik*. København: Undervisningsministeriet. Lokaliseret den 16. marts 2009 på: www.evaluering.uvm.dk/templates/document_layout.jsf?context=DOCUMENT&function=showDocument&documentId=956.
- Woolnough, B.E. (1998). Authentic science in schools, to develop personal knowledge. I: J. Wellington (red.), *Practical work in school science. Which way now?* (s. 109-125). London: Routledge.

Abstract

This article investigates the practical value in a science teaching context of the concept of science competence. The investigation consists of a description and an analysis of the development of a syllabus which includes the concept of modeling competence. The project also investigates if it is possible to detect the modeling competence of the pupils.

The investigation has been carried out as a qualitative study with interviews of the three teachers in one focus group and eight pupils in another. The interviews have been analysed by using search criteria for functionality (relevance according to subject goals) and for competence complexity (skill, knowledge and meaning).

The article concludes that the teachers find the competence concept functional and that the pupils have shown evidence of a modeling competence.

Tværfaglige samspil mellem matematik og historie i gymnasiets studieretningsprojekt (SRP)



Kasper Bjerling Jensen, cand. scient. i matematik og fysik samt ph.d-studerende i matematikkens didaktik ved IMFUFA, RUC

Abstract. Artiklen undersøger i hvilken grad tværfaglige samspil mellem fagene matematik og historie er mulige og forekommende i gymnasieskolens studieretningsprojekter (SRP). Der opstilles et begrebsapparat til at tale om kvalitative og kvantitative forskelle i graden af tværfaglighed i samspil i almindelighed og for matematik-historie-samspil i særdeleshed. På den baggrund fremlægges en undersøgelse af 30 SRP-rapporter. Konklusionen er at graden af tværfaglighed er lav i de eksisterende rapporter, men at det er muligt at hæve niveauet. Blandt redskaberne til dette er en øget bevidsthed om samspillet kvalitative karakter, en problemorientering af opgaveformuleringerne og en bevidst opdyrkelse af faglige værktøjer.

I gymnasireformen af 2003 – implementeret fra skoleåret 2005/06 og frem – blev der lagt markant større vægt på samspil mellem fag end i de tidligere gymnasieordninger. En af flere rammer for sådanne samspil er *studieretningsprojektet (SRP)*, der typisk er placeret midt i gymnasieuddannelsens tredje år. SRP afløste den tidligere *større skriftlige opgave* og skal i modsætning til denne baseres på to fag frem for kun et enkelt. Af strukturelle årsager kom en meget stor del af projekterne til at være bygget på kombination af fagene matematik og historie.

Med udgangspunkt i rygter fra censorkorpset om særdeles store vanskeligheder med at bedømme projekter af denne type har jeg studeret dette fænomen nærmere, med særlig vægt på graden af *tværfaglighed*. Det fulde studie er præsenteret i min matematik-specialerapport fra RUC (Jensen, 2008). I denne artikel vil jeg præsentere en begrebsramme til at diskutere sådanne SRP-rapporter i samt hovedlinjerne i resultatet af min undersøgelse.

Begrebsdannelsen starter i det mest generelle med begreberne *fag* og *faglighed*, ud

fra hvilke begrebet *tværfaglighed* konstrueres. Herpå flyttes matematik ind i en generel tværfaglighedsramme, og til sidst sættes det sammen med historiefaget i en særlig matematik-historie-ramme. Begrebsrammen bruges til at fokusere undersøgelsen af konkrete SRP-rapporter skrevet i kombinationen matematik og historie.

Fag, faglighed og tværfaglighed

Ifølge *Ordbog over det danske Sprog*¹ betyder ordet "fag" oprindeligt et "ved sammenføjning afgrænset område" som fx i "vinduesfag". I den mere moderne betydning af ordet som er relevant i denne diskussion, betyder det "et vist område inden for videnskab, kunst eller erhverv". Det er særligt områder inden for videnskaben der vil have interesse her. Videnskabens opdeling i områder er dog ikke rent tilfældig. Begrebet "(videnskabs)fag" må derfor kunne siges at indeholde noget yderligere.

Hvis vi opfatter "videnskaben" som menneskehedens samlede kollektive bestræbelse på at studere *objekter*, forstået som alle konkrete og abstrakte genstande, strukturer, fænomener mv. som kan underkastes et menneskeligt studium, så er det en menneskeskabt inddeling af disse som historisk har konstitueret den aktuelle inddeling af videnskaben i fag (hvilket ses tydeligst af fagenes navne, fx biologi, sociologi, geologi, lingvistik osv.). Faget matematik har således som sine konstituerende objekter de mest abstrakte og generelle strukturer.

Objekter studerer imidlertid ikke sig selv, hvorfor mennesker der ønsker at studere fagets objekter, må udvikle et eller flere sæt af *metoder* til at studere dem. Tilsammen kan *objekt* og *metode* siges at være det der grundlægger et fag. Når faget arbejder metodisk med sine objekter, opnås der *teorier*, *begreber*, *viden* osv. (Newell, 1992) som ligeledes bliver en del af faget. Tilsammen kan vi kalde fagets metoder, teorier, begreber, viden mv. for dets *faglighed*. Hvor fagets objekt i hovedsagen kan opfattes som dets *objektive*, *statiske*² *ydre*, udgør fagligheden dets *dynamiske indre*.

Oven på ovenstående definition kan der lægges en sidste tilnærmelse af begrebet (*videnskabs*)fag, nemlig at det er en "sociokulturel enhed for vidensproduktion" (Dolin, 2006). Hermed skal forstås at faget spænder over historiske traditioner og en organisation i form af tidsskrifter, konferencer, standardværker, positioner mv. hvis formål det er at udvikle fagets faglighed. Da faget har et løbende behov for indsocialisering af ny aktører, kan der fra et videnskabsfag afledes et *undervisningsfag*. Hermed menes en "strukturel og organisatorisk enhed [...] som har til formål at sikre gennemførelsen af undervisning i et givent fagområde" (Dolin, 2006). Et undervisningsfag har således ikke til formål at udvikle fagets faglighed, men at formidle et udsnit af dets *aktuelle* faglighed. Hvilken del af fagligheden der skal formidles, afklares ved en

1 Lokaliseret den 16. januar 2010 på <http://ordnet.dk/ods/opslag?id=440950>.

2 Ordet statistisk kan udfordres for flere af de ikke-naturvidenskabelige fags vedkommende. Denne diskussion er dog ikke relevant her.

ekstern didaktisk transposition (Winsløw, 2006, s. 73 f.). Et gymnasiefag er således et undervisningsfag konstrueret til særligt at passe ind i gymnasieuddannelsen.

Begrebet *tværfaglighed* har med konstruktioner at gøre som på forskellige måder omfatter to eller flere fag/fagligheder. I Højgaard (1991) opstilles der to³ former for tværfaglighed:

- *Specialisering*. På grænsen mellem to fag kan der konstitueres en særlig disciplin hvor objekter og metoder fra de to fag udvælges så de særligt støtter hinanden. Eksempler kan være matematikhistorie, matematisk økonomi, biofysik, fysisk kemi osv.
- *Anvendt fag*. En særlig type af objekter kan bedst studeres ved at integrere elementer fra en stribe grundfag til en ny fag-lignende konstruktion. Eksempler kan være nanoteknologi, ingeniørvidenskab, erhvervsøkonomi osv.

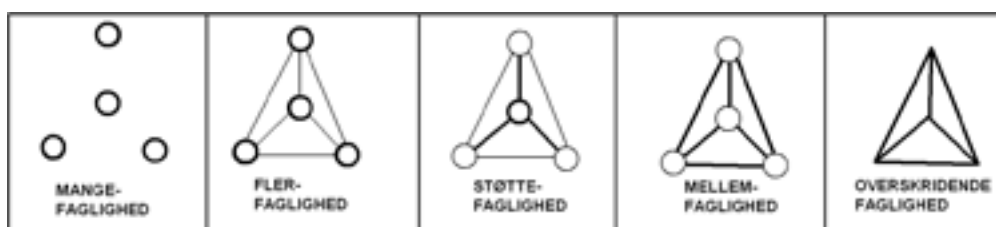
De to typer af tværfaglighed har det tilfælles at der er tale om at elementer fra to eller flere eksisterende fag organiseres sammen til et nyt fag. Jeg betegner dem derfor *organisatorisk tværfaglighed*. I gymnasieskolen opleves dette bl.a. i konstruktioner som samfundsfag (sociologi, økonomi, politologi osv.), dansk (litteraturvidenskab, lingvistik, kommunikation osv.) og naturgeografi (fysik, kemi, geologi, meteorologi, kultur- og samfundsvidenskabelige fag osv.).

Der optræder imidlertid en anden udlægning af begrebet *tværfaglighed* hos Jantsch (1972) og Ulrichsen (2001) hvor begreberne i stedet beskriver situationer hvor to eller flere fag eksisterer med bestemte relationer imellem sig. Disse relationer er bestemt af funktionsmæssige hensyn, og tværfaglighedsformerne kan derfor under ét kaldes *funktionel tværfaglighed*. Begreberne er:

- *Mangefaglighed*. To eller flere fag eksisterer samtidig. Den maksimale grad af koordinering er fælles almene mål (fx "almendannende", "studieforberedende" mv.).
- *Flerfaglighed*. To eller flere fag arbejder samtidig, med en begrænset koordination. Det kan fx være at fagenes konkrete arbejde styres af et fælles tema.
- *Støttefaglighed*. Et konstituerende fag styrer ensidigt arbejdets mål, mens yderligere et eller flere støttefag bidrager, almindeligvis med metoder, til at opnå målene. Støttefagene tilpasses altså det konstituerende fags behov.
- *Mellemfaglighed*. To eller flere fag underlægges i samme proces fuldstændig de krav som opstilles af et ydre princip. Det kan fx være en problemstilling som skal løses.
- *Overskridende faglighed*. Alle faggrænser udviskes, og der arbejdes alene på at løse en ydre problemstilling.

3 Egentlig opstilles også en tredje – "tværfaglighed som sprængning af faglig spændetrøje" – som dog er mindre relevant her. Gymnasieuddannelsen som helhed opfylder dog til fulde denne tredje tilgang.

Da det første og det sidste begreb dækker over situationer hvor der hhv. eksisterer flere fag uden relationer imellem og en problemløsningsproces hvor fagene er udvasket, er der formelt ikke tale om tværfaglighed. De to begreber kan dog opfattes som yderpunkterne i et åbent interval af tværfaglighedsgrader som kan fremstilles grafisk i nedenstående figur.



Figur 1. Funktionel tværfaglighed er relationer mellem selvstændige fag og kan ordnes i et åbent interval efter hvorvidt fokus ligger mest på fag eller på relationer.

En traditionel gymnasieuddannelse er i sig selv et mangefagligt forløb hvor eleven præsenteres for en stribe af fag uden nogen egentlig indholdsmæssig koordinering. Der eksisterer dog i gymnasireformen af 2003 en erklæret målsætning om at den studerende præsenteres for fagene i samspil. Sådanne samspil er af natur *funktio- nelt tværfaglige* – dvs. to eller flere gymnasiefag i en bestemt samarbejdsrelation. Samspilsbegrebet er dog indskrænket i forhold til tværfaglighedsbegrebet ved at der alene er tale om samarbejdsrelationer mellem de konstruktioner vi kalder *gymnasie- fag*. Samarbejde mellem sociologi og økonomi inden for samfundsfag ville ikke blive accepteret som samspil. Ligeledes ville en matematisk modellering af noget der ikke hører hjemme i et af de øvrige gymnasiefag, heller ikke blive betragtet som et samspil.

Det er i praksis nok svært at skabe samspil i gymnasiet der løfter sig op over *flerfag- lighed*. Det skyldes først og fremmest det hensyn der må tages til at alle de deltagende fags faglige mål er passende repræsenteret. Hensyn der i mange situationer gør at et fag vil have svært ved at underordne sig et andet fag eller en udefrakommende problemstilling. Et eksempel på problemet kan være støttefaglige samspil med ma- tematik som støttefag der ofte eksempelvis undgår bevisgang eller betjener sig af matematik på et uacceptabelt lavt niveau.

Derfor er det særlig relevant at kunne beskrive nuanceforskelle mellem flerfaglige samspil. Nuanceringen af gymnasial flerfaglighed kan således ske i nedenstående tre begreber efter inspiration fra Dolin (2006):

- *Parallelforløb*. Der eksisterer et fælles emne som styrer de deltagende fags mål- sætninger. Fagene arbejder minimalt koordineret så de fx kan understøtte hin- andens målsætninger, men der findes ikke en fælles problemstilling eller en sammenfattende afslutning.

- *Formel flerfaglighed*. Fagene udvikler sammen et fælles forløb hvor de hver især bidrager til en eller anden form for helhed uden dog at involvere sig i hinanden.
- *Fagintegration*. En fælles problemformulering afgør indhold og metode i samspillet. Fagene bidrager kun i relation til problemformuleringen. Bortset fra den kunstige situation at indholdet skal tilpasses deltagende fag, ligger denne samspilstype tæt på mellemfaglighed.

I vejledningen for den faglige samspilsramme “naturvidenskabeligt grundforløb” optræder som eksempel samspilsemnet “vand” hvor gymnasiets fire naturvidenskabelige fag⁴ hver især forventes at spille ind med noget som faget kan mene om vand. Men der optræder også eksemplet “hvordan fungerer et batteri?”. Det første eksempel vil oplagt være et parallelførløb, mens det andet eksempel rummer potentialet til fagintegration.

Ovenstående skal ikke læses sådan at støttefaglige eller mellemfaglige samspil er helt umulige. Når det teoretiske arbejde med tværfaglighed er vigtigt, er det bl.a. for at kunne udvikle samspil med en sådan “højere grad” af tværfaglighed. Men det kræver at sammenstødet med fagenes faglige målsætninger kan løses.

Matematik og tværfaglighed

De hidtil opstillede begreber har alle været fokuseret på tværfaglighed i almindelighed. Men det er også muligt at dykke ned i det enkelte fag og formulere begreber som beskriver dette fags forskellige typer af deltagelse i tværfaglighed. Dette kan gøres både generelt for faget og for samspil mellem faget og et eller flere andre bestemte fag. Hvis man ser på faget matematik, er jeg stødt ind i to overordnede typer af tværfaglige samspil som faget indgår i. Disse kan kaldes for *modellering* og *meta-matematik* (Jensen, 2008, s. 44-46)⁵.

Modellering vil normalt være et støttefagligt samspil hvor matematik antager rollen som støttefag for et andet, konstituerende fag. Samspillet opstår når der kan skabes en passende forbindelse mellem matematikkens og det konstituerende fags objekter som gør det muligt at bringe matematikkens metoder i anvendelse i studiet af det konstituerende fags objekter (for en uddybende gennemgang af modelleringsbegrebet se Jensen (2007, s. 107 f.).

Meta-matematiske samspil er kendetegnet ved at matematikfaget som sociokulturel enhed i sig selv betragtes som et objekt der kan underkastes et studium. Det kan som objekt være hjemmehørende i mange humanistiske og samfundsvidenskabelige fag,

⁴ Fysik, kemi, biologi og naturgeografi.

⁵ Under arbejdet med denne artikel er jeg blevet opmærksom på at der eksisterer det internationale forskernetværk “Mathematics and its Connections to the Arts and Sciences” (MACAS), som kan nuancere og udvide dette billede. Det har dog ikke været praktisk muligt at indarbejde referencer hertil.

fx historie, filosofi, psykologi, sociologi, pædagogik, kommunikation m.fl., hvor det kan underkastes studier med disse fags metoder. Studiet vil dog oftest kræve aktivering af det matematikfaglige, og dermed bliver der tale om et støttefagligt samspil, igen med matematik som støttefaget der i sin transformation til objekt må tilpasse sig det konstituerende fags metoder. I min analyse har jeg fundet at meta-matematiske samspil forekommer i to former:

- *Om matematik.* Matematikfaget studeres fordi der findes en særlig interesse i faget som sådan. Det kan fx være spørgsmål af matematikhistorisk art eller spørgsmål om formidling af noget bestemt matematikfaglighed til en bestemt målgruppe.
- *Matematik som case.* Man interesserer sig i det konstituerende fag egentlig for noget ikke-matematisk, men benytter matematikfaget som case. Det kan fx være man interesserer sig for gruppearbejds-pædagogik ved at studere skolefaget matematik som case.

Umiddelbart ser det altså ud som om matematik alene optræder i tværfaglige sammenhænge af støttefaglig karakter, i rollen som støttefag. Der kan dog – ikke mindst i en gymnasiekontekst – godt konstrueres flerfaglige samspil, hvor faget parallelt med andre fag udtaler sig om et bestemt emne, eller mellemfaglige samspil, hvor faget bidrager til løsning af et problem uden at agere støttefag. Det kan fx være spørgsmål om erkendelse og sandhed, risikovurdering, kryptering mv. Disse samspil hører ikke nødvendigvis ind under ovenstående to typer, men får ikke her et selvstændigt begreb.

Med udgangspunkt i ovenstående begreber har jeg undersøgt muligheden for og udbredelsen af *gode tværfaglige samspil* mellem fagene *matematik* og *historie*. Med gode samspil forstås samspil der ligger længst muligt til højre i ovenstående figur. Det vil sige at undgå mangefaglighed samt for flerfaglige samspils vedkommende at undgå parallelforløb og søge at løfte til fagintegration, støttefaglighed eller mellemfaglighed.

Til den konkrete undersøgelse indsamlede jeg i foråret 2008 30 SRP-rapporter baseret på samspil med historie. Rapporterne var således fra den første årgang under den nye reform. Indsamlingen skete usystematisk ved kontakt til en række matematiklærere som herefter videreformidlede til deres elever og kollegaer. Indsamlingen er sket med elevernes tilladelse, enten ved at lærere har indsamlet og sendt en eller flere rapporter, eller ved at eleven selv har sendt sin rapport. De 30 opgavebesvarelser er indsamlet fra 6 skoler. Én skole leverede 10, én leverede 9, én leverede 6, én leverede 3, og to leverede hver en. Også den til besvarelsen hørende opgaveformulering blev indhentet.

Analysen af materialet er foretaget i to omgange. I første omgang blev opgaveformuleringerne analyseret med henblik på at placere opgaverne i forskellige kategorier

af matematik-historie-samspil. Disse kategorier er formuleret på baggrund af analysen og eksisterede altså ikke på forhånd. Analysen skulle samtidig med at disse kategorier opstilledes, finde frem til særlige kendetegn ved den pågældende type. Endvidere skulle analysen give et indledende bud på i hvor høj grad det kunne forventes at fagene spillede sammen i opgaven.

I den anden omgang af analysen blev opgavebesvarelsenerne analyseret kategori-vis. Denne analyse skulle vurdere fordele og ulemper tværfagligt set ved de forskellige kategorier, vurdere i hvor høj grad det faktisk lykkedes at skabe tværfagligt samspil, og identificere særlige problemer for eleverne med at få fagene til at spille sammen.

På baggrund af analysens første del har jeg kunnet identificere fem typiske samspil (Jensen, 2008, s. 46-49) som jeg i den resterende del af artiklen vil gå i dybden med (nogle mere end andre):

- *Matematikhistorie*. Matematikkens faglighed har udviklet sig over tid, hvilket gør den til et objekt i historiefaget. Der er altså tale om et samspil af typen "om matematik" hvor faget gøres til et historiefagligt objekt.
- *Matematik og udviklingen af videnskab, teknologi og samfund*. Matematiske metoder har gennem tiderne haft en enorm indflydelse på menneskets aktiviteter. Denne indflydelse har udviklet sig med matematikkens faglighed, hvorfor matematikkens indflydelse på menneskelige ikke-matematiske aktiviteter kan gøres til objekt i historiefaget.
- *Historie om matematisk model*. Matematikken har historisk fundet konkret anvendelse i andre fag og en lang række praktiske sammenhænge. I sig selv kan disse anvendelser udgøre tværfaglige samspil af typen *modellering*. Men den historiske udvikling af disse samspil kan ligeledes gøres til objekt i historiefaget.
- *Matematik som historisk case*. Samspil mellem matematik og historie af den type der ovenfor blev kaldt "matematik som case".
- *Modellering af historien*. Et samspil mellem de to fag af typen modellering. Det vil sige at matematik deltager i historiefaget på en samarbejdende eller deskriptiv måde. Typisk omhandler samspillet kvantitative størrelser som forandres over tid.

Ovenstående begreber relaterer sig ikke snævert til gymnasiet. De finder generel anvendelse for matematik-historie-samspil. Endvidere er ovenstående liste næppe udtømmende. Ud fra mit materiale syntes det dog at gælde at de tre første er de mest typiske, mens de to sidste må opfattes som eksotiske. Der kan sandsynligvis formuleres en række flere eksotiske typer.

En måde at sikre en fuldt dækkende liste af begreber på kan være at reducere længden af listen. En liste i stil med ovenstående, men på blot tre punkter, kan findes i Hansen (2009, s. 35-45) hvor der arbejdes med tre typer: "Matematikens historie",

“Historiens matematik” og “Matematisk modellering af historisk fænomen”. Her er de tre midterste i ovenstående liste groft sagt slået sammen i én type. Jeg har dog ikke fundet denne metode brugbar i forhold til min egen mission, idet mange af problemerne med at skabe gode tværfaglige samspil mellem fagene formentlig kan henføres til at dagsordenen for samspillet er uklart. En vis grad af begrebs-specialisering kan efter min mening være et godt værktøj til at klargøre denne dagsorden. Derfor den højere grad af specialisering.

Matematikhistorie

Matematikhistorie er formentlig den mest udbredte form for samspil mellem de to fag. Af de 30 SRP-rapporter jeg har analyseret, var de 12 af denne type, hvoraf 9 omhandlede *oldtiden* (Egypten, Babylonien og Grækenland), og 3 omhandlede *senrenæssancen* (16. og 17. århundrede).

Det centrale ved projekter af denne type er at de først og fremmest interesserer sig for matematikkens indre udvikling. Det vil sige spørgsmål om menneskets forståelse af aritmetik, geometri, sandsynlighedsregning, infinitesimalregning osv. Derimod er de ydre konsekvenser af denne udvikling ikke i sig selv relevant for matematikhistorien. Dette er ikke det samme som at samspillet med videnskab, teknologi og samfund ikke kan være relevant, men det er disse fænomeneres indvirkning på matematikken og ikke omvendt der må være i fokus – naturligvis under hensyntagen til sådanne processers dialektiske karakter.

Analysen af de til disse 12 rapporter hørende problemformuleringer gjorde det oplagt at opstille fire punkter som kendetegner SRP-problemformuleringer af matematikhistorisk karakter (Jensen, 2008, s. 68):

- *Historisk redegørelse.* Stort set alle opgaver indledes med krav om at der redegøres for bestemte historiske fænomener. Fx “redegør for hvorledes det ægyptiske samfund i det gamle rige var opbygget [...]”, “redegør for væsentlige træk ved renæssancen og det naturvidenskabelige gennembrud” og “redegør for Pythagoras og pythagoræernes livsanskuelser”. Fælles for disse redegørelser er at de pålægger eleven at lave en formindsket genfortælling af historisk viden som typisk allerede er fortalt i et eller flere historiske standardværker.
- *Historisk matematik.* Eleverne bliver ligeledes bedt om at redegøre for noget historisk matematik. Ved “historisk matematik” forstås matematiske metoder som de har taget sig ud i tidligere punkter i historien. Det kan fx være oldegyptisk aritmetik og geometri, Euklids metoder, newtonsk fluxions-teori osv. Også disse redegørelser er typisk udsnit af allerede skrevne historiske værker.
- *Kilder.* I de fleste problemformuleringer indgår der krav om brug af “kilder”. Det kan være ved eksplicit at nævne/vedlægge en eller flere kilder som skal inddrages. Typisk er det skriftlige kilder, fx uddrag af egyptiske papyrusruller,

Archimedes' *Metoden*, brevvekslinger osv., men de kan også være af mere arkæologisk karakter (fx Cheopspyramiden). Ofte sker det dog ved et ikke-præciseret krav om at inddragelsen af historisk matematik skal ske ved "brug af kilder".

- *Perspektivering/sammenligning*. Endelig afsluttes de fleste problemformuleringer med et krav om en diskussion/vurdering af den pågældende matematik. Det kan være ved dens betydning for samfundet eller en bestemt matematiker, eller det kan være en strid om hvem der faktisk udviklede en bestemt matematisk metode, og ofte er der et krav om en sammenligning mellem matematik i to forskellige perioder (hvoraf den ene ofte er nutiden).

Et konkret eksempel på en opgaveformulering af matematikhistorisk karakter kunne være følgende:

Område: Sandsynlighedsregningens historie

1. *Redegør for den samfundsmæssige udvikling i Frankrig i 1600-tallet med særligt henblik på at belyse matematikkens rolle.*
2. *Gør kort rede for sandsynlighedsregningens historie.*
3. *Diskutér Pascals trekant med udgangspunkt i Pascals afhandling "Treatise on the arithmetic triangle", der er vedlagt som bilag.*
4. *Analysér den metode som blev udviklet af Fermat og Pascal til løsning af delingsproblemet. Gør herunder rede for den rolle Pascals trekant spiller for løsningen.*
5. *Vurdér den rolle Fermats og Pascals brevveksling fik for sandsynlighedsregningens historie.*

(Jensen, 2008, s. 57-58)

Denne opgave følger den model der er nævnt ovenfor. Eleven skal foretage såkaldte redegørelser på baggrund af eksisterende fremstillinger, derpå med udgangspunkt i kilder arbejde med matematik som det tog sig ud på det berørte tidspunkt, og til sidst komme med en vurdering. Det er uklart for mig hvordan vejlederne har tænkt at de fem punkter skal hænge sammen (hvis der overhovedet er en sådan intention).

Elevens besvarelse er 22 sider lang og indledes med 11 sider om punkt 1, dog uden nogen fokusering på matematikken (trods det eksplicite krav). I stedet lægges der vægt på landets nationale historie og datidige samfundsstruktur og biografiske oplysninger om datidige videnskabsfolk/matematikere (Descartes, Pascal og Fermat). Derpå følger ca. 4 udmærkede sider med nedslag i sandsynlighedsregningens historie.

Eleven går derpå over til at arbejde specifikt med Pascals trekant og delingsproblemet, men stort set kun i moderne retorik og uden henvisning til den vedlagte kilde. Der bliver altså ikke tale om at arbejde med historisk matematik set gennem datidige briller, men om at fortolke matematikkens udvikling set gennem moderne briller.

Opgaven fremstår altså i to dele: en historiefaglig og en matematikfaglig redegørelse som ikke for alvor lader sig binde sammen. Tværfagligt set kan opgavebesvarelsen i bedste fald karakteriseres som et *parallelforløb* omkring temaet "Frankrig og sandsynlighedsregning i 1600-tallet", men må reelt nok betegnes som *mangefaglig* – dvs. to fag arbejdende samtidig, men uden nogen fælles koordinering.

Den lave grad af tværfaglighed kan naturligvis i første række tilskrives elevens konkrete valg (og evner), men må også tilskrives opgaveformuleringen som det faktisk er svært at se hvordan man skal binde sammen i en helhed. Formuleringer af ovenstående type burde mindst kunne løftes op i kategorien *formel flerfaglighed* ved at opgaveformuleringen opbygges omkring et fælles mål for delopgaverne. Og elementerne omkring *historisk matematik* kan endda løftes til *fagintegration* hvis eleven arbejder historie-metodisk med kildelæsning samt ved at se matematikken gennem datidens briller.

Den tværfaglige karakter af et matematikhistorisk projekt afgøres, som illustreret ovenfor, først og fremmest af hvordan de to fag bringes i samspil omkring de fire punkter. I det følgende vil jeg forsøge at fremstille nogle generelle træk ved elevernes tendens til at gøre dette.

I arbejdet med historiske redegørelser synes eleverne meget sjældent at sortere målrettet i informationer. Det bliver ofte til detaljerede redegørelser for samfundsstrukturer og personbiografier, herunder opremsning af årstal, begivenheder og myter. Eksempler kan være en omfattende redegørelse for arbejdsdelingen i et af de oldegyptiske riger hvor alt fra slaver og håndværkere til skrivere, præster og farao præsenteres, selvom den matematikhistoriske interessante del primært er skrivelserne, eller en detaljeret gennemgang af Pascals opvækst, hans far, hans religiøse synspunkter, hans ægteskabelige forhold mv. uden relation til hans matematik.

Et eksempel på hvordan den historiefaglige tilgang kan synes at drukne i sådanne redegørelser, er eleven der i en opgave om pythagoræerne skriver:

Pythagoræerne mente, at der var en grænse for, hvor små linjestykkerne kunne være, og dermed afviste de uendelige delingsprocesser. Pythagoræerne følte, at det uendelige var uoverskueligt og derfor ondt (Jensen, 2008, s. 84)

Citatet omhandler en matematisk set interessant problemstilling, nemlig inkommensurabilitet. Men argumentationen for matematiksynet ville næppe holde til et historiemetodisk eftersyn. Hvad er fx kildegrundlaget for påstanden, og er det overhovedet rimeligt at tilskrive irrationelle følelser en sådan afgørende betydning? Spørgsmålet er mere generelt hvad der får elever til ukritisk at skrive sådanne udlægninger. Et svar kan være fraværet af historie som et metodisk fag (som modsætning til "at fortælle en god historie").

Ser man på elevernes arbejde med historisk matematik, har dette en tendens til at blive ahistorisk i den forstand at matematikken analyseres via elevens egen moderne matematikfaglige viden. Dermed fokuserer eleven oftere på at kunne genkende sin egen viden i fortiden end på at afdække hvordan de historiske personer rent faktisk selv har tænkt. Dette dilemma er nok den væsentligste udfordring for samspil af typen matematikhistorie og er diskuteret nærmere i Fried (2001).

Et eksempel på en elev der forsøger at redegøre for historisk matematik, kan være følgende citat fra en opgave om oldegyptisk matematik. Citatet stammer fra en diskussion om hvordan egypterne kunne beregne en pyramides rumfang. Diskussionen er god i "historisk matematik" fordi vi kender til eksempler på egyptisk beregning af pyramiderumfang, men er uvidende om hvordan de har udledt deres "algoritme".

Før ægypterne kunne beregne rumfanget af en pyramide, har de udledt nogle formler, der gjorde det muligt at beregne arealet af bl.a. en firkant og en trekant [...]

Trekants areal: har de fundet ved at sige $\frac{1}{2} \times \text{højde} \times \text{grundflade}$, $\frac{1}{2} \times (h \times b)$

Firkants areal: har de fundet ved at sige længde \times bredde (Jensen, 2008, s. 98)

Eleven har ret i at der i det sparsomme kildemateriale om matematik i oldtidens Egypten findes eksempler på beregning af tre- og firkantede markers arealer. Men hvordan mener eleven derfra at kunne slutte dels at ordet "formel" giver mening, og dels at egypternes konkrete beregninger på marker kan overføres til en generel platonisk idé om trekanter og firkanter som kan genfindes på en pyramide? Antagelsen er ikke urimelig, men den foretages uden nogen former for overvejelse. Forklaringen ligger formentlig i at eleven analyserer den egyptiske matematik ud fra sin egen viden om trekanter og firkanter samt beregning af deres areal via formler uden at reflektere over at opgaven må være at analysere en historisk situation på dennes egne præmisser.

Et hjælpemiddel til at fremkalde historisk bevidsthed i arbejde med historisk matematik kan være at lade eleven arbejde med selvstændig analyse af kilder for derigennem at tage stilling til hvordan de historiske matematikere har tænkt og arbejdet. En sådan kildeanalyse bør opfattes som anvendelse af en grundlæggende historiefaglig metode og forekommer derfor at være oplagt tværfaglig. Elever synes dog ikke at have nogen klar idé om hvad der forstås ved en kilde. Eksempelvis opfatter flere elever almindelige historiebøger som kilder. Og hvis eleven får en ægte kilde udleveret, mangler eleven ofte redskaber til at håndtere analysen. Et af historiefagets væsentligste bidrag til matematikhistoriske samspil må være at levere sådanne redskaber.

Det sidste element, perspektivering/sammenligning, er set fra en tværfaglig synsvinkel ofte det vigtigste element. Ofte optræder redegørelser og analyser som parallelforløb hvor historie og matematik arbejder adskilt i egne kapitler. Muligheden for at løfte samarbejdsgraden til formel flerfaglighed ligger især i evnen til at trække på

de enkeltfaglige elementer i en afsluttende perspektivering. Dette forudsætter at de enkeltfaglige kapitlers indhold er udvalgt efter hvad der skal bruges til at foretage denne afsluttende diskussion. Og netop dette samspil mellem perspektivering og øvrige resultater mangler i høj grad i besvarelsene.

Det følgende citat er et eksempel på en elev der forsøger at konkludere på baggrund af sit arbejde. Eleven har redegjort for nyopdagelser omkring Archimedes i det såkaldte "Codex C", der antyder at han har benyttet "aktuel uendelighed" i sin beregning af et cylinderudsnits volumen. Eleven konkluderer:

[...] han [var] allerede i sin tid så småt på vej til at opfinde integralregningen [...] Han forudså nærmest mængdelæren [...] Arkimedes viser ikke bare at han havde lige så meget styr på matematikken, som matematikere efter det moderne gennembrud havde, men at han var på vej til at kunne det samme, som moderne matematikere [...] Arkimedes [er] uden tvivl en af de vigtigste matematikere, som nogensinde har levet. Han har gjort matematikken til det den er i dag (Jensen, 2008, s. 92-93).

Eleven forsøger faktisk at perspektivere det eleven har fundet ud af, men går helt i selvsving når det kommer til at revurdere Archimedes' rolle i matematikkens historie, som uden dybere argumentation skrues markant i vejret. Igen synes det at være historiefagets kritiske metode der udebliver fra projektet.

Overordnet set virker samspilstypen *matematikhistorie* som et godt grundlag for tværfagligt set gode samspil mellem de to fag. Forudsætningen synes dog for det første at være sammenhæng mellem redegørelser, analyser og vurderinger og for det andet at historie som metode træder tydeligt frem i det konkrete arbejde med opgavens elementer af historisk redegørelse, historisk matematik og kildelæsning. Faren er at opgaven fremstår som to isolerede dele med hhv. en samfundshistorisk fremstilling og en moderne fremstilling af historisk matematik.

Matematik og udvikling af videnskab, teknologi og samfund

Denne type af projekter synes at være mindre homogene i deres form end de matematikhistoriske. Derfor er det heller ikke på samme måde muligt at opstille et antal punkter over standardindholdet. Der er dog alligevel nogle overordnede fælles problemer som et samspil af denne type må forholde sig til. Det drejer sig først og fremmest om at klargøre inden for hvilke af de tre områder videnskab, teknologi og samfund man ønsker at undersøge matematikkens betydning for udviklingen. Dernæst kommer overvejelser om hvordan det historiske element indpasses i denne undersøgelse, og hvordan undersøgelsen diskuteres og perspektiveres.

I mit tilgængelige materiale var der 13 SRP-rapporter inden for denne type. 2 inden for senrenæssancen, mens 11 omhandlede emnet kryptering, heraf 10 specifik

brydningen af koderne fra den tyske kodemaskine Enigma under 2. verdenskrig og den sidste RSA-kryptering og den kolde krig. Da krypterings-opgaverne samtidig er spredt på få skoler og vejledere, tyder den store repræsentation af dette emne på at denne type opgave er overrepræsenteret i mit materiale.

Krypterings-opgavernes intention er at undersøge matematikkens indflydelse på teknologi og samfund, mere specifikt matematikkens indflydelse på krypteringsteknologi og derigennem på udfaldet af hhv. 2. verdenskrig og den kolde krig. De 10 Enigma-opgaver løber dog alle ind i det problem at matematikfaglighed reelt ikke indgår i den undersøgte teknologiske udvikling⁶. Dermed opnås en række projekter hvor matematikfaget reelt ikke er til stede. Selvkært kan opgaverne dermed ikke være tværfaglige samspil mellem matematik og historie.

Ser man bort fra denne side af sagen, synes opgaverne også i almindelighed at være kunstigt sammenbragte. Ofte stilles der krav om redegørelser for bestemte elementer i krypteringsteknologiens historie som ingen forbindelse har med Enigma-maskinen. Og samtidig stilles der ofte krav om redegørelser for episoder under 2. verdenskrig hvor brydningen af Enigma-maskinen ingen rolle spillede. Dette besværliggør dialogen mellem opgavens dele. Følgende er et eksempel på en Enigma-opgaveformulering:

Område: Kryptologi med fokus på 2. Verdenskrig

- *Giv en kort redegørelse for kryptosystemer med fokus på det polyalfabetiske kryptosystem.*
- *Giv en redegørelse for anvendelse og brydning af Julius Petersens kryptosystem. Bilag vedhæftet.*
- *Giv en redegørelse for Enigmamaskinens funktion og brydning i 1930'erne.*
- *Gør kort rede for det tyske angreb på Sovjetunionen i 1941 og vurder hvilken betydning det fik for krigens udfald.*
- *Vurder hvilken betydning brydningen af Enigmamaskinens kodesystem fik for 2. Verdenskrig.*

(Jensen, 2008, s. 71-72)

Ovenstående opgaveformulering lider af det første problem nævnt ovenfor. Man kan faktisk svare kvalificeret på samtlige spørgsmål uden at inddrage noget som en matematiker ville genkende som matematikfagligt arbejde. I besvarelsene kan eleven typisk nøjes med at anvende lidt kombinatorik og deskriptiv statistik.

Opgaveformuleringen lider dog også af det andet problem, nemlig fravær af sammenhæng. Den kryptologihistoriske redegørelse i de første to punkter har reelt ikke ret

6 Emnet kan faktisk vinkles så egentlig matematikfaglighed inddrages i analysen af selve Enigma-maskinen, se fx Vestergaard (2008). Dette skete dog ikke i et eneste af de analyserede projekter.

meget med den konkrete redegørelse for Enigma at gøre og slet ikke med den historiske redegørelse og vurderingen. Ligeledes er koblingen mellem Enigma og 2. verdenskrig besværet af at Enigma ikke umiddelbart spillede nogen rolle ved det tyske angreb på Sovjetunionen. Der bliver således tale om et særdeles sparsomt samspil ud fra en tværfaglig betragtning.

Opgaven om RSA-kryptering løber også ind i sidstnævnte problem. Selvom matematikindholdet er passende, synes teknologien reelt ikke at have med den kolde krig at gøre. Dermed bliver det matematik- og historiefaglige arbejde reelt to adskilte arbejder uden dialog. Faktisk kan der dårligt siges at være et fælles emne. Eleven gør dog i sin afsluttende diskussion et ihærdigt forsøg på at få det til at passe sammen, idet vedkommende skriver:

RSA blev som tidligere nævnt udviklet under den kolde krig. Under den kolde krig var spionage meget brugt, både af Sovjet og USA [...] Fordi spionage var så brugt under den kolde [krig,] og begge parter vidste at fjendtlige spioner opholdt sig i deres land, har militæret nødvendigvis måtte udvise en vis påpasselighed ved udveksling af oplysninger. Dette har muligvis gjort kryptering endnu vigtigere indenfor den interne militære kommunikation [...] RSA er ikke et udviklingsresultat af den kolde krig, men derimod af udviklingen der skete omkring og under den kolde krig, derfor har de ikke direkte noget med hinanden at gøre, men tidsperioden linker dem (Jensen, 2008, s. 120-121)

Eleven synes at have en høj grad af bevidsthed om at de to fag – repræsenteret ved matematikken bag RSA og historien bag den kolde krig – skal have noget at sige hinanden. Men opgaven tillader det simpelthen ikke fordi der ikke synes at være nogen direkte forbindelse mellem de to dele. Egentlig tværfaglighed synes altså udelukket fra starten. Det skulle dog være muligt at lave gode tværfaglige samspil mellem matematik og historie omkring RSA-kryptering, jf. Jankvist (2008).

De to renæssanceopgaver falder tværfagligt set mere heldigt ud. Begge omhandler den naturvidenskabelige revolution i kølvandet på renæssancen. Den ene med fokus på udviklingen fra Galilei til Newton, den anden med fokus på bidragene fra hhv. Newton og Leibniz. I disse problemer ligger fokus altså på matematikkens indflydelse på videnskabens udvikling. Begge steder lægges der i redegørelseskravene vægt på generelle redegørelser for renæssancen og naturvidenskabens gennembrud samt på redegørelser for historisk matematik hos de indgående matematikere.

De åbne muligheder til trods har det egentlige samspil dog svært ved at komme i gang. Det skyldes primært at det matematikfaglige arbejde ofte begrænser sig til eksempler der er løst fra påvirkningen af videnskaben. En elev bliver fx bedt om at gennemføre Newtons bevis for differentiation af $y = x^{3/2}$. Her kunne opgaver der direkte omhandlede forskellene i de muligheder som hhv. Galilei og Newton havde

pga. deres ulige adgang til matematiske metoder, have sikret et direkte samspil mellem det matematikfaglige og det historiefaglige. Og i denne sammenhæng havde hensynet til "historisk matematik" været af mindre betydning.

Den væsentligste udfordring for denne type af samspil synes at være at det er nemt at tale om matematikkens rolle i videnskab, teknologi og samfund uden at inddrage egentligt matematikfagligt arbejde. For at sikre tilstedeværelse af matematikfaglighed kobles der derfor en eller flere tilfældigt valgte matematikopgaver på problemformuleringen. Dette er dog ikke noget tæt samspil mellem fag, men snarere to fag der eksisterer lidt sammenfiltret, men uden rigtig dialog.

Skal der sikres et egentligt samspil mellem de to fag i denne type projekter, synes det derfor nødvendigt at sikre at den behandlede udvikling eksemplificeres af matematiske opgaver som rammer lige ned i den forskel som matematikken faktisk gjorde. Dette giver reel mulighed for i afslutningen at bringe det matematikfaglige ind som afgørende brik i en historiefaglig diskussion.

Historie om matematisk model

Som type er "historie om matematisk model" ikke nem at adskille fra "matematik og udviklingen af videnskab, teknologi og samfund". I begge typer er den historiske undersøgelse af matematikkens indflydelse på menneskelige aktiviteter i centrum. Der er dog den afgørende forskel at et projekt af den første type har et klart fokus på en bestemt modelleringssituation, mens den anden type interesserer sig bredere for matematikkens indvirkning på historiske udviklinger.

Fokuseringen på en modelleringssituation gør det betydelig enklere at inddrage relevant matematikfaglighed, og når det historiske modelleringssamspil undersøges med historiske metoder, kommer de to fag forholdsvis nemt i berøring med hinanden. Faldgruberne er, som i de øvrige typer, ufokuserede historiske redegørelser samt løsrevne kilder og opgaver der ikke rammer substansen i samspillet.

Af 30 indsamlede SRP-rapporter faldt tre inden for typen. Det var for det første en opgave om "astronomisk navigation" som ud over at være et modelleringssamspil mellem matematik og "fagene" astronomi og navigation der giver mulighed for et meget varieret matematikfagligt niveau, også er meget oplagt til historiske studier. Dels fordi området har udviklet sig så markant, og dels fordi denne udvikling har haft meget store historiske konsekvenser. Historiedelen kan både fokusere på et enkelt punkt i modellens historie eller på større stræk af dens udvikling.

De to øvrige projekter af denne type handler begge om arkitektur. Det ene fokuserer på den catalanske arkitekt Gaudis brug af parabel og kædelinje, mens det andet fokuserer på anvendelsen af "det gyldne snit" i arkitekturen gennem historien. Specielt den sidste rapport opnår et meget tæt samspil mellem det matematikfaglige og det historiefaglige. Opgaveformuleringen til opgaven om Gaudi lyder:

Område: Arkitektur

Redegør for den samfundsmæssige udvikling i Catalonien i slutningen af 1800-tallet og begyndelsen af 1900-tallet med særligt henblik på at belyse arkitekturens rolle.

Giv en kort redegørelse for karakteristiske elementer i Gaudis byggestil i almindelighed.

Diskuter Gaudis brug af parabler og kædelinjer i hans bygningsværker.

Undersøg ved opmåling formen af en kuglekæde, der ophænges symmetrisk. Vurdér hvilken af de to modeller, parabelmodellen $y = a \cdot x^2 + c$ og kædelinjemodellen $y = a \cdot \cosh(x/a) + c$, der giver den bedste beskrivelse af den ophængte kæde.

Vurdér den rolle Gaudis byggestil fik for arkitekturens senere udvikling i Spanien som globalt i Europa og resten af verden.

(Jensen, 2008, s. 62-63)

Det første indtryk ovenstående opgaveformulering kan give, er at den indledende historiske redegørelse og den afsluttende historiske vurdering risikerer at blive isoleret fra det modelsamspil mellem matematik og arkitektur som kommer til udtryk i den midterste redegørelse og undersøgelse. Det næste indtryk er at forsøget med kuglekæden ikke lader sig koble sammen med redegørelsen for Gaudis byggestil. Allerede i den stillede opgave begynder det tværfaglige altså at skride.

Det er netop muligheden for at integrere det historiske og det matematiske der gør opgaven om det gyldne snits indflydelse på arkitekturen til et bedre udgangspunkt for tværfaglighed. Eleven der lavede denne opgave, skrev således i sin afslutning:

Da man i renæssancen og antikken anvendte det gyldne snit i forbindelse med symmetrien, skabte man harmoni og orden for øjet. Her var det altså i højere grad hensigten at udtrykke guddommeligheden i bygningernes udseende, hvor Le Corbusier lagde mere vægt på at proportionere bygningerne, så de blev mere anvendelige for mennesket [...] Han mente, at der måtte gøres op med fortidens arkitektur, da den ikke var andet end ligeegyldigt pynt. Samfundet var ved at ændre sig til et moderne industrisamfund og dette skulle, ifølge modernisterne, også afspejles i arkitekturen. Her træder funktionalismen ind [...] Ser man på nutidens design, reklamer og emballager er der ofte anvendt gyldne snit for at få produkterne til at se mere indbydende ud. På denne måde har det gyldne snit i dag også betydning for andet end arkitekturen. (Jensen, 2008, s.130)

Hvor matematikken i Gaudis byggestil fremstår uden større betydning for dennes historiske udbredelse, viser eleven herover en historisk udvikling i brugen af modellen. Fra religiøs harmoni over menneskelig anvendelighed til industriel funktionalisme og moderne design med henblik på salg. Det lykkes faktisk denne elev at koble det matematiske og det historiske sammen løbende gennem opgaven der derfor bliver af typen *fagintegration*.

Der er altså muligheder for at skabe gode tværfaglige samspil mellem matematik og historie inden for typen "historie om matematisk model". En faldgrube er først og fremmest at opgaven påklistres matematiske øvelser uden relevans for den øvrige opgave. Det kan fx være at eleven i arbejdet med astronomisk navigation pålægges at bevise sætninger fra sfærisk trigonometri der ikke lader sig anvende. Her ville det tværfagligt set virke mere oplagt at analysere fx autentiske (eller konstruerede) log-bogsdata fra store søkspeditioner for at vise matematikkens historiske anvendelse.

Eksotiske samspil

Også i den "eksotiske" samspilstype "modellering af historien" kommer det matematikfaglige nemt til udtryk fordi det skal anvendes i en konkret modellering. Denne modellering er her i sig selv et samspil med historiefaget. Som type er den altså ideel, mens dens svaghed er manglen på gode historiske problemer der kan løses med hjælp fra matematiske modeller.

I mit materiale optræder der kun et projekt af denne type. I dette skal eleven undersøge udviklingen i en kolera-epidemi i 1700-tallets København ved hjælp af den såkaldte SIR-model. I princippet et fint arbejde, som dog lider under modellens manglende evne til at bidrage med egentlig historiefaglig indsigt. Af andre afprøvede emner af denne type er en spilteoretisk analyse af Cubakrisen (Hansen, 2009, s. 42). Man kunne også forestille sig problemer hvor en hypotese om en historisk handlemåde blev testet via en matematisk model. Det kunne fx være en model der kunne vurdere om en bestemt krigstaktik faktisk gav de fordele som nogle historikere antager at den gav (se fx eksempel 3 i boksen til sidst i artiklen).

Den anden af de nævnte "eksotiske" samspilstyper, "matematik som historisk case", støder tværfagligt set på store vanskeligheder. Det enlige eksempel i mit materiale omhandler "kvinder og matematik". Problemstillingen er opdelt i en historiefaglig analyse af kvinders placering i videnskaben, med særlig interesse for kvindelige matematikere, og en matematikfaglig redegørelse for en nutidig kvindelig matematikers arbejde. Dette er reelt to adskilte stykker arbejde som stort set ikke lader sig forene. Problemet opstår fordi det matematikfaglige ikke påvirkes af den udøvende matematikers køn. Der kan dog godt udvikles emner af denne type med tværfagligt potentiale, fx skolehistorie med matematikundervisning som case, men i det store hele er deres antal nok ret begrænset.

Problemer i matematik-historie-samspil og bud på deres løsning

Min undersøgelse peger på at der eksisterer store udfordringer med at få de to gymnasiefag matematik og historie til at spille sammen på en god tværfaglig måde. Kvantitativt kommer dette til udtryk ved at mange SRP-besvarelser fremstår mangefaglige eller som parallelforløb, mens næsten ingen hæver sig til fagintegration. Kvalitativt

viser problemet sig størst i meta-matematik-samspil, fordi den historiske metode synes at forsvinde i arbejdet med det matematikfaglige. Bedre ser det ud i opgaver hvori der indgår modellerings-samspil – enten direkte, ved at lade matematik optræde som metodisk redskab i historiefaget, eller indirekte, ved at lade historiefaget undersøge matematikkens samspil med eller indflydelse på noget tredje (altså en blanding af modellering og meta-matematik).

Hvordan problemet skal gribes an, har jeg i diskussioner med gymnasielærere og andre fagpersoner oplevet tre overordnede synspunkter på. Det første er at hvis der fortsætter med at være 38 % (svarende til 1.311 på den første årgang (Grøn, 2008)) af matematik-SRP'erne som kombinerer med historie, så er det en vigtig udfordring at udvikle reel tværfaglighed mellem de to fag. Det andet er at man skal arbejde målrettet med at elever ikke skriver i denne kombination. Og det tredje er at status quo er fint, dvs. at et tæt samspil ikke er afgørende – det afgørende er den faglige præstation i de to fag. Mit eget synspunkt er det første, som derfor ligger til grund for det følgende⁷.

Det måske mest grundlæggende spørgsmål omkring SRP'ens natur er de kriterier en besvarelse skal evalueres efter. Modsætningen står mellem på den ene side to enkeltfaglige vurderinger og på den anden side det synspunkt at rapporten skal vurderes på om den besvarer problemformuleringen. Modsætningen kommer nemt til at handle om de deltagende fags identiteter. I matematikfaget bliver det at arbejde matematikfagligt nemt synonymt med bevisgang og opgaveregning, som nemt står i modsætning til det faget bidrager med i samspil med historiefaget. Og omvendt synes historiefaget ofte at have en meget klar orientering mod det samfundshistoriske. En for snæver holden fast i to sådanne fagidentiteter kan gøre det umuligt for fagene at mødes i samspil. Begge fag må altså være indstillet på at gå på kompromis. Det kan måske sagtens være et svært stykke matematikfagligt arbejde at afkode en opgave fra en babylonsk lertavle, ligesom det kan være en vanskelig historisk metode at vurdere hvad der er rimeligt at konkludere ud fra en opgave i en egyptisk papyrusrulle.

Det andet spørgsmål jeg mener rejser sig, er hvordan der skabes sammenhængende problemformuleringer. Den røde tråd i en problemformulering synes ofte at ligge implicit i det afsluttende spørgsmål. Men for eleven bliver de enkelte spørgsmål nemt til enkeltstående opgaver der skal besvares hver for sig. Her kan en klar *problemorientering* af problemformuleringerne være gavnlige. Opstil en problemstilling i form af et forholdsvis snævert spørgsmål og dertil en række underspørgsmål som eksplicit bygger op til at besvare problemstillingen. Det afgørende er at det står helt klart at arbejdet med det enkelte underspørgsmål ikke er et mål i sig selv, men et bidrag til et mål. Jeg mener endvidere at det at bruge de begreber om typiske samspil jeg her

7 Der er siden min undersøgelse blevet gennemført strukturelle ændringer der snarere synes at være begrundet i det midterste synspunkt, idet andelen af matematik-historie-SRP-opgaver er faldet markant.

har præsenteret, vil være helt afgørende for at kunne lave en sådan fokusering. Det kræver simpelthen at dagsordenen for samspillet er tydelig. Se eksempler på min tankegang i boksen til sidst i artiklen.

Det tredje, sidste og nok sværeste spørgsmål der bør rejses, er hvordan man klæder eleverne på til at arbejde med matematik og historie i samspil. Her bør der udvikles specifikke redskaber som eleverne kan præsenteres for. To vigtige eksempler vil være "den historiske redegørelse" med fokus på hvordan arbejder af den type bruges i et tværfagligt projekt, og "brug af matematik-kilder" med fokus på hvordan man omgås sådanne på en historiefagligt korrekt måde – herunder kildekritik med fokus på at kunne afdække hvad der er rimeligt at slutte om historien ud fra en given kilde. Denne manglende kritiske tilgang synes at være fælles for næsten alle opgaver. I tillæg til de særlige fagredskaber bør den enkelte skole lave forberedende forløb for hold hvor matematik og historie er en oplagt SRP-kombination.

Ud over disse tre spørgsmål er der naturligvis også et latent behov for løbende udvikling af nye emner, problemer, temaer, cases mv. som man som vejleder kan bruge til at lave problemformuleringer efter. Et vigtigt element i dette er at finde eller konstruere kilder og opgaver der ikke blot tester traditionel matematikfaglighed og kildelæsning, men som faktisk bringer det matematikfaglige fokus hen på noget som er af substans i det der undersøges historisk. Sådanne udviklingsarbejder bør løbende ske på såvel den enkelte skole som i landet som helhed.

Ligeledes er der behov for en ensartet standard for hvordan man evaluerer et samspil mellem matematik og historie. Ud fra samtaler med gymnasielærere og andre fagpersoner har jeg det klare indtryk at evalueringen i dag er ekstremt afhængig af om den tilfældigt udpegede censor er enig med SRP-vejlederne om hvornår et projekt faktisk opfylder de faglige og tværfaglige krav til en SRP-besvarelse. Det afholder således vejlederne fra at stille opgaver med atypiske opgaveformuleringer fordi de ikke på forhånd kan vide hvad censor vil mene om disse.

Eksempler på problemorienterede opgaveformuleringer

Her følger tre eksempler på opgaveformuleringer som er problemorienterede og baserede på fag der er villige til kompromis med deres normale fagidentitet for at kunne agere værktøj til problemets besvarelse. Formuleringerne er til lejligheden konstruerede eksempler der formentlig vil kræve yderligere gennemarbejdning før evt. brug.

Eksempel 1: Matematikhistorie

Den centrale forskel på nedenstående opgaveformulering og den jeg stødte på i min undersøgelse, som har inspireret den (se tidligere i denne artikel), er ekspliciteringen af et egentligt *problem* samt at den er formuleret så eleven inviteres til at bruge enkeltdele i opgaven til at besvare problemet.

Område: Sandsynlighedsregningens historie

Problemstilling: Hvilken rolle spillede Fermat og Pascal for udviklingen af sandsynlighedsregningen?

For at besvare problemstillingen skal du arbejde med følgende delproblemer:

Redegør kort for:

- Sandsynlighedsregningens tidlige historie
- Matematikkens rolle i den samfundsmæssige udvikling i Frankrig i 1600-tallet.

Analysér:

- Pascals trekant med udgangspunkt i Pascals afhandling "Treatise on the arithmetic triangle", der er vedlagt som bilag.
- Den metode som blev udviklet af Fermat og Pascal til løsning af delingsproblemet. Inddrag den rolle som Pascals trekant spiller for løsningen.
- Fermat og Pascals brevveksling.

Diskutér hvordan ovenstående bidrager til at besvare problemstillingen.

Konkluder på baggrund af diskussionen hvad dit svar på problemstillingen er.

Eksempel 2: Matematik og udviklingen af videnskab, teknologi og samfund

Et eksempel på en problemorienteret problemformulering af typen "matematik og udviklingen af videnskab, teknologi og samfund" kunne være nedenstående. Her vil der ikke være vægt på en korrekt historisk fremstilling af matematikken, men derimod på elevens overblik over matematikkens betydning for en historisk udvikling. Matematikfagligt vil opgaven endvidere sigte mere på en udvidelse af dækningsgraden af matematisk modelkompetence end på det tekniske niveau (se Jensen & Niss, 2002, s. 64-65).

Område: Matematikkens betydning for videnskaben.

Problemstilling: Hvilken rolle spillede matematikken for tilblivelsen af den videnskabelige astronomi?

For at besvare problemstillingen skal du arbejde med følgende delproblemer:

Redegør for relevante historiske forhold under hvilke Tycho Brahe (1546-1601), Johannes Kepler (1571-1630), Isaac Newton (1643-1727) og Johann Elert Bode (1747-1826) arbejdede med undersøgelser af solsystemet.

Analysér med særlig vægt på modelegenskaber hvilken rolle matematikken kan have spillet for:

- Tycho Brahes observationer
- Keplers tredje lov
- Newtons anden lov, tyngdelov mv.
- Titius-Bodes lov.

Diskutér hvordan ovenstående bidrager til at besvare problemstillingen.

Konkludér på baggrund af diskussionen hvad dit svar på problemstillingen er.

Eksempel 3: Modellering af historien

Som sidste eksempel vil jeg bringe et bud på en opgaveformulering inden for den eksotiske samspilskategori "modellering af historien". Opgaven vil have fokus på at teste dækningsgraden frem for det tekniske niveau af elevens modelleringskompetence. Det matematiske arbejde kan bestå i fx at vurdere den taktiske betydning af at fjerne et skibs mast før et angreb eller af at anlægge byer for enden af en fjord.

Område: Vikinger i krig.

Problemstilling: Er historikernes antagelser om effektiviteten af vikingernes strategier og taktikker i krig rimelige?

For at besvare problemstillingen skal du arbejde med følgende delproblemer:

Redegør for vikingernes militære virke samt historikernes antagelser om deres strategier og taktikker til angreb og forsvar, med særligt fokus på søkrig.

Analysér på baggrund af egne opstillede matematiske modeller hvor stor effektivitet de beskrevne strategier og taktikker må formodes at have haft.

Diskutér hvordan ovenstående bidrager til at besvare problemstillingen.

Konkludér på baggrund af diskussionen hvad dit svar på problemstillingen er.

Referencer

- Dolin, J. (2006). Fag, hovedområder og fagligt samspil. I: E. Damberg, J. Dolin & G.H. Ingerslev, *Gymnasiepædagogik – en grundbog*, s. 195-208, Hans Reitzels Forlag.
- Fried, M.N. (2001). Can Mathematics Education and History of Mathematics Coexist? *Science & Education*, 2001/10, s. 391-408.
- Grøn, B. (2008). Studieretningsprojekter i matematik. *LMFK-bladet*, 2008(3), s. 22-25.
- Hansen, B. (2009). *Didaktik på tværs af matematik og historie – en prakseologisk undersøgelse af de gymnasiale studieretningsprojekter*. Specialrapport, IND's studenterserie nr. 10.
- Højgaard J.J. (1991). Hvorfor tværfaglighed. I: J.H. Jensen, *Mere spredt fægtning*, s. 3-8, *Tekster fra IMFUFA*, 404/2001.
- Jankvist, U.T. (2008). RSA og den heri anvendte matematiks historie – et undervisningsforløb til gymnasiet. *Tekster fra IMFUFA*, 460.
- Jantsch, E. (1972). Inter- and Transdisciplinary University: A Systems Approach to Education and Innovation. *Higher Education*, 1(1), s. 7-37.
- Jensen, K.B. (2008). *Tværfaglige samspil med matematik i gymnasiet*. Speciale fra IMFUFA, RUC.
- Jensen, T.H. & Niss, M. (2002). *Kompetencer og matematiklæring*. Undervisningsministeriet.
- Jensen, T.H. (2007). Udvikling af matematisk modelleringskompetence som matematikundervisningens omdrejningspunkt – hvorfor ikke? *Tekster fra IMFUFA*, 458.
- Newell, W.H. (1992). Academic Disciplines and Undergraduate Interdisciplinary Education: Lessons from the School of Interdisciplinary Studies at Miami University, Ohio. *European Journal of Education*, 27(3), s. 211-221.
- Ulrichsen, L. (2001). Den sociologiske dimension. I: F. Held & F. Olsen, *Introduktion til pædagogik* (s. 155-293). Frydenlund.
- Vestergaard, E. (2008). Den tyske kodemaskine Enigma og Bletchley Park. *LMFK-bladet*, 2008(3), s. 34-37.
- Winsløv, C. (2006). *Didaktiske elementer*. Biofolia.

Abstract

The article investigates to what degree interdisciplinarity between mathematics and history is possible and existing in the Study Direction Project (SRP) of the Danish "Gymnasium" education (upper secondary level). A set of concepts is formed to describe quantitative and qualitative differences in the degree of interdisciplinarity in general and particularly for mathematics-history cooperation. On this background an investigation of 30 SRP reports is presented. The conclusion is that the degree of interdisciplinarity is low in the existing reports, but that it should be possible to raise it. Among the tools to do so is an increased consciousness about the qualitative character of the cooperation, problem orientation and a conscious formation of academic tools.

Problemløsningskompetence opnået ved hjælp af uformaliserede opgaver

– erfaringer fra et fysikkursus på RUC



Martin Niss, IMFUFA/
NSM, Roskilde
Universitet



Jens Højgaard Jensen,
IMFUFA/NSM, Roskilde
Universitet

Abstract. Denne artikel omhandler en bestemt type fysikopgaver, såkaldte uformaliserede opgaver, og deres brug på et fysikkursus på RUC. Uformaliserede opgaver kræver at problemløseren præciserer opgaverne nærmere således at de kan gøres til genstand for fysisk analyse. Vi argumenterer for at sådanne opgaver kan bruges til at udvikle væsentlige aspekter af problemløsningskompetencen. Disse aspekter trænes ikke ved de problemer der typisk bruges i fysikundervisningen. Disse pointer illustreres ved en analyse af hvad der kræves for at løse to specifikke opgaver, samt en præsentation af studerendes løsninger af det ene problem. Desuden beskrives mere end 30 års erfaringer med at bruge uformaliserede opgaver på et fysikkursus på RUC.

Introduktion

Opgaveløsning spiller en fremtrædende rolle i fysikundervisning på alle niveauer. En hovedgrund er at evnen til at anvende fysikviden på virkelige problemer ses som en kernekompetence inden for fysikbeherskelse og -udøvelse. Hvis vi ønsker at dette skal afspejles i fysikundervisning og -læring, så følger det mere eller mindre umiddelbart at løsning af opgaver skal indtage en fremtrædende rolle i fysikundervisning. Det er imidlertid ikke klart hvilke metoder der skal bruges for at udvikle de fysikstuderendes efterspurgte problemløsningskompetencer (Ogilvie, 2007).

Traditionelle opgaver, som kaldes *standardopgaver* fordi der bruges så meget tid og kræfter på dem i traditionel fysikundervisning (Maloney, 1994), virker utilstrækkelige i denne henseende: Sådanne opgaver, som bl.a. findes i traditionelle fysiklærebøger,

præsenterer typisk en situation og nogle informationer, ofte som numeriske værdier for variable som beskriver situationen, og opgaven består så i at bestemme værdien af en anden variabel (Maloney, 1994). Didaktiske forskere påpeger at standardopgaver adskiller sig fra virkelige problemer: Standardopgaver er produktet af visse konventioner, har mere til fælles med krydsogtværers-opgaver end fysik og kan karakteriseres som kunstige, opdigtede gåder (Schultz & Lochhead, 1991; Rigden, 1987). Flere skriver at standardopgaver er veldefinerede i modsætning til de ufuldstændigt definerede problemer som videnskabsfolk sædvanligvis møder (Maloney, 1994): Standardopgaver angår objekter og hændelser som er blevet idealiseret (såsom blokke der glider på skråplaner), de specificerer hvad der skal kigges efter som en ukendt variabel (Heller & Hollabaugh, 1992), de kræver ofte kun en hurtig lineær løsningsproces (Schoenfeld, 1992; Yerushalmi & Magen, 2006), de studerende kan roligt antage at der kun er en korrekt løsning selv hvis der er mere end en mulig løsningsvej (Schultz & Lochhead, 1991), og opgaveformuleringen giver al den krævede information (Rigden, 1987) og ofte i konsistente enheder (Heller & Hollabaugh, 1992).

Disse forskelle rejser spørgsmålet om de kompetencer der udvikles for standardopgaver, er tilstrækkelige til at man kan løse virkelige problemer. Flere forfattere mener nej og argumenterer for at løsningen af virkelige problemer kræver evner der ikke kræves af standardopgaver, såsom at foretage beslutninger om hvilke variable der vil svare på det stillede spørgsmål, hvilke fysiske begreber og principper som kan bruges, hvilken information der kræves og hvordan denne information kan opnås. Nogle påpeger at de opgaver man løser i skolen, er mere lukkede end virkelige problemer (Herron, 1971; Guidoni, 1984; Gil Perez & Martinez-Torregrosa, 1984; Johsua, 1984; Johsua & Dupin, 1991). Alle disse punkter gør at flere forfattere tvivler på at løsning af standardopgaver udstyrer de studerende med de nødvendige kompetencer til at løse virkelige problemer (Maloney, 1994; Schultz & Lochhead, 1991; Rigden, 1987).

Siden 1976 har IMFUFA (instituttet for fysik og matematik) ved RUC afholdt det såkaldte Breddekursus (som nu hedder Fysisk Problemløsning I og II) der er et obligatorisk kursus for fysikstuderende. Kurset, som er udviklet af den ene af os (JHJ), stræber efter at udvikle de studerendes problemløsningskompetencer ved at fokusere på uformaliserede opgaver. Et typisk eksempel, som vil blive diskuteret i detaljer nedenfor, er kanonopgaven (se tekstboksen).

Kanonopgaven

Hvordan afhænger ildkraften af en kanon af kanonløbets længde? Begrund svaret.

Der er to mål med denne artikel. Det første er at argumentere for at arbejdet med sådanne uformaliserede opgaver kan udvikle væsentlige aspekter af de studerendes

problemløsningskompetencer i fysik; disse kompetencer dækkes ikke ved at løse standardopgaver. Argumentet illustreres ved en undersøgelse af hvad der kræves for at løse kanonopgaven og en anden uformaliseret opgave. Som det vil blive klart nedenfor, har uformaliserede opgaver ikke, i modsætning til standardproblemer, ét endegyldigt svar. Det er imidlertid stadig muligt at bedømme de studerendes fysiske forståelse ud fra deres svar på uformaliserede opgaver. Vi eksemplificerer denne påstand ved at præsentere tre autentiske studenterbesvarelser af kanonopgaven som blev givet ved en eksamen hvor kanonopgaven blev stillet. De tre besvarelser er udvalgt så de *illustrerer* påstanden ved at vise bredden i de studerendes besvarelser; det er vigtigt at understrege at disse eksempler ikke skal opfattes som systematisk empirisk evidens. Det andet mål med artiklen er at kommunikere de vigtigste praktiske erfaringer med kurset på RUC som et eksempel på hvordan uformaliserede opgaver kan implementeres i et fysikkursus på det tertiære niveau. Rationalet bag kursets design beskrives, og der gives nogle generelle konklusioner angående dets implementering.

Artiklen er en oversættelse og bearbejdning (ved forfatterne) til et dansk publikum af en endnu ikke offentliggjort artikel sendt til American Journal of Physics. Den forskning der præsenteres, er en del af et større projekt rettet mod at forstå uformaliserede opgavers didaktiske potentiale og de særlige udfordringer disse opgaver stiller de studerende over for.

Problemløsning i fysik

Problemløsningskompetence

Der findes flere beskrivelser af de fysikkompetencer som studerende skal lære i løbet af deres uddannelse (Dalle Rose et al., 2003; Institute of Physics, 2006). Os bekendt understreger alle disse vigtigheden af problemløsningskompetence. Det britiske Institute of Physics har i deres *Physics Degree – Graduate Skills Base and the Core of Physics* fx følgende beskrivelse af de to ud af fire kompetencer som angår problemløsning:

De studerende skal lære

– at takle fysikproblemer og at formulere passende løsninger.

De skal fx lære at identificere egnede fysiske principper, at bruge special- og grænsetilfælde, dimensionsanalyse og størrelsesordensoverslag til at guide deres problemanalyse og at præsentere løsningen så antagelserne bliver eksplicite.

– at bruge matematik til at beskrive den fysiske verden.

De skal lære at oversætte et fysikproblem til matematisk form, og de skal have en forståelse af matematisk modellering og af approksimationers rolle. (Institute of Physics, 2006, s. 3, forfatterens egen oversættelse)

Hvori består fysisk problemløsningskompetence? Den inkluderer evnen til at konvertere et virkeligt problem til en model som kan underkastes kvantitativ analyse ved at abstrahere væsentlige elementer: at analysere modellens opførsel, foretage de nødvendige approksimationer og være klar over konsekvenserne af disse samt foretage overslag over størrelsesorden og indse hvornår disse approksimationer kan være brugbare (Thompson, 1987).

Generel karakterisering af opgaver

Opgaver er eksplicit formulerede udfordringer. De beskrives ofte som enten "lukkede" eller "åbne", men det er en lidt upræcis karakterisering, for opgaverne kan være åbne eller lukkede med hensyn til i hvert fald to dimensioner. En opgave som er lukket i sit løsningsrum, har kun én løsning, mens en opgave som er åben i dette rum, tillader en række forskellige meningsfulde løsninger (Munson, 1988; Bolton & Ross, 1997; Garrett et al., 1990).

Et eksempel på en lukket opgave er følgende: En 500 kg tung bil kører med en fart på 20 m/s. Den bremser med en kraft på 10.000 N. Hvad er dens fart 75 m efter at den begyndte at bremse? En åben udgave kunne lyde: En bilist begynder at bremse når hun ser det gule lys. Hvad er bilens fart når den kommer til trafiklyset?

Opgaver som er lukkede i denne forstand, har et forudbestemt mønster som løsning (Christiansen, 2009), og et væsentligt aspekt ved løsningsprocessen består i at identificere dette mønster.

Den anden dimension som kan bruges til at karakterisere opgaver, er om deres formuleringer er veldefinerede eller ej (Christiansen, 2003; Christiansen, 2009), hvilket man kunne kalde hhv. åbent og lukket formuleret. En åbent formuleret opgave er ikke på en form hvor den kan løses med det samme, fordi begyndelsessituationen ikke er veldefineret. Opgaveløseren bliver nødt til at præcisere opgaven nærmere for at bringe den på en form hvor den kan løses. I princippet er der en opgave for hver præcisering. Opgaver med lukkede formuleringer kræver modsat ikke en sådan nærmere præcisering. En opgave kan karakteriseres efter disse to dimensioner. De fleste standardopgaver i fysik er lukket formuleret fordi de specificerer den efterspurgte variabel i fysiske termer, og har lukkede løsninger fordi der er forudbestemte mønstre som løser dem.

De uformaliserede opgaver som vi fokuserer på her, har en lukket formulering fordi opgavesituationen er veldefineret. Det er klart for fx kanonopgaven i figur 1 hvad der spørges efter. Opgaverne er imidlertid formuleret i dagligdagsprog så opgaveløseren skal formalisere dem i *fysiske* termer, dvs. hun eller han skal fortolke, oversætte og idealisere problemet og således komme frem til en fysisk model af situationen. De er derfor *uformaliserede*. De opgaver der bruges på Breddekurset, er udvalgt på en sådan måde at fysikken bag situationen er entydig. For hver opgave er der ideelt

én fysisk måde at anskue den på, og præciseringsprocessen bør føre til en bestemt fysisk model. På denne måde er opgaven *lukket* i sit løsningsrum fordi der er et forudbestemt løsningsmønster. Kanonopgaven er uformaliseret fordi opgaveløseren bliver nødt til at præcisere den i fysiske termer: hvilke egenskaber ved kanoner der er relevante for opgaven, hvordan problemet kan tages fra den dagligdags formulering over i fysikken, hvilken fysik der er anvendelig osv. Kanonopgaven er lukket i sit løsningsrum fordi denne proces bør føre til det forudbestemte mønster der beskrives nedenfor.

Beskrivelse af kurset

I dette afsnit redegøres der for hvordan uformaliserede opgaver er blevet og bliver brugt på fysikkurset.¹

Kursets struktur og mål

På RUC sker specialiseringen i fysik (og et andet fag) først på det tredje studieår. De to første år består af et fælles naturvidenskabeligt basisstudium. De studerende som starter på fysik, kommer med varierende fysikerfaringer fra dels traditionelle fysikkurser med standardopgaver, dels evt. deltagelse i fysikprojekter på basisstudiet. For at sikre de studerendes fysiske fundament starter specialiseringen med Breddekurset. Det eksplicit deklarerede hovedmål med kurset er, populært sagt, at lære de studerende at tænke som fysikere, dvs. at opfatte og løse problemer vha. fysik. Kurset fokuserer derfor på at udvikle de studerendes kompetencer snarere end deres viden om et specifikt fysikpensum. De anvendte opgaver falder inden for de fundamentale fysiske discipliner: mekanik, herunder den specielle relativitetsteori, elektrodynamik, termodynamik og statistisk fysik, indledende kvantemekanik og hydrodynamik, moderne fysik samt astronomi og astrofysik. Bredden af emner og de studerendes beherskelsesniveau defineres af lærebogen som er en af de traditionelle, indledende lærebøger, såsom Ohanian (1989) eller Tipler (1991). Lærebogen suppleres med noter; astronomi- og astrofysikdelen dækkes af en selvstændig lærebog. Da kursets primære fokus er opgaver frem for fysikemner, bruges lærebogen hovedsagelig som et redskab når behovet opstår under problemløsning. Det forudsættes desuden at de studerende har en stor fysisk bagage når de kommer på kurset, opnået under deres basisstudium, idet der ikke bruges meget tid på en systematisk gennemgang af de fysiske emner.

Kurset, som består af seks konfrontationstimer hver uge i et år, bryder med den traditionelle model for forelæsninger og problemløsning. Konfrontationsundervis-

¹ Kurset er kun blevet lidt ændret i de første 30 år, men det undergik en større revision for nogle få år siden pga. undervisningsreformer og altså ikke pga. en utilfredshed med kurset. Det nuværende kursus adskiller sig derfor fra den beskrivelse der gives her, men kun på punkter som er irrelevante for vores formål.

ningen er stort set udelukkende fokuseret på regning af tidligere eksamensopgaver; der er ikke noget laboratoriearbejde. Fysik- og matematikinstituttet ved RUC er ikke stort, og derfor er antallet af studerende som følger det obligatoriske kursus, lille og af størrelsesordenen 10 studerende pr. år.

Opgaverne

Baggrunden for at bruge uformaliserede opgaver er at virkelige problemer sjældent optræder formaliserede uden for klasseværelset, dvs. de er ikke på den parametriserede og formelle form som standardopgaver er. Filosofien er at evnen til at formalisere virkelige problemer vha. fysik er flaskehalsproblemet i fysisk problemløsning, og at uformaliserede opgaver er det mest effektive redskab til at udvikle denne evne. På samme måde som matematikbeherskelse ikke skal være bundet udelukkende til situationer hvor den uafhængige variabel kaldes x , den afhængige variabel y , og den vilkårlige konstant a , kræver fysikbeherskelse evnen til at se igennem symboler og sprogbrug. Det uformaliserede aspekt opnås ved opgavernes dagligdagsformulering, sådan at præciseringen af problemet i fysiske termer er en central del af løsningsprocessen.²

Opgaverne er udvalgt så der er et løsningsmønster som de studerende forventes at identificere. Dette er der to grunde til: For det første er det en bekvem måde at give læreren kontrol på. Opgaverne skal jo hjælpe de studerende til at tænke som fysikere, men ikke alle problemer er velegnede til at udvikle denne evne: Nogle problemers løsning kræver overhovedet ikke brug af fysik, mens andre er for svære at behandle. Opgaverne skal derfor designes omhyggeligt, og dette kan gøres vha. opgaver der er lukkede i deres løsningsrum. Den anden grund er at lukkede opgaver ofte motiverer de studerende mere end åbne opgaver; de studerende kan godt lide at være på "skattejagt".

Hver opgave omhandler en virkelig, og ikke en fortænkt, problemstilling. Dette skyldes dels et motiveringshensyn i forhold til de studerende, dels at det ønskes illustreret at fysikkens karakter af teoretisk forklarende videnskab netop gør den brugbar til at overskue dele af virkeligheden med, og at fysikken ikke er det skolastiske, selvbestemmende system som den på grund af sit stærkt teoretiske præg ofte forveksles med. Svarene på opgaverne bør give mening når de fortolkes i forhold til de virkelige situationer. Det er imidlertid vigtigt at understrege at opgaverne er designede til en undervisningssituation, dvs. til at udvikle de studerendes evner til at anvende *fysik* og ikke en *general* problemløsningskompetence. Dette betyder at læreren prøver at finde problemer som opfylder de ovenstående krav sammen med de følgende mere

2 I den for nogle af de dækkede emner kan det være svært at finde opgaver som kan formuleres i dagligsprog. Dette er f.eks. tilfældet for elementarpartikelfysik som i høj grad er indlejret i et teknisk sprog.

specifikke hensyn: Rimelig behandling af opgaverne skal forudsætte fysisk forståelse. Opgaverne skal angå centrale begrebsdannelser og forståelsesmåder i fysikken og kræve elementær matematik på niveau med indledende matematisk analyse. Kurset er desuden baseret på den fundamentale antagelse at det væsentligste udbytte af fysikundervisning først opnås gennem opøvelse af evnen til aktiv anvendelse af tillærte begreber og forståelsesmåder på problemer som ikke i forvejen er velkendte eller tilrettelagte. For at tilgodese dette hensyn er en stor del af problemstillingerne nogle der allerede behandles i gymnasiet. Kursets historie har ført til den konklusion at opgavernes uformaliserede karakter gør dem meget sværere end standardopgaver. Så for at sikre en passende sværhedsgrad er det nødvendigt at slække på deres tekniske sværhedsgrad.

De uformaliserede opgaver, som de bruges på kurset, indeholder en verbal beskrivelse af en problemsituation hvor der stilles et spørgsmål hvis svar kan opnås ved at anvende diverse teoretiske redskaber fra den fysiske værktøjskasse. Opgaverne er små tekster som beskriver det væsentligste ved en given situation, men giver så få informationer som muligt. Opgaveløseren afkræves eksplicit en begrundelse for det afgivne svar, underforstået ud fra fysik.

Eksamen

Da kurset blev designet, var det afgørende at finde frem til en opgaveform der frem for afprøvning af matematiske/tekniske manipulationsfærdigheder og detailviden afprøvede de studerendes overblik over fysikken som helhed, deres forståelse af de centrale begrebsdannelser og deres evner til at anvende dem. Uformaliserede opgaver blev – og bliver – opfattet som i stand til at opfylde disse formål.

Eksamensformatet er ret traditionelt. Eksamen, som er med ekstern censur, udgøres af to skriftlige prøver a fire timer, og der gives én karakter baseret på begge prøver. Den studerende skal ved hver prøve udvælge fire ud af fem opgaver.³ Eksamen er uden hjælpemidler, så de studerende er nødt til at kunne de fundamentale fysiske og matematiske ligninger, typiske konstanter og størrelsesordener udenad. Det skal understreges at de studerendes vanskeligheder med problemerne ikke skyldes kommunikationsproblemer med at videregive opgavernes mening. Erfaringen med kurset er at andelen af studerende som misforstår opgaverne ved eksamen, er sammenlignelig med andelen ved mere traditionelle opgaver.

3 Antallet af opgaver til eksamen har varieret gennem kursets historie før det endte med fire ud af fem. Gennem kursets historie har de studerendes faglige forudsætninger og kompetencer ændret sig, mens opgavernes sværhedsgrad ikke er blevet ændret. Det er erfaringen at ændringerne i de studerendes faglige ballast ikke ændrer nævneværdigt ved hvor svært de har ved opgaverne. Vores fortolkning er at opgavernes sværhedsgrad skyldes vanskeligheder ved den fundamentale problemløsningskompetence.

To illustrative opgaver

Kanonopgaven som blev præsenteret ovenfor, er illustrativ for de uformaliserede opgaver der bliver brugt på kurset. Nedenfor vises en mere udfoldet version af det "samme" problem, dvs. som involverer den samme fysik, for at vise hvad der kræves for at løse opgaven. Det skal imidlertid understreges at for både dette og det følgende problem skal de studerende løse den originale opgave.

Kanonopgaven – udfoldet version

En kanons ildkraft er et mål for hvor destruktive dens projektiler er. Antændingen af kanonens krudt starter en eksplosion som udvider luften under kanonkuglen, hvilket driver kuglen fremad. Vi lader ildkraften være lig med kuglens kinetiske energi når den forlader løbets munding. Lad V_0 være det lille volumen bag kuglen før affyring, V være volumenet bag kuglen under affyring og V_L være løbets totale volumen. Vi antager at processen foregår uden udveksling af varme mellem gassen og kanonløbet.

Lad γ være forholdet mellem luftens varmekapaciteter for hhv. konstant tryk og konstant volumen. Lad P være lufttrykket under ekspansion og P_0 være trykket lige efter eksplosionen når volumenet stadig er V_0 .

1. Udtryk P som funktion af V_0 , V og γ .
2. Bestem arbejdet der udføres på kuglen, som funktion af V_0 og V_L .

Vi antager at løbet er cylinderformet; lad L_0 betegne løbets længde svarende til begyndelsesvolumenet V_0 og L betegne løbets længde.

3. Udtryk arbejdet der udføres på kuglen, som funktion af L_0 og L .
4. Hvordan afhænger en kanons ildkraft af kanonløbets længde?

Det originale problem er formuleret i hverdagsprog. I stedet for at spørge til projektilets kinetiske energi når det forlader munden, anvendes bevidst upræcis, almindelig sprogbrug idet der spørges til ildkraften. Den studerende bliver nødt til at fortolke "ildkraft" i fysiske termer såsom den kinetiske energi (eller lignende størrelser som beskriver projektilets destruktionssevne, fx fart) ved udgangen. Den udfoldede version illustrerer lærerens idé med problemet: at eksplosionens luftudvidelse udfører arbejde på kanonkuglen som driver den fremad. Dette er kernen i løsningen. Hvordan luftudvidelsen nærmere forløber (adiabatisk, som i den udfoldede version, eller isobarisk osv.), skal vælges, men det præcise valg er af mindre betydning fordi eksplosionens natur ikke er klar på forhånd (antændes alt krudtet før projektilet bevæger sig, hvorved adiabatisk ekspansion er det fornuftige valg, eller antændes en væsentlig del af krudtet under projektilets bevægelse?). Selv om der således er flere

forskellige acceptable løsninger, er problemet stadig essentielt lukket fordi dets kerne er at indse sammenhængen mellem luftudvidelsen og projektilets bevægelse, dvs. at identificere løsningsmønsteret.

Den udfoldede problemformulering afslører de "skjulte" skridt der kræves for at løse det oprindelige problem. Løseren skal for det første klargøre problemets fysiske basis ved at indse at den kinetiske energi (eller en lignende størrelse) er et mål for ildkraften, og at projektilets bevægelse er forårsaget af luftens udvidelse. Dernæst skal denne fysiske basis konverteres til en matematisk model ved at bruge arbejds-sætningen, og der skal opstilles en antagelse om at luftudvidelsen sker adiabatisk (eller en anden tilsvarende fornuftig antagelse). For det tredje skal den resulterende model analyseres matematisk. Denne opgave kræver altså at løseren foretager de trin der kræves for at omdanne problemet fra den virkelige verden til en matematisk model som kan udsættes for matematisk analyse. Dette er forbundet afgørende med problemets uformaliserede karakter. Problemet kræver også at løseren foretager valg eller beslutninger om følgende punkter:

1. Den fysiske teori som siger noget om problemet
2. De variable som vil løse det stillede problem
3. De fysiske begreber og principper som kan anvendes på problemet
4. Den krævede information
5. Hvordan denne information kan opnås.

Som vi har set, er standardopgaver blevet kritiseret for at være for veldefinerede, og det kræves sjældent at man skal foretage ovenstående valg/beslutninger.

En anden illustrativ opgave er vist nedenfor. Denne opgave, som gives i denne form til de studerende, kan også udfoldes.

Tørretumbleropgaven

Hvor hurtigt roterer en tørretumbler? Begrund svaret.

Tørretumbleropgaven – udfoldet version

En tørretumbler består basalt set af en roterende cylinder. Lad cylinderen have radius R og rotere med vinkelfrekvensen ω om sin akse som er horisontal i gravitationsfeltet. Vi ønsker at bestemme hvor hurtigt tumbleren roterer, dvs. dens rotationsperiode. Tyngdeaccelerationen kaldes g . En genstand med massen m befinder sig på cylinderens inderside hvor den tvinges med rundt i cylinderens rotation.

1. Hvor stor er normalreaktionen N fra cylinderen på genstanden når denne befinder sig i toppunktet af sin bevægelse?
2. Hvad er den mindste vinkelfrekvens hvor genstanden følger med rundt i cylinderens rotation uden at være fasthæftet til den? Vi antager at cylinderens radius er omkring $R = 0,5m$.
3. Hvor hurtigt roterer en tørretumbler?

Denne opgave er ligeledes formuleret i hverdagsprog. I stedet for at spørge til rotationsperioden, hvilket ville være den teknisk korrekte måde at formulere opgaven på, spørges der til "hvor hurtigt". Som den udfoldede formulering viser, er det løsningsmønster som skal identificeres, baseret på den idé at en tørretumbler virker ved at det tøj som skal tørres, tages med langs cylinderen. Der er to grænser: Hvis cylinderen roterer meget hurtigt, virker den som en centrifuge, mens en meget langsom rotation betyder at tøjet bliver liggende i bunden af tumbleren. En effektiv tumbler opererer mellem disse to grænser sådan at tøjet deltager i rotationen, men falder ned før det når cylinderens toppunkt. For at simplificere antager vi at tøjet falder ned netop ved toppunktet. Ved at anvende fysik på denne idé kan vi nå frem til et matematisk udtryk for perioden. Opgaveløseren skal altså præcisere opgaven ved at definere hvad "hvor hurtigt" betyder i fysiske termer, dvs. identificere både at det er perioden der spørges til, og hvordan denne størrelse kan bestemmes ud fra tørretumblers funktionsmåde. Det ses igen at den originale version af problemet skjuler flere valg og beslutninger der skal tages for at konvertere det virkelige problem til en matematisk model. Opgaveløseren skal faktisk foretage de samme beslutninger som ovenfor.

Følgende opgaver er yderligere eksempler på opgaver der har været anvendt på kurset:

- Hvad er temperaturen i en gnistudladning eller et lyn?
- Hvor mange gange større er strømforbruget om vinteren i en dybfryser placeret i køkkenet frem for i udhuset?
- Ved ankomsten til et koldt hus tændes elvarmepanelerne. Hvordan ændrer temperaturen i huset sig som funktion af tiden?
- Hvad er forholdet mellem typiske temperaturer i brændende havebål og eksploderende brintbomber?
- I en stikkontakt hvortil der er tilsluttet en vandvarmer, sker der en varmeudvikling på grund af en løs forbindelse i stikkontakten. Hvor stor varmeudvikling kan der komme på tale?

Siden marts 2000 har *KVANT – Tidsskrift for Fysik og Astronomi* bragt JHJ's løsninger og didaktiske kommentarer til disse samt en række andre uformaliserede opgaver.

Studerendes løsninger til kanonopgaven

Ifølge opgavernes karakter findes der ikke altid bestemte, entydige og autoriserede svar på dem. At dette ikke umuliggør en bedømmelse af de studerendes besvarelser, illustreres i dette afsnit ved at undersøge hvordan kanonopgaven rent faktisk blev løst ved eksamen. Besvarelserne er udvalgt blandt de ni eksamensbesvarelser af denne opgave. Formålet med dette afsnit er ikke en systematisk undersøgelse, men at illustrere at det faktisk er muligt at bedømme studenterbesvarelserne trods opgavernes særlige natur.

Flere studerende løste opgaven i stil med modelløsningen i appendiks A som afspejler lærerens tanker med opgaven. Et eksempel er studerende 1 som omdanner problemet fra den virkelige verden til en opgave som kan underkastes fysisk analyse, ved at specificere at krudtet frigiver energi som gennem et øget tryk accelererer projektilet langs kanonløbet. For at omsætte denne idé til en matematisk model bruger den studerende at luftens arbejde på projektilet tilfører kinetisk energi til projektilet. Mens denne løsning følger modelløsningen på det væsentlige punkt om den basale mekanisme, afviger den med hensyn til valget af en isotherm proces snarere end en adiabatisk luftudvidelse og ved at medtage friktion.

Studerende 1's løsning af kanonopgaven

Lad os antage at alt krudtet afgiver sin energi momentant. Til tiden t_0 opstår der et tryk p_0 . Lad os endvidere antage at temperaturen T er konstant, og benytte gasligningen:

$$pV = nkT, V = A \cdot x, \beta = nkT$$

[x er afstanden projektilet har bevæget sig langs røret].

$$\text{Vi får nu: } p(x) = \frac{\beta}{A \cdot x}.$$

Projektilet må accelereres langs hele kanonløbet [med længden L], så den tilførte energi ΔW [er]:

$$\Delta W = \int_0^L p(x) A dx = \int_0^L \frac{\beta}{A \cdot x} A dx = \beta \int_0^L x^{-1} dx \quad [1]$$

$$\Delta W = \beta \log(L) \quad [2]$$

Energertilvæksten er altså proportional med logaritmen til løbets længde L . Udgangshastigheden bliver da:

$$\Delta W = \frac{1}{2}mv^2 = \beta \log(L) \Rightarrow v = \sqrt{2 \frac{\beta}{m} \log(L)} \quad [3]$$

Tager vi hensyn til friktion og antager at den ikke er hastighedsafhængig, får vi

$$E_{tab} = \alpha \int_0^L dx = \alpha L,$$

hvor α er en friktionskoefficient.

Ændringen i projektilets kinetiske energi bliver nu:

$$\Delta W = \beta \log(L) - \alpha L = \frac{1}{2}mv^2 \quad [4]$$

$$\Leftrightarrow v = \sqrt{\frac{2}{m}(\beta \log(L) - \alpha L)}$$

Mens studerende 1 åbenlyst behersker de basale fysiske principper der kræves for at løse opgaven, er løsningen ikke uden fejl. For det første fører integralet på højre side af ligning 1 ikke til udtrykket i ligning 2 fordi et uendeligt led er forsvundet. Den studerende skulle have introduceret en længde L_0 for kammeret bag ved projektilet

sådan at ligning 2 bliver til: $\Delta W = \beta \log\left(\frac{L}{L_0}\right)$. For det andet er ingen af løsningerne

for v fysisk meningsfulde. Ligning 3 kan ikke være korrekt i grænsen af store L fordi energien der overføres til kuglen, bliver uendelig i denne grænse. Ligning 4 er også problematisk for store værdier af L fordi v på et tidspunkt antager en kompleks værdi. Ingen af disse to vanskeligheder ville have optrådt hvis opgaveformuleringen havde været mere præcis (for eksempel ved at følge den udfoldede version) og havde defineret en længde L_0 og specificeret at den adiabatisk antagelse er gældende.

Nogle studerende er på rette spor, men kan ikke gennemføre løsningsprocessen. Studerende 2 er et typisk eksempel. Denne studerende giver en beskrivelse af situationen som stemmer overens med den generelle idé bag modelløsning og lærerens idé med opgaven: Kuglen skydes frem af trykket som opstår fra affyringen af krudtet, og impulsændringen kan beregnes fra trykket der på sin side kan beregnes fra udtrykket som den studerende giver. Selv om den studerende åbenbart har styr på situationens fysik, er vedkommende imidlertid ikke i stand til at løse problemet. Det virker som om den umiddelbare forhindring er at tiden der optræder i integralets grænser i ligning 5 og 6, afhænger af løbets længde. Denne forhindring optræder fordi den studerende benytter en impulstilgang frem for en energitilgang i stil med modelløsningen. Studerende 2's problemer skyldes ikke en mangel på fysisk forståelse, men snarere problemer med at anvende denne forståelse på situationen, i dette tilfælde at vælge den rigtige matematiske tilgang. Kanonopgavens formulering giver ikke nogen hentydninger til en gennemførlig tilgang i modsætning til den udfoldede version.

Studerende 2's løsning af kanonopgaven

Jeg forestiller mig at en kanonkugle fyres af ved at krudtet brændes af og forårsager et tryk på kuglen. Ved kanonløbets munding udlignes trykket med trykket i omgivelserne, og kuglen påvirkes ikke længere af nogen kraft. Den hastighed som kuglen har når den forlader kanonløbet, afhænger af den samlede impulsændring der er tilført kuglen på dens vej gennem løbet. Jeg forstår at ildkraften er denne samlede impulsændring, hvor kuglens impuls fra starten er nul:

$$p_{sam} = \int_0^t F dt \quad [5]$$

Den kraft F kuglen påvirkes af undervejs ud af løbet, er kraften pga. trykket P_{tryk} :

$$F = A \cdot P_{tryk}$$

Den samlede impuls bliver da:

$$p_{sam} = \int_0^t A P_{tryk} dt \quad [6]$$

Tiden der skal integreres over, afhænger af kanonløbets længde l (jo længere l , jo længere tid) og hvordan trykket i løbet aftager.

Når kanonløbet bliver så langt at kraftpåvirkningen fra trykket inde i løbet på kuglen har samme størrelse som tyngdekraften i løbets retning på kuglen, kan det ikke betale sig at gøre kanonløbet længere.

Trykket er omvendt proportionalt med volumenet i røret:

$$P_{tryk} \propto \frac{1}{V} = \frac{1}{A \cdot l}$$

Flere studerende har diverse vanskeligheder med at vælge den rigtige tilgang til problemet på et mere fundamentalt niveau. Nogle af dem anvender en ren mekanisk tilgang uden at relatere det til forbrændingens termodynamik. Et eksempel er studerende 3 som bruger at accelerationen er konstant, baseret på en antagelse om at forbrændingstrykket er konstant. Denne antagelse simplificerer opgaven drastisk fordi den nu kan behandles som et udelukkende mekanisk problem. Den studerende begrundet imidlertid overhovedet ikke denne antagelse om isobarisk bevægelse, og det virker udelukkende som en bekvem måde at simplificere problemet på snarere end en fysisk baseret påstand. Det er åbenlyst at studerende 3 ikke har samme styr

på problemets fysik som studerende 1 og 2. Studerende 3's løsning giver desuden ikke mening i grænsen af lange kanonløb: Farten kan blive vilkårligt stor ved at øge længden, hvilket betyder at energien som overføres til kuglen fra løbet, kan blive vilkårligt stor.

Studerende 3's løsning af kanonopgaven

Når krudtet forbrænder (eksploderer), sker det løbende. $F = \Delta P \cdot A$, hvor ΔP er trykforskellen under eksplosionen. Kuglen får så tilført en kraft hele vejen ud gennem løbet. Kraften medfører at kuglen accelererer hele vejen ud. $F = ma$. Ildkraften må afhænge af mundingshastigheden (den hastighed kuglen har når den forlader løbet) og nok også kuglens masse ($p = mv$, impulsen nok lig ildkraft). Men det ser vi ikke på nu. Vi antager at krudtet i kanonen er lavet sådan at accelerationen på vejen ud gennem løbet er konstant. (Forbrændingstryk er konstant). $\frac{dv}{dt} = \text{konstant}$.

Vi er så interesserede i at finde en sluthastighed af kuglen. $a = \frac{\Delta P}{m} A = \text{konstant}$.

Vi har: $l = \frac{1}{2}at^2$ og $v = at$. Heraf fås: $t = \sqrt{\frac{2l}{a}}$ og

$$v = a\sqrt{\frac{2l}{a}} = \sqrt{2la}$$

[Studerende 3 laver nu en enhedsanalyse af denne ligning].

$$\text{Ildkraft} = p = mv = m\sqrt{2la}.$$

Disse tre studerendes løsninger af kanonopgaven illustrerer en generel erfaring med de uformaliserede opgaver der bruges på kurset: Disse opgaver kræver at de studerende mestrer to forskellige aspekter af problemløsningskompetence, nemlig at udpege den relevante fysik og at anvende den på den specifikke situation. For forskellige uformaliserede opgaver kan det ene eller andet aspekt give anledning til vanskeligheder, men de er begge til stede. Studerende 1 er i stand til at gøre begge dele (men har vanskeligheder med at fortolke den opnåede løsning i forhold til den virkelige verden), mens studerende 2 er i stand til at udpege den rigtige fysik, men har problemer med at anvende den effektivt. Studerende 3 har mere fundamentale vanskeligheder med at komme på rette spor. Disse vanskeligheder angår formalisering af problemstillingen. Det virker derfor sandsynligt at de ikke ville optræde i forbindelse med de mere udfoldede opgaver.

Der er to væsentlige erfaringer med eksamenerne på kurset. Den første er at censor

og eksaminator i høj grad er enige om vurderingen af de studerendes besvarelser, så det er faktisk muligt at skelne en god fra en dårlig løsning baseret på om den er fysisk meningsfuld, dvs. udviser den forventede opførsel, ikke bryder fysiske principper osv. For det andet får den enkelte studerende stort set samme karakter for eksamenens to skriftlige prøver selv om de indeholder fuldstændig forskellige opgaver – det er kun sjældent sket at deres karakterer afveg med mere end én karakter på 13-skalaen. Eksamen og dermed opgaverne har således en høj grad af pålidelighed.

Konklusion

Vi har argumenteret for at uformaliserede opgaver bestemt har noget at tilbyde fysikundervisning: De har potentialet til at træne de aspekter af problemløsningskompetence som ses som relevante for fysikere, men som ikke praktiseres ved løsning af standardopgaver. Der er altså et behov for sådanne opgaver i fysikundervisning. Det betyder at det eksamensformat vi har beskrevet, faktisk er *validt*. Ud over Roskilde Universitet har andre institutioner gjort brug af tilsvarende problemer af tilsvarende grunde (Thompson, 1987; Kapitza, 1977; Kapitza, 1980). Vi har desuden argumenteret for at opgaverne er *pålidelige*.

Der kan drages tre overordnede konklusioner ud fra mere end 30 års erfaring med kurset. Den første konklusion er at det er afgørende at adressere kursets dagsorden eksplicit for de studerende og at beskrive de særlige udfordringer som uformaliserede opgaver stiller. De studerende har nemlig hovedsagelig været udsat for standardopgaver i deres forudgående uddannelse. At løse uformaliserede opgaver kræver ikke bare andre kompetencer, men også andre forestillinger om problemløsning end standardopgaver, fx om de tilladte antagelser. Erfaringerne viser at overgangen fra den ene til den anden type ikke er let. På kurset bruges der meget tid på at diskutere forskellene mellem de uformaliserede versioner og deres mere udfoldede modparter på samme måde som det gøres i denne artikel.

Den anden konklusion er at for dette specifikke kursus har eksamen en positiv indflydelse på de studerendes opførsel. Der er faktisk perfekt overensstemmelse mellem kursets mål – at træne de studerende til at tænke som fysikere – og det som testes til eksamen, nemlig problemløsningskompetence karakteristisk for fysik. Kurset definerer evnen til at tænke som fysiker som evnen til at løse opgaverne til eksamen. Denne perfekte overensstemmelse gør det let at kommunikere kursets plot til de studerende. Der er ikke en skjult dagsorden om at de faktisk skulle lære noget andet end det der testes på kurset. Så “hvad du tester, er hvad du får”-syndromet er ikke et problem for dette kursus – tværtimod. Dette gør det pædagogiske plot både meget simpelt og effektivt: De foregående eksamensopgaver udgør “pensum”, og kursets undervisning er rettet mod at sætte de studerende i stand til at løse disse opgaver

der, som det fremgår af de ovennævnte eksempler på opgaver fra kurset, falder inden for fysikkens grunddiscipliner.

Den tredje konklusion er at selv om der har været en udbredt accept af relevansen af kursets plot fra alle de involverede parter, har det krævet en fortsat kamp at få lov til at gøre det nødvendige for faktisk at opfylde plottet. Som noteret ovenfor er en af erfaringerne med kurset at uformaliserede opgaver er meget krævende, så for ikke at forråde de studerende til eksamen er det nødvendigt at bruge opgaver som ikke er for teknisk krævende. Gennem kursets historie har der imidlertid været en udtalt forventning om at kurset ikke bare skal tilfredsstille kursets egne præmisser, men også standarderne for mere traditionelle universitetskurser med deres fokus på de studerendes evne til at løse opgaver som er mere teknisk krævende, men også skræddersyede og inden for et snævert område. Dette forventningspres kommer både udefra og indefra i forhold til studiemiljøet og både fra lærere og studerende. En hovedgrund til at det har været muligt at holde kursets fokus så længe at kurset er blevet en integreret del af fysikuddannelsen på vores universitet, er sandsynligvis instituttets lidenhed som har gjort det muligt at skabe en mere end overfladisk forståelse af kurset i miljøet.

Appendiks A – en modelløsning af kanonproblemet

Arbejdet der udføres på projektilet, er:

$$\begin{aligned} W &= \int_{V_0}^{V_L} P dV \\ &= V_0^\gamma P_0 \int_{V_0}^{V_L} V^{-\gamma} dV \\ &= \frac{V_0^\gamma P_0}{\gamma-1} \left(\frac{1}{V_0^{\gamma-1}} - \frac{1}{V_L^{\gamma-1}} \right) \\ &= \frac{V_0^\gamma P_0}{\gamma-1} \left(1 - \left(\frac{L_0}{L} \right)^{\gamma-1} \right) \end{aligned}$$

Arbejdssætningen giver at ændringen i kuglens kinetiske energi er lig med arbejdet der udføres på den:

$$W = \Delta K$$

Kuglens begyndeshastighed er 0, så ildkraften, dvs. den kinetiske energi når kuglen forlader munden, er derfor:

$$\begin{aligned}
 K &= \frac{V_0^\gamma P_0}{\gamma - 1} \left(1 - \left(\frac{L_0}{L} \right)^{\gamma - 1} \right) \\
 &= U_0 \left(1 - \left(\frac{L_0}{L} \right)^{\gamma - 1} \right).
 \end{aligned}$$

Her er U_0 luftens indre energi efter eksplosionen. Ildkraften går således mod U_0 når kanonløbets længde går mod uendelig, hvilket virker rimeligt.

Appendiks B – en modelløsning af tørretumbleropgaven

Normalreaktionen N på genstanden i toppunktet er:

$$N = \frac{mv^2}{R} - mg$$

Her er v genstandens fart.

Der er to grænser: Hvis cylinderen roterer meget hurtigt, virker den som en centrifuge, mens en meget langsom rotation betyder at tøjet forbliver i bunden af tumbleren. En effektiv tumbler opererer mellem disse to grænser så tøjet medtages men falder før det når toppunktet. For at simplificere antager vi at tøjet falder netop i toppunktet. Tøjet falder i toppunktet hvis $N = 0$. I dette tilfælde er farten:

$$\frac{mv^2}{R} = mg \Rightarrow v = \sqrt{gR}.$$

Vinkelfrekvensen kan bestemmes ud fra:

$$v = \omega R \Rightarrow \omega_{\min} = \frac{v}{R}$$

Ved at kombinere disse ligninger får vi:

$$\omega_{\min} = \frac{g}{R}$$

Så perioden er:

$$T = \frac{2\pi}{\omega_{\min}} = 2\pi \frac{R}{g}$$

Ved at bruge at $R = 0,5$ m, får vi endelig en omløbstid på omkring et sekund.

Referencer

- Bolton, J. & Ross, S. (1997). Developing students' physics problem-solving skills. *Physics Education*, 32(3), s. 176-185.
- Christiansen, F.V. (2009). *Making sense of problems: A matrix of problem types*. Upubliceret foredrag ved ESERA 2009.
- Christiansen, F. V. (2003). *Problemtyper i problemorienteret undervisning – på og udenfor RUC*. Upubliceret foredrag ved IMFUFA's 25-års-jubilæumskonference 2003.
- Dalle Rose, L.F.D. et al. (2003). Physics Subject Area Group. I: J. Gonzalez & R. Wagenaar (red.), *Tuning Educational Structures in Europe*. Bilbao: University of Deusto.
- Garrett, R.M., Satterly, D., Perez, D.G. & Martinez-Torregrosa, J. (1990). Turning exercises into problems: An experimental study with teachers in training. *International Journal of Science Education*, 12(1), s. 1-12.
- Gil-Perez, D., Dumas-Carré, A., Caillot, M. & Martinez-Torregrosa, J. (1990). Paper and pencil problem solving in the physical sciences as a research activity. *Studies in Science Education*, 18(1), s. 137-151.
- Gil Perez, D. & Martinez-Torregrosa, J. (1984). Problem solving in physics: A critical analysis. I: *Recherche en Didactique de la Physique, les Actes du Premier Atelier International, La Londe les Maures 1983* (s. 289-296). Paris: CNRS.
- Guidoni, P. (1984). Phenomenology of the understanding and misunderstanding of physics. I: *Recherche en Didactique de la Physique, les Actes du Premier Atelier International, La Londe les Maures* (s. 411-422). Paris: CNRS.
- Heller, P. & Hollabaugh, M. (1992). Teaching problem solving through cooperative grouping. Part 2: Designing problems and structuring groups. *American Journal of Physics*, 60(7), s. 637-644.
- Heron, M.D. (1971). The nature of scientific enquiry. *School Rev.*, 79(2), s. 171-212.
- Institute of Physics. (2006). *The Physics Degree*. Lokaliseret den 28.12.2009 på www.ioppublishing.com/activity/policy/Degree_Accreditation/file_26578.pdf.
- Jensen, J.H. & Niss, M. Why physics is difficult – nomological versus causal explanations in Problem Solving. Sendt til *American Journal of Physics*.
- Johsua, S. (1984). La 'métaphore du fluide' et le 'raisonnement en courant'. I: *Recherche en Didactique de la Physique, les Actes du Premier Atelier International, La Londe les Maures 1983* (s. 321-330). Paris: CNRS.
- Johsua, S. & Dupin, J.J. (1991). In physics class, exercises can also cause problems... *International Journal of Science Education*, 13(3), s. 291-301.
- Kapitza, P.L. (1977). *Le livre du problème de physique*. Paris: CEDIC.
- Kapitza, P.L. (1980). *Experiment, theory, practice*. Dordrecht: Reidel.
- Maloney, D.P. (1994). Research on problem solving: Physics. I: D.L. Gabel (red.), *Handbook of Research on Science Teaching and Learning* (s. 327-354). New York: MacMillan.

- Munson, P. (1988). Some thoughts on problem solving. I: J. Heaney & D.M. Watts (red.), *Problem solving: Ideas and approaches from the secondary science curriculum review*. London: Longmans.
- Ohanian, H.C. (1989). *Physics* (2. udgave). New York: Norton.
- Ogilvie, C.A. (2007). Moving students from simple to complex problems. I: D.H. Jonassen (red.), *Learning to solve complex scientific problems* (s. 159-186). New York og London: Lawrence Erlbaum Associates.
- Rigden, J.S. (1987). Editorial: Problem-solving skill: What does it mean? *American Journal of Physics*, 55(10), s. 877.
- Schoenfeld, A.H. (1992). Learning to think mathematically: Problem solving, meta cognition, and sense making in mathematics. I: D.A. Grouws (red.), *Handbook of Research on Mathematics Teaching and Learning* (s. 334-370). New York: MacMillan.
- Schultz, K. & Lochhead, J. (1991). A view from physics. I: M.U. Smith (red.), *Toward a unified theory of problem solving: Views from the content domains* (s. 99-114). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Tipler, P.A. (1991). *Physics for scientists and engineers* (3. udgave). New York: Worth Publishers.
- Thompson, N. (1987). *Thinking like a physicist*. Bristol: Adam Hilger.
- Yerushalmi, E. & Magen, E. (2006). Same old problem, new name? Alerting students to the nature of the problem-solving process. *Physics Education*, 41(2), s. 161-167.

Abstract

This paper is concerned with a certain kind of physics problems, called non-formalized problems, and their use in a university physics course. Non-formalized problems require the problem solver to give a more precise specification of the problems so as to make them amenable to physical analysis. At the same time the problems have definite solutions. It is argued that such problems can help develop essential aspects of problem solving competency, in particular the ability to turn a real world problem into a model amenable to mathematical analysis. These aspects are not needed for solving standard problems typically used in physics education. The argument is illustrated by analysis of what is required to solve two specific problems as well as students' solutions to one of them. Moreover, some pertinent experiences from a course of long standing at Roskilde University based on non-formalized problems are offered.

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.

MONA i Middelfart

– konference om flere og bedre naturfagslærere



Keld Nielsen, Center for
Scienceuddannelse og Institut for
Videnskabsstudier, Aarhus Universitet

Introduktion (af Sebastian Horst, MONA-redaktør). Den 18. november 2009 blev den første MONA-konference afholdt. Temaet var lærermanglen i matematik og naturfagene. Efterfølgende bad MONA-redaktionen Keld Nielsen om at skrive sin analyse af konferencen og de forslag der fremkom på dagen. Keld Nielsen har igennem mange år været deltager i og kritisk iagttagere af diskussionerne om hvordan interessen for naturvidenskabelige uddannelser kan øges, og hvordan naturvidenskab er en væsentlig del af den almene dannelse. I denne aktuelle analyse giver Keld Nielsen sine betragtninger, som er positive i forhold til konferencens idé, men på den anden side kritiske i forhold til de forslag der fremkom. Keld Nielsen opfordrer til at MONA følger op med et forum for uddannelsespolitiske diskussioner, hvilket vi bestemt vil overveje. I mellemtiden kan man på www.ind.ku.dk/mona/konference se oplæg og referater fra konferencen.

Vil vi om 10 år være nødt til at sende unge der skal lære matematik eller naturvidenskab, et par år til Indien? Vil det gå på samme måde med sprogfagene? Har vi så kun samfundsfag tilbage i Danmark?

Spørgsmålene blev stillet fra talerstolen på MONA's endagskonference i Middelfart i november sidste år og var uden tvivl ment som en provokation – men der var ægte bekymring i stemmen. Bekymring for at det vil gå værre og værre og til sidst mere end slemt med naturfagene (inkl. matematik) i det danske uddannelsessystem hvis ikke der snart gribes kraftigt ind.

Dagens tema var "Flere og bedre lærere til matematik og naturfagene – hvorfor og hvordan?". Spørgsmålet om "hvorfor" blev dog næsten ikke berørt. Ingen overvejelser om hvordan det vil påvirke ansættelsesprofilen i danske højteknologiske virksomheder og dernæst konkurrenceevnen hvis vi ikke er i stand til at uddanne flere og bedre unge med lyst til at arbejde med natur og teknik og med en bedre forståelse af hvordan naturvidenskabelige fag er bærende i et moderne samfund. Ingen analyser af hvorfor udbredt almen indsigt i naturvidenskab og i forskningens betydning er påkrævet hvis

vi på demokratisk grundlag skal finde gode løsninger på klima- og resurseproblemer. Ingen indlæg om hvordan relevant undervisning i naturfagene bør virke personlighedsudviklende og identitetsskabende for den enkelte i et samfund hvor en avanceret computer koster mindre end en god lænestol. Eller om hvorfor vi ikke opnår noget af dette hvis lærerne, og dermed undervisningen, bliver af for ringe kvalitet.

Konferencen varede kun 6 timer, og der var nok af andre emner at tage fat på, så det var fornuftigt ikke at kaste sig ud i lange overvejelser om "hvorfor". Arrangørerne havde helt rigtigt indset at der blandt deltagerne ville være enighed om at det pinedød er nødvendigt at vi får flere og bedre lærere på naturfagsområdet, og denne præmis blev da heller ikke antastet på konferencen overhovedet. Alligevel er det måske nødvendigt at beskæftige sig med "hvorfor". Det vil jeg vende tilbage til.

Hvor konferencens deltagere kom fra (ifølge deltagerlisten)	
Undervisningsministeriet	8
Grundskolen	8
Ungdomsuddannelserne	19
Professionshøjskoler	24
Universiteter	20
Uformelle miljøer	7
Kommuner	3
Andet	11

Tabel 1. Deltagerne i MONA-konferencen kom fra forskellige uddannelsesmiljøer.

God timing

Konferencen var velorganiseret og godt annonceret, og temaet var velvalgt. Temaets timing var god. Men det ville timingen også have været hvis konferencen var blevet afholdt for tre år siden – og det vil en eventuel gentagelse være om et år eller to hvis der ikke snart sker noget mærkbart. Paradokset er nemlig at der tilsyneladende foregår meget på naturfagsområdet – gymnasiereform med styrkelse af området, ny læreruddannelse med styrkelse af området, ny pædagogikumsordning, NTS-centre, konkurrencer og olympiader. Men på dette helt vitale område – rekruttering og uddannelse af flere og bedre naturfagslærere – er der tale om årelang tilbagegang og rådvildhed



over for hvordan situationen kan forbedres. Og her afspejlede *MONA*-konferencen desværre virkeligheden. Konferencen var præget af stor, men fragmenteret indsigt i problemerne, af gensidig respekt og gode intentioner, men også af diskussionernes vandring ad tiltrampede stier og rådvildhed over for hvad man rent faktisk kan gøre ved problemet. En udpræget mangel på "Yes we can!".

Konferencen var velbesøgt. Der var ca. 100 deltagere der tilsammen repræsenterede alle relevante aktører med undtagelse af erhvervslivet som måske ikke læser *MONA*, men burde gøre det. Måske var kommunerne, som er de største aftagere af (de manglende) naturfagslærere og direkte ansvarlige for undervisningens kvalitet, tyndt repræsenteret. Men det er ikke noget nyt at blandt de mange emner på dagsordenen i en kommune er det svært for politikere og embedsmænd at rykke folkeskolens naturfagsundervisning højt op hvor den rettelig hører hjemme.

Den faldende rekruttering er nøgleproblemet

Rekrutterings- og uddannelsesproblemerne blev præsenteret i fire indlæg om formiddagen, og om eftermiddagen var der fire parallelle workshoper med relevante emner der mundede ud i en fremlæggelse og diskussion i ca. en times plenum. En længere række af forbundne problemer blev berørt i indlæg og diskussioner, mange af dem fælles for grundskolen og gymnasiet: den faldende rekruttering til de naturfaglige linjefagsuddannelser, den hastigt voksende mangel på kvalificerede lærere på grund af faldende produktion og forøget afgang foranlediget af alderspukler på lærerværelserne, problemer med at fastholde nye lærere, manglende fornyelse i læ-

reruddannelserne, manglende fleksibilitet og valgmulighed for de studerende i læreruddannelserne, manglende fagligt og "naturfagskulturelt" fællesskab på skolerne og skolerne imellem, underviserprofessionens blakkede omdømme i befolkningen, ukoordineret og underfinansieret eller fejlfinansieret efteruddannelse, manglende eksponering over for de unge af mulighederne i en underviserkarriere samt manglende fornyelse i undervisningen med demotiverende elevrespons som konsekvens. Der var ingen mangel på temaer her.

Set i tilbageblik gjorde konferencen det klart at nøgleproblemet er den faldende rekruttering. På folkeskoleområdet er fremtidsudsigterne dårlige fordi søgningen til læreruddannelsen er faldende og har været det i mange år samtidig med at frafaldet på uddannelsen relativt er stigende, sandsynligvis fordi en stor del af de studerende der i stigende omfang fravælger læreruddannelsen, netop er studerende med gode chancer for at gennemføre studiet. Med indførelsen af den nye læreruddannelseslov er antallet af lærerstuderende der vælger naturfaglige linjefag, faldet helt katastrofalt, og på nogle læreruddannelsesinstitutioner er de naturfaglige miljøer under afvikling fordi der ikke er studerende nok til at lærerne kan beskæftiges. Det er rent ud sagt forfærdeligt. På gymnasieområdet viser nye prognoser at manglen på kvalificerede naturfagslærere vil vokse i et sådant omfang at turene til Indien truer forude hvis der ikke snart gøres noget.

Så her er altså situationen på konferencen midt på eftermiddagen – ved kaffepausen: Deltagerne er tavst enige om at det er en samfundsmæssig nødvendighed at uddanne tilstrækkelig mange og tilstrækkelig gode undervisere på naturfagsområdet. Og vi er helt opdaterede på at landet for tiden gør det modsatte – produktionen af naturfagslærere falder mens efterspørgslen stiger. Så hvad gør vi? Alle 100 konferencedeltagere har indsigt i problemerne og er erfarne, motiverede og gode til at kommunikere.

Hvor er nytænkningen?

Alle workshopper var rettet mod spørgsmålet om hvordan vi får flere og bedre lærere i matematik og naturfagene såvel i folkeskolen som i gymnasiet gennem at gøre jobbet mere attraktivt og gennem tværgående samarbejde. Det er let at gøre uret mod diskussionen i en en-times workshop når den vurderes og gengives på baggrund af et hurtigt skrevet referat. Især når man, som jeg gør her, anlægger en kritisk tone. Men alligevel. I alle fire diskussionsreferater springer det i øjnene at diskussionerne har været spredte og danset fra det ene emne til det andet. Det kunne være et tegn på frugtbarhed og afspejle at konferencen samlede folk fra mange forskellige institutioner med forskellige baggrunde for at vurdere problemerne. Men påfaldende er det at det var gammelkendte temaer der blev taget op, og at det ikke ser ud til at der



opstod fokus eller fælles begejstring for en ny idé, noget fremadrettet, bare i én af de fire grupper, bare for en kort periode.

I den gruppe der diskuterede folkeskolen, har der for eksempel været tilløb til en diskussion om hvordan vi bedre kan klæde nyuddannede lærere på til mødet med praksis. Et emne som er helt relevant fordi en (naturfags)lærer der stopper med sit lærerjob efter et eller to år, må anses for et bekosteligt tab. Men ifølge referatet mundede diskussionen ud i en bemærkning om "at der ikke er nogen lærerstuderende at klæde på". Der er ikke noget at snakke om! Problemet med det drastisk faldende valg af naturfaglige linjefag er altså så lammende at det har trukket diskussionen i stå. Diskussion i gruppen drejer så over i retning af den manglende rekruttering til linjefagene: Er problemet at læreruddannelsen er humanistisk, så den ikke tiltrækker unge der reelt er motiverede for at vælge naturfag? Dette spørgsmål forekommer mig at være centralt når man diskuterer optag og valg af linjefag. Hvorfor er det netop naturfagene der er blevet sorteper når der vælges linjefag i den nye læreruddannelse. Viser de nye tal at læreruddannelserne for nuværende ikke kan tiltrække lærerstuderende der vil satse på en uddannelse i naturfag, og hvad er forklaringen? Betyder det at hunden æder af sin egen hale hvis man i denne situation, hvor der overordnet er mangel på studerende, vil indføre et fælles naturfagligt modul på læreruddannelsen der skal få nogle af de allerede optagne, men altså humanistisk orienterede, studerende til at indse fornuften i at vælge naturfag? Ville det ikke være mere reelt at forsøge at rekruttere nye og flere studerende til uddannelsen i stedet for at rekruttere blandt dem der allerede er optaget? Men det spørgsmål blev, så vidt jeg kan se, slet ikke diskuteret i gruppen.

Også samarbejde med universiteterne blev diskuteret. Diskussionen var forsigtig, og hovedemnet var at der må skabes en bedre dialog mellem universiteter og lærerud-

dannelser. Jeg kan ikke være mere enig. En enkelt røst mente dog at universiteterne nok skal uddanne gymnasielærere, men at de ingen opgaver har over for folkeskolen. Jeg kan ikke være mere uenig. Men ingen nævner muligheder for forøget rekruttering gennem et samarbejde mellem universiteter og læreruddannelser. Umiddelbart forekommer det dog indlysende at når det er så svært at rekruttere til læreruddannelserne, så ville en ny samarbejdspartner på naturfagsområdet måske være en god idé.

En anden gruppe diskuterede det helt afgørende problem: Hvordan gøres lærerjobbet mere attraktivt så vi kan rekruttere flere lærerstuderende og især nogle der brænder for at undervise i naturfag? Som ikke bare vil være lærere, men lærere i et (eller flere) bestemte fag? Gruppen pegede på at gymnasiets undervisning i naturfagene spiller en rolle her. Kan man forestille sig ændringer i undervisningens metode eller indhold der vil fange nye grupper af elever så der skabes et bedre udgangspunkt for at rekruttere lærere? Gruppen har videre peget på andre sammenhænge der er med til at bremse flowet af studerende med lyst til naturfag: Der er for få timer i naturfagene i folkeskolen, karrieremulighederne for lærere er begrænsede, og i deres uddannelsesvalg ønsker de unge at være generalister. Også lærerjobbets generelt dalende status nævnes som et reelt og stort problem. Men også som et problem det er svært at gøre noget ved. Og – meget realistisk, men ikke særlig visionært – bliver der peget på at det er vigtigt at naturfagslærerne selv tager initiativer og fortæller gode historier om fagene og undervisningen.

Et af formiddagens foredrag præsenterede de vigtigste resultater fra et komparativt studie af de nordiske læreruddannelser. Studiet viser hvordan Finland skiller sig ud med bedre rekruttering til uddannelserne og mindre frafald, så der kunne nok være noget at lære her. Men studiet blev ikke omtalt i gruppens diskussion. Måske har det forekommet for fjernt at stile efter finske tilstande hvor læreruddannelserne optager fra de 30 % bedste elever fra gymnasiet, og hvor der er for mange ansøgere. I Finland er der – ligesom i Singapore – stor søgning til læreruddannelserne selvom kravene til optagelse er høje. Eller måske netop fordi de er det. Måske ligger en af mulighederne for nationalt at komme i en bedre situation gemt i sådanne oplysninger. Men det vil kræve mod og vilje og et højt ambitionsniveau. Trods den manglende lyst til at overveje Finland som rollemodel for bedre rekruttering var der masser af relevante betragtninger i denne gruppes diskussion. Men ingen egentlige forslag til hvad man kan gøre. Og slet ingen konkrete og slet ingen vilde og visionære.

Problemerne forplanter sig gennem systemet

I den gruppe der diskuterede muligheden for flere og bedre gymnasielærere, var der klart fokus på "flere". Men i store træk på samme måde som i den foregående gruppe. Mange relevante betragtninger, men ingen egentlige forslag til hvad man kan gøre.

Også i denne gruppe blev der peget på at problemerne forplanter sig gennem de forskellige niveauer i undervisningssystemet. Hvis gymnasiet taber bestemte grupper af unge i naturfagsundervisningen, slår det før eller siden igennem i udbuddet af undervisere hvad enten det er i gymnasiet eller grundskolen. Så langsigtede initiativer der skal redde os ud af mangelsituationen, skal gennemføres over en bred front, på mange steder og mange niveauer.

Det er påfaldende at denne gruppe, der diskuterede gymnasiets problemer, slet ikke ville forholde sig til spørgsmålet om hvordan man uddanner bedre naturfagslærere til gymnasiet. Altså bedre end dem vi producerer for øjeblikket, hvor vi strengt taget slet ikke har en gymnasielæreruddannelse, men er henvist til at rekruttere kandidater der på universiteterne har fået en forskerlignende uddannelse næsten uden didaktiske kvalifikationer hvorefter de ansættes på gymnasierne og får en etårig efteruddannelse (pædagogikum). Det er tilsyneladende et dogme at den nuværende "uddannelse" ikke kan blive bedre. Det kunne ellers have været en interessant diskussion om ikke en egentlig gymnasielæreruddannelse hvor man integrerer fag, fagdidaktik, almen didaktik og praktik, kunne give bedre lærere. Eller en anden type af lærere der kan supplere de traditionelt uddannede. Særlig påfaldende bliver fraværet af denne diskussion fordi det i gruppen blev omtalt at antallet af naturvidenskabelige kandidater fra universitetet der ender i gymnasiet, er faldende, og at en af forklaringerne kan være at en fremtid som gymnasielærer i et spændende, tværfagligt undervisnings- og udviklingsmiljø slet ikke markedsføres målrettet på universiteterne.

Den fjerde gruppe havde fået den lidt utaknemmelige opgave at diskutere hvad man kan gøre gennem tværgående funktioner, netværk og samarbejde på langs. En diskussion om hvorvidt der er behov for lærere der kan undervise både i grundskole og gymnasium, og om man skal tænke i retning af fælles elementer fra de to niveauer i en ny læreruddannelse, blev – som de fleste af dagens diskussioner – vundet af trætte traditionalister. Sympatisk nok var der enighed om at vi skal arbejde videre med brobygning, og at lærerne på de forskellige niveauer skal vide mere om hvad de andre gør, osv. Men ikke noget med at blande uddannelserne sammen. Og slet ikke noget med at overveje om en sammenblanding kunne tænkes at have effekt på hvilke nye grupper af unge der kunne indlemmes i gruppen af potentielle studerende hvis man tænker nyt. Månen har den farve Månen skal have.

Vi må skabe et uddannelsespolitisk forum for naturfag

Da jeg deltog i konferencen, vidste jeg ikke at jeg ville blive bedt om at referere fra den. Det blev jeg først for en måneds tid siden. Som man kan høre, har min tilbage-tænkning ikke givet grund til stor optimisme. Jeg synes nemlig at selve idéen med konferencen er både god og stærkt tiltrængt, og *MONA*'s redaktion skal have stor tak

for at tage initiativet. Men en konference af denne type må række ud over sig selv for at være interessant. Der var ikke tale om en konference hvor forskningsresultater blev fremlagt for at belyse andre forskningsresultater. Der var i mine øjne heller ikke tale om at faglig vidensdeling var det egentlige formål; dertil var der for lidt nyt og for få indspark fra nogle der har gjort noget som andre kan lære af. Konferencen var i mine øjne politisk – uddannelsespolitisk – det er bare ikke sikkert at det var klart for alle deltagerne. Det strategisk-politiske niveau blev slet ikke berørt. Altså idéer til hvordan en sådan konference bliver til mere end en formel øvelse som glæder de deltagende, men ingen spor sætter.

Den manglende lyst til at tænke politisk-strategisk og beslutte at der skal ageres – eventuelt i flok – kan godt hænge sammen med det tidligere omtalte manglende fokus på *hvorfor* det er så vigtigt at vi får flere og bedre lærere. Man kan ikke agere politisk uden at tale til politikere og journalister, og det kræver at man har gode analyser, resulterende i kompakte og gennemtænkte argumenter der viser at det man vil eller synes at andre skal ville, er vigtigt. Sammenhængene skal gøres klare, og måske er vi der gerne vil fremme naturfagernes rolle bredt, ikke gode nok til at gå ud i offentligheden og tale vores sag. Vi kan selvfølgelig argumentere at vi har prøvet, men at der ikke var nogen der gad lytte. Så er konklusionen nok at vi må øve os i at tale anderledes og bedre. Og vi er nødt til at tale. Både for at forbedre underviserens renommé og status og for at skabe politisk bevågenhed om de ting vi fra vores arbejde ved er vigtige. Men at tale til offentligheden forudsætter at vi taler mere med hinanden.

Det er min fornemmelse at vi ikke i Danmark holder mange uddannelsespolitiske konferencer hvor vi prøver at belyse et samfundsproblem gennem en række faglige indlæg, og slet ikke på det naturfaglige område. Men jeg synes vi bør øve os. Politik foregår i processer, så jeg vil opfordre *MONA's* redaktion til at overveje hvad det er for processer vi har brug for. Eller til at få nogen til at overveje hvordan en sådan konference – eller en række af dem – der beskæftiger sig med et uhyre vigtigt samfundsmæssigt problem, kan føre til at der tages egentlige initiativer på området. Ikke fordi jeg tror det er nemt. Måske kunne man gøre diskussionerne mere målrettede: Hvem ønsker vi at opfordre til at gøre hvad, og på hvilket grundlag? Hvordan går vi til værks for at den faglige indsigt og de erfaringer vi har, kan omsættes i initiativer hos institutioner og politikere? Er der grupper eller institutioner vi kan lægge pres på?

Måske kunne man tænke i en række af konferencer med det mål at skabe et egentligt uddannelsespolitisk forum for naturfag. Hvis det kunne blive udkommet, vil jeg mene at konferencen i Middelfart har været en succes. Og med den store opbakning der var fra alle relevante parter, vil jeg yderligere mene at det er på sin plads at opfordre *MONA* til at følge op ved at sætte noget mere i værk.

Læserundersøgelse

– hvordan bliver MONA bedre?



Inge Hviid Jensen, Institut
for Naturfagenes Didaktik,
Københavns Universitet

Tidsskriftet *MONA* har ved årsskiftet 2010 eksisteret i fire og et halvt år og har fra at være et forsøg finansieret af udviklingsmidler udviklet sig til at blive et levedygtigt fagtidsskrift med en fast skare af trofaste abonnenter.

På redaktionen vil vi gerne udvikle *MONA* yderligere – og allerhelst med aktiv medvirken fra vores mange læsere. Derfor gennemførte vi i perioden august-december 2009 en læserundersøgelse hvor alle der abonnerer på eller i øvrigt kender til *MONA*, blev opfordret til at give redaktionen deres uforbeholdne mening ved at besvare et spørgeskema på *MONA*'s hjemmeside.

Alle der svarede inden 1. januar 2010, deltog i lodtrækningen om 5 boggaver. Vinderne er nu udtrukket. De heldige vindere er:

Thomas Vils Pedersen
Raymond Cox
Line Stald
Ole Kronvald
Marianne Boserup

Vinderne har fået direkte besked og hver modtaget et gavekort på 500 kr. til en bog.

Hvad siger læserne så?

Efter gennemlæsning og sammenfatning af de i alt 49 besvarelser kan redaktionen glæde sig over at der er stor tilfredshed med såvel bladets niveau som omfang, indhold, layout og form.

Lidt overraskende for os på redaktionen er der ikke et overvældende krav fra læserne om overgang til digital form. Mange skriver direkte at de sætter stor pris på at få tidsskriftet på print i stedet for kun digitalt.

Nedenfor sammenfattes og kommenteres de enkelte elementer af undersøgelsen. Selve besvarelserne i skemaform kan ses på *MONA*'s hjemmeside, www.science.ku.dk/mona.

De 49 respondenter fordeler sig på hhv. universitetsniveauet, ca. 30 %, folkeskoler, ca. 30 %, videnscentre/museer mv., ca. 10 %, læreruddannelsesenheder, ca. 10 %, erhvervsuddannelser, ca. 5 %, og andre (pensionister, professionshøjskole, studerende), ca. 5 %.

Om niveau og omfang

Flertallet (80 %) synes generelt at indholdet i *MONA* er interessant. Fri- og medarbejderabonnenter er en anelse mere kritiske end betalingsabonnenter, men generelt også positive.

Med hensyn til niveauet tilkendegiver læserne bredt at det ikke er hverken for højt eller lavt (hhv. 55 % og 75 %). Et mindretal (18 %) mener dog at niveauet er lidt for højt.

Kun ganske få (6 %) synes at *MONA*'s tekster er kedelige, mens 57 % da heldigvis er overvejende eller helt uenige i denne påstand.

Til gengæld har vi mange selektive læsere idet næsten halvdelen angiver at de kun er interesseret i det af *MONA*'s indhold som vedrører det fag de selv underviser/ forsker/formidler inden for.

Mens betalingsabonnenterne er fuldt tilfredse med artiklernes længde, efterspørger medarbejder- og friabonnenter i lidt højere grad at artiklerne er kortere end nu. Det store flertal er imidlertid neutralt.

Om indhold og disponering

Der er en høj grad af enighed om at det er vigtigt med en kommentarsektion, og at det kunne være ønskværdigt med kommentarer til andet end tidligere artikler. Dog er en stor del af læserne neutrale. Redaktionen tolker dette som en interesse for at vi arbejder videre med at udvide kommentarbegrebet og i højere grad inddrage dagsaktuelle temaer og debatstof.

På spørgsmålet om interessen for at diskutere *MONA*'s indhold på hjemmesiden registreres der først og fremmest neutralitet i alle fire respondentgrupper. Et lille mindretal er enige eller overvejende enige i at de godt kunne tænke sig det. Redaktionen vil vurdere de teknologiske muligheder for at inddrage dette tema i den videre udvikling af *MONA*'s hjemmeside og indtænke muligheder for at etablere diskussionsfora mv.

Litteraturanmeldelser er populære. Et flertal efterlyser endnu mere omtale af relevant fagdidaktisk litteratur. Det tager vi til efterretning i redaktionen. Der har gennemgående været to anmeldelser i de seneste udgaver af *MONA*. Redaktionen modtager i øvrigt meget gerne forslag til anmeldelser, omtaler mv.

Temanumre om specifikke emner/problemstillinger er ligeledes noget der efterspørges af mange. *MONA*'s rolle som centralt organ for formidling af forskning og udviklingsprojekter på det naturfagsdidaktiske område i Danmark gør da også at det vil være naturligt for os at samle op på og formidle aktuelle temaer der går på tværs af uddannelsesinstitutioner og niveauer.

MONA-konferencen i november 2009 kastede desuden en række relevante idéer til nye temaer af sig som vi løbende vil følge op på. Vi er i redaktionen altid lydhøre over for konkrete læseridéer til temanumre (skriv til MONA@ind.ku.dk).

Tilkendegivelser i fritekstform

Vi bad også vores læsere om at kommentere i fritekstform hvad de betragter som det vigtigste udbytte af at læse *MONA*. Her fordeler interessen sig især på temaer som: "det at følge med i den nyeste forskning", "at være ajour med aktuelle debatter og problemstillinger i det danske forskningsmiljø", "at få inspiration til egen undervisning" og "anvendelsesformer af didaktik i naturfagsundervisningen".

Hvad kunne du tænke dig mere af i MONA?

Her rækker eksemplerne fra selve fagene (mere om matematik, biologi, geografi) over konkrete eksempler på "undervisning der virker", til stof om erhvervsuddannelser, materiale til læreruddannelsen, tværgående stof samt mulighed for at inddrage internationale perspektiver, herunder at bringe oversatte klassikere, samt endelig aktuelt debatstof. Det vil selvsagt være svært at få mere stof om alle de enkelte fag på én gang. Vi vil dog være opmærksomme på at sikre en rimelig balance mellem fagene.

Hvad kunne du tænke dig mindre af i MONA?

Her er spredningen i ønsker tilsvarende – nogle siger mindre matematik, mindre teori, andre ønsker mindre gymnasiestof eller "alt hvad der har med folkeskolen at gøre".

Ønskerne går således i mange retninger, og med den form og det antal artikler *MONA* lige nu repræsenterer, kan det være vanskeligt at imødekomme alle ønsker. Redaktionen har et princip om at stoffet skal afspejle vores læsersammensætning og tilgodese alle niveauer i det danske uddannelsessystem, men samtidig forsøger vi også at få tekster med som kan ramme en fællesnævner der appellerer bredt til hele læserskaren.

Nye typer abonnement?

På redaktionen havde vi nok forventet et større pres for at konvertere *MONA* til digitalt medie i stil med tidsånden. Men rigtig mange læsere tilkendegiver at de er godt tilfredse med den eksisterende form og distributionsmetode, nemlig at få tilsendt en trykt hard copy med posten. Dog vil man også gerne kunne søge og finde enkeltstå-

ende artikler på hjemmesiden. Flere efterlyser også en nyhedsmail med abstracts af de nye artikler.

Vi er naturligvis glade for at høre at vi ikke helt ude af trit med læsernes forventninger på dette punkt. Men vi er opmærksomme på at der er et behov for at kunne søge eller "google" på specifikke artikler på hjemmesiden, og er allerede i gang med at udtænke et koncept for opgradering af hjemmesiden som kan imødekomme behovet for at få information online. Derudover arbejder vi videre med idéen om at lave en egentlig *MONA*-nyhedsliste.

Idéer til læserarrangementer

Af de forskellige idéer til læserarrangementer er der stor interesse for fagdidaktiske seminarer om ny viden og nye tendenser samt arrangementer der sigter på vidensdeling og erfaringsudveksling mellem undervisere, forskere og andre, samt debatarangementer.

Fra evalueringerne fra *MONA*-konferencen i efteråret 2009 ved vi desuden at der er stor interesse for at holde fremtidige *MONA*-arrangementer. De mange gode tilkendegivelser fra hhv. læseranalyse og konferenceevalueringer har vi derfor taget til os og vil bruge konstruktivt i den videre udvikling af *MONA* som tidsskrift og centralt organ for naturfagsdidaktisk forskningsformidling.

Redaktionen ønsker hermed at sige tak til alle der har bidraget til undersøgelsen. Vi modtager fortsat gerne ris og ros på redaktionen mhp. at vi kan gøre *MONA* endnu bedre.

Kommentarer

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

lagttagelser af naturfagsundervisning

– børnehave, børnehaveklasse og indskoling



Niels Ejbye-Ernst, lektor, Pædagoguddannelsen Jydsk, VIA University College, og ph.d.-studerende ved DPU.

Kommentar til artiklen "Best Practice" – visdommen i dansk naturfagsformidling" i MONA, 2009(4).



Ved en beklagelig fejl havde redaktionen indsat et portræt af Jens Højgaard Jensen i stedet for Jens Jakob Ellebæk ud for den pågældende artikel. Vi bringer her det rigtige portræt af Jens Jakob Ellebæk.

Hvad vil forfatterne med artiklen?

Artiklen vil gennem de tre nedslag i børnehave, børnehaveklasse og indskoling vise at naturfaglig almindelse gennem de fremhævede gode eksempler bliver:

“En “dannelsesvej” for barnet/eleven som gerne skulle virke sammenhængende, uden markante overgangsproblematikker og med en klar faglig og social progression.” (Ellebæk & Østergaard, 2009, s. 25).

Den beskrevne dannelsesvej er vejen fra det konkrete praktiserende barn der dannes af naturen som læremester (ibid., s. 25) og af mesteren gennem tavse kropslige imitationer og gennem det at være i naturen. Artiklen præciserer ikke en specifik dannelses- eller læringsopfattelse, men for den gode praksis i børnehaven lægges der vægt på kropslig imitation uden særlig vægt på sproget. Pædagogerne i børnehaverne skal handle – det er det artiklens forfattere finder væsentligt. Efterfølgende skal pædagoger og lærere arbejde dialogisk med børnene, og efterhånden som børnene bliver større, skal de have passende mulighed for at handle selvstændigt. Læringsforståelsen bevæger sig fra uformel mesterlære, hvor naturen også ses som læremester, til dialogisk sociokulturelle læringsformer. Det forekommer uklart hvorfor pædagoger i børnehaver ikke skal arbejde dialogisk. Der lægges ikke vægt på at pædagogerne

skal forstyrre eller prøve at forstå hvad børnene i børnehaverne forstår; de skal være konkrete og kropsligt aktive og dermed støtte børns tavse viden – *“for kroppen husker som en elefant”* (ibid., s. 13).

Forfatterne mener med den beskrevne praksis at

[...] barnet/elevens naturfaglige erkendelsesudvikling starter med en praksisnær formidling med mesterlæreprincippet som bærende element i børnehaven for derefter at blive suppleret af en “naturnær” naturfagsformidling som veksler mellem praktiske undersøgelser i naturen og en dialogisk naturfagsformidling/naturfagsundervisning i børnehaveklassen. Til sidst møder eleven en dialogisk organiseret formaliseret undervisning som også indeholder mange praksissekvenser og egne undersøgelser i naturen i folkeskolens indskoling. (ibid., s. 26)

En lignende argumentation er fremstillet i *MONA, 2008(2)*, af Østergaard (2008).

Diskussion af udvalgte forhold i artiklen

Jeg er meget enig med forfatterne i at “Best Practice” ikke er et godt begreb til at beskrive naturfagsundervisning. Der findes ikke en god opskrift på den gode naturfagsundervisning. Naturfagsundervisning er ligesom al anden undervisning kompleks, kontekstafhængig og påvirket af underviserens viden og engagement. Børnenes udbytte af undervisningen afhænger af hvad de ved, deres erfaringer, deres lyst til at vide noget om naturfag og naturfagernes relevans set ud fra børnenes erfaringshorisont.

Den beskrevne praksis i børnehaven, hvor stikordene i modellen s. 25 er “mesterlære, tavs viden og naturen som læringsrum og læringsmester” hviler på en henvisning til Grahn et al. (1997) og Mygind (2005)¹, og med disse referencer argumenteres der for at naturfaglig læring har bedre betingelser ude end inde, til trods for at ingen af studierne beskæftiger sig med dette. Dette underbygges med følgende citat:

[Børn] der regelmæssigt iagttager, undersøger og arbejder i naturen, får en grundlæggende viden om natur og miljø der bygger på deres egne erfaringer. Nogle af dem vil måske også udvikle øget ansvarlighed overfor natur og miljø. (Bendix, 2003, s. 4)

Citatet stammer fra en tidlig artikel om udeskole og har ikke været rettet mod arbejde i børnehaven. Det må betragtes som et citat formuleret for at påvirke til at arbejde med udeskole. I 2003 fandtes der ikke forskning om udeskole i Danmark, og udeskole var/er overvejende et nordisk fænomen (Bentsen et al., 2009). Fænomenet udeskole

1 Mygind (2005) undersøger udeskole med børn fra 3. og 4. klasse. Grahn undersøger sygefravær, motorik og koncentration forstået som evnen til at fastholde lege over længere perioder. Grahns undersøgelse er en komparativ undersøgelse hvor 12 børn fra en naturbørnehave sammenlignes med 15 børn fra en børnehave i Lund.

var i 2003 overvejende baseret på entusiasme og pjecer/artikler/slogans fra Danmarks Naturfredningsforening. Først i 2004-5 blev der publiceret forskning om udeskole i Danmark (Mygind, 2005), og denne forskning forholdt sig ikke til naturfaglig læring. Naturen som læremester er ikke velunderbygget i den opstillede model, og selvom naturoplevelser som "significant life experiences" tillægges stor betydning i en del litteratur (fx Tanner, 1980; Chawla, 1998; Chawla, 2006; Wells & Lekies, 2006), er kritikken af den forholdsvis megen forskning at undersøgelserne oftest baseres på retrospektive iagttagelser af en selektiv gruppe (hvorfor opfatter miljøbevidste mennesker at de er blevet miljøbevidste?). Undersøgelserne er ikke fokuserede på eksplicit naturfaglig læring.

Der findes en del litteratur der generelt ser naturen som et godt læringsrum (fx Dahlgren, 2007; Fredens, 2008; Grahn, 2007; Nicol, 2003; Nicol & Higgins, 2008; Schilhab, Petersen, Sørensen & Gerlach, 2007; Schilhab, 2009). De nævnte forfattere opfatter ikke naturen som læremester, men ser muligheder i at kunne inddrage den konkrete sanselige omverden i læreprocesser af forskellig karakter (kataloge, analoge og dialoge vidensformer) (Dahlgren, 2007). I denne litteratur lægges der vægt på at pædagogisk arbejde i naturen har både konkrete, varierede og diskursive former som må konfronteres med den bedste og mest modsigelsesfri viden inden for området – at konkrete og sanselige vidensformer ikke må stå alene, men må konfronteres med den kultur de er en del af.

Ellebæk & Østergaard mener at børns erkendelse skal bygges systematisk op – fra konkrete tavse usproglige erkendelsesformer over konkrete handlinger styret af børnehaveklasseledernes dialoger til at børnene kommer i skole og får "rigtig" naturfagsundervisning af en kompetent naturfagsunderviser der gennem dialogisk praksis kan støtte alle børns interesse for naturfagene.

Ifølge modellen på s. 25 i artiklen er det først vigtigt at der indgår en "fag-faglig person"² (ibid., s. 25) når børnene har 1 times natur/teknik i 1.-2. klasse³.

Det er svært at sige hvad børn lærer gennem konkrete praktiske handlinger i børnehaven, men det er ret velundersøgt at børn der kommer i skole, har mange konkrete forestillinger om hvordan verden hænger sammen, der afviger fra den måde vi kulturelt opfatter naturen på (Paludan, 2000; Paludan, 2004; Sjøberg, 2005). Den tavse praktiserende pædagog der fremstilles som et godt eksempel i artiklen, kommunikerer implicit eller eksplicit natur med børnene igennem de 3 år børn er i børnehaven. I almindelige børnehaver er børn udenfor ca. 2 timer om dagen eller 5-6 timer i naturbørnehaverne. Der bliver talt om natur og fremstillet metaforer om naturen af både børn og pædagoger i den hverdagsagtige omgang mellem børn og voksne i

2 Hvad en fag-faglig person er, uddybes ikke i artiklen. Jeg opfatter det som en person med direkte indsigt i naturfagene.

3 Efterfølgende 2 timer om ugen fra 3. til 6. klasse.

børnehaven. Det er ikke let at forstå hvorfor pædagoger der arbejder med børn i naturen, skal være praktiske (ikke fag-faglige), konkrete og ikke dialogiske.

Ifølge Lakoff & Johnson (2002) spiller metaforer en vigtig rolle i sproget og dermed også i tanke og handling. L & J præciserer at vores system af begreber, der konstituerer den måde vi tænker og handler på, er metaforisk af natur. Hvis det er rigtigt, er hverdagen i fx en børnehave i høj grad præget af metaforisk formatering af vores tænkning om natur og naturfænomener, og denne formatering har stor betydning for hvordan naturfagene efterfølgende vil blive opfattet. Den natur pædagoger kommunikerer til børn, eller den måde pædagoger sprogliggør deres dagligdag på, viser bl.a. gennem metaforer hvilke værdier der er på spil.

Børnene tilegner sig de primære metaforer i vor kultur gennem den sensomotoriske udfoldelse, mens de er små, dvs. bl.a. i børnehave, SFO og i de første skoleår, og efterhånden bliver børnene i stand til at blande primære, abstrakte metaforer med rod i konkrete handlinger med begrebslige metaforer uden rod i konkrete handlinger (Hansbøl, 2005, s. 74)

En primær metafor er ifølge Hansbøl en metafor som tilegnes tidligt i barndommen, og som siden bliver styrende for den abstrakte tænkningens udvikling. Begrebet primære metaforer kan referere til det naturfagsdidaktiske begreb hverdagsviden (Paludan, 2000; Paludan, 2004) eller intuitive naive opfattelser (Gardner, 1999). Hverdagsviden er metaforisk viden som fungerer godt i dagligdagen, men som pga. fejlagtighed eller for stor simplificering kan være hæmmende for at forstå naturfagernes videnskabelige struktur.⁴ Ifølge denne synsvinkel er det netop rigtig vigtigt at pædagoger kan forstå hvorfor små børn tænker konkret og intuitivt, og at de kan forstyrre disse tanker passende og konkret gennem dialoger og aktiviteter. Der findes meget litteratur der viser at disse intuitive metaforer uforstyrret vil fungere som stærke konstruktioner ved siden af det børn lærer i indskolingen (parallel viden).

Opsamling

Artiklen af Ellebæk & Østergaard har således en række diskutabile antagelser:

- at naturen fungerer som læremester for mindre børn
- at pædagogens rolle overvejende skal være tavs og konkret handlende
- at pædagogisk arbejde i naturen ideelt set udvikles fra "Practice – don't preach" til dialogiske former
- at den dygtige fagperson er vigtigere i indskolingen end i fx børnehaven.

⁴ Eksemplificeret med hverdagsopfattelser (metaforer) om at planter suger næring til sig, solen går ned, eller strøm strømmer af sted.

Pædagogisk arbejde i naturen har i høj grad brug for dialogisk orienterede, kloge pædagoger der både kan handle, reflektere og forstyrre mindre børn passende, ligesom der er brug for indskolingslærere der kan det samme.

Desværre er naturfag i pædagoguddannelsen ligesom i læreruddannelsen blevet markant forringede med den nye pædagoguddannelse. Det nye fag værksted, natur og teknik er en underlig konstruktion der ikke er særlig søgt i pædagoguddannelsen, ligesom naturfagene i læreruddannelsen ser ud til at have store problemer. Pædagoger kommunikerer ofte natur med børn⁵ uden at de har den uddannelsesmæssige baggrund for at gøre dette i overensstemmelse med den måde natur opfattes på kulturelt. Pædagoger formidler ofte naturen ud fra samme synsvinkel som børn, ud fra konkrete, menneskecentrerede, lokale hverdagsopfattelser (Ejbye-Ernst, 2008; Ejbye-Ernst, 2009; Ejbye-Ernst, 2010).

Så – jeg vil forudse markante problemer og store overgangsproblemer inden for det naturfaglige område mellem børnehaver, børnehaveklasser og indskoling hvis der ikke bliver uddannet pædagoger og lærere der er fagligt velfunderet inden for naturfagene og de pædagogiske fag.

Referencer

- Andersen, F.Ø. (2007). *Flow og fordybelse: virkelystens og det gode livs psykologi*. København: Hans Reitzel.
- Bendix, M. & Gretoft, H. (2003). *Slip dem ud! – en vejledning om udeskole og naturklasse*. København: Skoven i Skolen.
- Bentsen, P., Mygind, E. & Randrup, T.B. (2009). Towards an understanding of udeskole: education outside the classroom in a Danish context. *Education 3-13*, 37(1), s. 29-44.
- Chawla, L. (1998). Significant life experiences revisited: A review of research on sources of environmental sensitivity. *The Journal of Environmental Education*, 29(2), s. 11-21.
- Chawla, L. (2006). Learning to love the Natural World enough to protect it. *Barn*, 2, s. 57-78.
- Dahlgren, L.O.(2007). Om boklig bildning och sinnlig erfarenhet. I: L.O. Dahlgren, S. Sjölander, J.P. Strid & A. Szczepanski, *Utomhuspedagogik som kunskapskälla*. Lund: Studentlitteratur.
- Ejbye-Ernst, N. (2008). *Er der pædagogik i andre af uddannelsens fagområder*. I: K. Tuft & C. Aabo, *Faget pædagogik*. Værløse: Billesø & Baltzer.
- Ejbye-Ernst, N. (2009). Formidling af natur i det pædagogiske arbejde. I: N. Mors & S.I. Mørch, *Pædagog i en mangfoldig verden*. Århus: Academica.
- Ejbye-Ernst, N. (2010/in press). *Hvad lærer børn fra naturbørnehaver om natur?* Bog fra CAND-projekter trykkes i foråret 2010.

5 Fx kalder 10 % af alle børnehaver sig for naturbørnehaver.

- Ellebæk, J.J. & Østergaard, L.D. (2009). "Best Practice" – visdommen i dansk naturfagsformidling. *MONA*, 2009(4), s. 7-31.
- Fredens, K. (2008). *Mennesket i hjernen: en grundbog i neuropædagogik*. København: Academica.
- Gardner, H. (1999). *Sådan tænker børn – sådan lærer de*. København: Gyldendal Uddannelse.
- Grahn, P., Mårtensen, F., Lindblad, B., Nielsson, P. & Ekman, A. (1997). Ute på dagis. *Movium Stad & Land*, 145.
- Grahn, P. (2007). Barnet och naturen. I: L.O. Dahlgren, S. Sjölander, J.P. Strid, A. Szczepanski (red.), *Utomhuspedagogik som kunskapskälla*. Linköping: Studentlitteratur.
- Hansbøl, G. (2005). *I metaforernes lys*. Forlaget Metafor.
- Lakoff, G. & Johnson, M. (2002). *Hverdagens metaforer*. København: Gyldendal.
- Lave, J. & Wenger, E. (1991). *Situated learning – Legitimate peripheral participation*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Mygind, E. (red.). (2005). *Udeundervisning i folkeskolen*. København: Institut for Idræt, Museum Tusulanum.
- Nicol, R. (2003). Outdoor Education: Research Topic or Universal Value? Part Three. *Journal of Adventure Education and Outdoor Learning*, 3(1), s. 11-28.
- Nicol, R. & Higgins, P. (2008). Outdoor Education: In the Environment or Part of the Environment? I: P. Becker & J. Schirp, *Other ways of learning*. Marburg: BJS, Marburg.
- Nielsen, K. & Kvale, S. (2000). Mesterlære som social. I: K. Nielsen & S. Kvale (red.), *Mesterlære*. København: Hans Reitzels Forlag.
- Paludan, K. (2000). *Videnskaben, verden og vi. Om naturvidenskab og hverdagstænkning*. Århus: Aarhus Universitetsforlag.
- Paludan, K. (2004). *Skole, natur og fantasi*. Århus: Aarhus Universitetsforlag.
- Schilhab, T.S.S., Petersen, A.M.K., Sørensen, L.B. & Gerlach, C. (2007). *Skolen i skoven*. København: Danmarks Pædagogiske Universitetsforlag.
- Schilhab, T.S.S. (2009). Det jeg sanser husker jeg. *Asterisk*, 45, s. 20-23.
- Shulman, L. (2004). *The Wisdom of Practice*. The Carnegie Foundation for the Advancement of Teaching. London: Wiley, John & Sons, Incorporated.
- Sjøberg, S. (2005). *Naturfag som almindelse*. Århus: Klim Didaktiske bidrag.
- Tanner, T. (red.). (1998). Special issue on significant life experiences research. *Environmental Education Research* 4(4), s. 399-417.
- Wells, N.M. & Lekies, K.S. (2006). Nature and life course. *Children, Youth and Environments* 16(1), s. 2-24.
- Østergaard, L. (2005). *Hvad har børns leg og deres brug af naturvidenskabelige metoder med hinanden at gøre?* Ph.d.-afhandling. København: Danmarks Pædagogiske Universitet.
- Østergaard, L. (2008). Naturfag for de yngste – et aktionsforskningsprojekt i Nordjylland. *MONA*, 2008(2), s. 7-27.

Lærerstudenters bruk av video



Alex Strømme, Program for lærerutdanning, Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet.

Kommentar til artikkelen "Praktikvideo i lærerutdannelsens naturfags- og matematikundervisning", MONA, 2009(4)

I sin artikkel beskriver Lund. m. fl. hvordan lærerstudenter kan bruke video til å analysere sin egen praksis. De fokuserer særlig på hvor viktig det er at studentene selv ser gjennom videoopptak fra undervisningen og redigerer disse videoene ("lager video av video") med klipp de selv synes er viktige å reflektere og diskutere over.

Jeg mener denne artikkelen er viktig bidrag til den "verktøykassen" lærerutdanningene har for å gi studenter mulighet til å reflektere over egen praksis. Den er godt teoretisk fundert, og gir en god beskrivelse av hvordan studentene har arbeidet med video.

Både problemstillingen og funnene er i samsvar med en del egne erfaringer. Når det gjelder det tekniske knyttet til opptak i klasserommet, med etterfølgende redigering, vil jeg påpeke to av disse erfaringene:

- Videoopptakene trenger ikke være av førsteklases opptaks kvalitet, men lyden må være god. Derfor er det viktig at studentene, eventuelt også elevene, har en god mikrofon, gjerne trådløs.
- Både filmingen og redigeringen kan gjøres uten spesiell mediekompetanse, og man kan godt nøye seg med gratisprogrammer som Windows MovieMaker.

Den tekniske terskelen for at andre kan gjøre tilsvarende i egen praksis er altså, slik jeg ser det, meget lav.

Jeg er med i noen pågående prosjekter som er relatert til den aktuelle artikkelen i MONA, og vil nedenfor kommentere noen felles punkter. Det ene prosjektet er et

norsk prosjekt som kalles “*Praksis som integrerende element i lærerutdanningen (PIL)*”; det andre er et EU-prosjekt som heter “*Science-Teacher Education, Advanced Methods (S-TEAM)*”. I PIL-prosjektet er studentene knyttet til en praksis-skole hver uke gjennom hele studiet (et år). Vi vil prøve å ha så tett kopling mellom teori og praksis som mulig. S-TEAM har følgende målsetninger¹:

- *To improve motivation, learning and pupil attitudes in European science education, resulting in increased scientific literacy and recruitment to science-based careers, by:*
- *Enabling large numbers of teachers to adopt inquiry-based and other proven methods for more effective science teaching by:*
- *Supporting teachers by providing training in, and access to, innovative methods and research-based knowledge.*

PIL og S-TEAM går i hverandre. PIL-studentene er også med som aktører i S-TEAM. Vi bruker videoopptak i klasserommet og redigerte videoer som verktøy for refleksjon over studentenes praksis.

I artikkelen til Lund m. flere blir det argumentert, og teoretisk begrunnet, for å øke studentenes kompetanse til reflekterende observasjon. Forfatterne oppsummerer dette slik på s. 57:

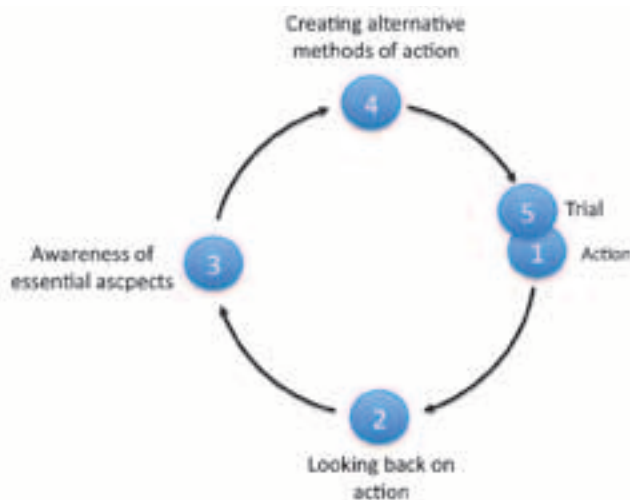
At kunne analysere klasserumsinteraksjoner og identifisere ofte diffuse tegn på utvikling av elevenes forståelse av matematik- og naturfaglig innhold og hvordan lærerhandlinger påvirker utvikling av denne forståelse (frit etter Stockero, 2008).

1. *Tre nøglekompetencer i forbindelse med reflekterende observasjon, altså i forbindelse med “at se” hvad der sker i en klasserumsinteraksjon (frit efter van Es & Sherin, 2002):*
2. *At kunne identifisere hvad der er vigtigt i en given situation*
3. *At kunne se de den specifikke interaksjon som eksempel på nogle bredere principper i relation til elevenes (matematik- og naturfaglige) læring.*

Vi synes også det er et viktig poeng å øke studentenes kompetanse til reflekterende observasjon, og støtter oss til en modell etter Korthagen (2001)². Modellen kalles *ALACT* (Action-Looking back-Awareness of essential aspects-Creating alternative methods of action –Trial), og er en idealisert spiralprosess for refleksjon.

1 Se: <https://www.ntnu.no/wiki/display/steam/>

2 Korthagen, F, 2001. *Linking Practice and Theory*. Lawrence Erlbaum Associates. London



Vi mener denne modellen er nyttig i utvikling av refleksiv tenkning. Vi tar utgangspunkt i at studentene er faglige autoriteter, men trenger utvikling for å kunne utnytte sammenhengen mellom sin egen rolle og elevenes læring.

Mewborn (1999)³ undersøkte hvilke elementer av undervisningen lærerstudenter i matematikk fant problematiske og viste en sammenheng mellom lærerstudentenes oppfatning av seg selv som faglige autoriteter og den refleksive kvaliteten på tenkingen deres. Begrepet “refleksiv praksis” har vært definert i form av de evnene og ferdighetene som trengs for å innta et kritisk standpunkt eller for å være orientert mot problemløsning. Prosessen med å analysere og evaluere personlige erfaringer, og forsøket på å generalisere på grunnlag av denne tenkingen, har blitt brukt som beskrivelse på refleksjon i undervisningssammenheng.

Innen lærerutdanningen er begrepet refleksiv praksis vanligvis brukt for å beskrive en tilnæringsmåte som forventes å føre til autonom læring, som igjen antas å legge til rette for utvikling av lærerstudentenes forståelse og evner til kritisk tenkning.

I våre prosjekter benytter vi oss av analyse av videoopptak i fase 3 i ALACT-modellen. Her brukes videoen sammen med “fagfellesamtalen” som middel til å utvikle en refleksiv praksis. Begrepet “fagfellesamtale” (peer-peer dialogue) beskriver den profesjonelle samtalen som en ser mellom kolleger, og som kan brukes for å analysere og forbedre klasseromspraksis. Begrepet er basert på anerkjennelsen av at i en lærings situasjon kan hver deltaker være både lærer og elev, at læring er fundert i en sosial praksis, og at læring innebærer toveis kommunikasjon.

3 Mewborn, D. S., 1999. Reflective Thinking Among Preservice Elementary Mathematics Teachers. *Journal for Research in Mathematics Education*. Vol. 30, No3, 316-341.

Videre i prosjektene våre (PIL og S-TEAM) vil vi ha glede artikkelen til Lund m. fl., og finner særlig støtte for argumentet om at det er viktig at studentene selv er med på å velge ut episoder (redigere) som de mener det er viktig å reflektere over.

En skriftlig artikkel har generelt problemer med å formidle samtaler, hendelser og reaksjoner. Transkribering og analyseverktøy er selvsagt viktige for å gi objektive og systematiske analyser av slike situasjoner, men skrevne artikler av aksjonsforskning kan mange ganger ha problemer med å formidle mange viktige aspekter med hva som foregår i interaksjon mellom mennesker. Dette gjelder også i artikkelen til Lund m. fl.

I S-TEAM har vi som mål å vise/instruere lærerutdannere og lærerstudenter hvordan man kan bruke video i undervisningen. Vi vil derfor produsere både skriftlig materiell og videoer. Vi har laget en video som er relevant både for artikkelen i MONA og våre prosjekter. Den er blant annet publisert på U-Tube⁴, og kan kanskje tjene som et eksempel på hvordan man kan bruke "video av video" i læreutdanningen. Det er å håpe at artikkelen til Lund m. fl., denne kommentaren og videoen kan sees i sammenheng. De kan kanskje bidra til at video og forskning knyttet til bruk av slike videoer også i framtiden vil være nyttige verktøy både for lærerutdannere, lærerstudenter og lærere.

4 <http://www.youtube.com/watch?v=m2muMWJm6gw>

Adaptive test

– en pædagogisk udfordring og et didaktisk guldgrube



Mette Rose Eriksen,
projektleder og lektor,
UCC



Lars Peter Bech Kjeldsen,
projektleder, lektor og ph.d.,
VIA UC

Kommentar til den aktuelle analyse "Nationale test – et eksperiment til mere end 50 millioner" i MONA, 2009(4)

I perioden 2007-2009 har Lars Peter Bech Kjeldsen og Mette Rose Eriksen fungeret som projektledere i projektet "Fremme af evalueringskultur i folkeskolen" der ud over at producere de nationale test i matematik, geografi, biologi, fysik/kemi og dansk/læsning samt de frivillige test i dansk som andetsprog også har produceret en generel vejledning om evaluering til folkeskolen, evalueringsværktøjer og fagspecifikke evalueringsmaterialer til folkeskolens 23 fag og områder. Arbejdet har fundet sted i et konsortium med COWI som kontraktholder, og i alt har der arbejdet ca. 250 folkeskolelærere, konsulenter, seminarielærere, forskere og andre specialister i de to UC'ers regi.

Mette, jeg kunne godt tænke mig at vide hvad du mener om de adaptive test til folkeskolen? Ikke om den generelle debat eller om debattørernes synspunkter på hvorvidt de adaptive test er til gavn eller det modsatte for skolen. Jeg tænker på om du kan skitsere nogle synspunkter på de udfordringer skolen står over for når de skal implementere testene i den pædagogiske og organisatoriske virkelighed? For mig at se afhænger værdien af de adaptive test i praksis nemlig grundlæggende af hvordan de bliver modtaget og anvendt af eleverne, lærerne, skolen som helhed og forældrene.

At anvende test i folkeskolen er langt fra noget nyt. Test handler om at afsøge grænser for den eller det der testes. Dette gør sig også gældende for de nationale test. En af de pædagogiske udfordringer der ligger i de nationale test, er at såvel elever som lærere får en forståelse for at testen vil afsøge elevens grænse for hvor meget den enkelte elev kan præstere. Testene er desuden adaptive, dvs. at eleven i testen hele tiden mø-

der spørgsmål der ligger på grænsen af elevens kunnen, og at eleven derfor gennem testen vil opleve at nogenlunde hver anden opgave er til at løse, men også at hver anden opgave vil være for svær at løse. Testene er konstrueret til at eleverne ikke må kunne nå alle opgaver, og at de skal møde ca. 50 % opgaver de ikke kan løse – såvel de dygtigste elever som de svageste. Det er på denne måde man i disse adaptive test finder elevens dygtighedsgrænse. I denne testform oplever måske især de dygtige elever det nye i at de ikke kan nå alle opgaver og endvidere vil have svært ved at svare på opgaverne. De svage elever oplever til gengæld det nye i at de i testen er i stand til at løse hver anden opgave – noget som hverken disse elever eller lærerne måske ellers er vant til. Det er derfor en stor pædagogisk udfordring at skabe forståelse hos såvel elever som lærere for at de adaptive nationale test bygger på denne konstruktion.

Men hvad tænker du, Lars, omkring hele den præmis at testene er it-baserede? Kan det skabe nye måder at tænke undervisning på? En anden form for motivation hos eleverne og derved en forandring af elevernes tilgang?

Sagen er at danske lærere er blandt de mest it-kompetente i Europa, men samtidig er det også en kendsgerning at it ikke anvendes i fagene og i det pædagogiske arbejde som helhed i en udstrækning som er hensigtsmæssig for at tilføre fagene det løft der er muligt ved implementering af it. Den danske skole er altså it-parat. I Fælles Mål for it- og mediekompetencer for folkeskolen arbejdes der med fire temaer: informations-søgning og -indsamling, produktion og formidling, analyse og kommunikation samt vidensdeling og samarbejde. De adaptive test er således et tidssvarende pædagogisk redskab i denne kontekst samtidig med at forskning peger på at it i skolens daglige virke er motiverende og engagerende for eleverne. I et moderniseringsperspektiv er testene således på "hjemmebane".

Mette, hvordan ser du på udfordringen omkring at lærerne virkelig får en forståelse af testenes idé og konstruktion?

Testenes resultater giver en tilbagemelding til læreren om klassen som helhed og om den enkelte elev. Men disse resultater kan også trækkes ud i forhold til særlige grupperinger inden for klassen eller sammenlignes over tid. Der er således et spændende perspektiv for læreren forbundet med at få nærmere indsigt i hvordan testenes resultater kan give en pejling på udvikling af såvel klassen som grupper af udvalgte elever og den enkelte elev i forhold til den undervisning der er udført som opfølgning på testene.

Lars, du har vel også gjort dig tanker om dette?

Jeg har tidligere peget på (Kjeldsen, Riemann & Sabroe, 2005) at en af de "løftestænger" evalueringspraksis giver skolen i forhold til den pædagogiske praksis, netop er det referentielle perspektiv på lærerens vurderinger af egne og elevernes opgaveløsning og præstationer i skolen. Udnyttelse af potentialerne ved at kunne trække på forskellige testresultater vil ske i den løbende anvendelse af testene og givet rumme muligheder der endnu ikke er tænkt ind i den nuværende vejledning i hvordan man kan bruge testresultaterne i den pædagogiske virksomhed (www.evaluering.uvm.dk). At etablere udviklingsarbejde og efteruddannelse i forhold til dette er meget vigtigt hvis de pædagogiske muligheder der ligger i testene, skal udnyttes for alvor.

Mette, hvordan ser du på den pædagogiske udfordring der ligger i at skabe en forståelse af hvad det er testene kan, og hvad de ikke kan? Dvs. at testene kun dækker den del af faget som kan testes gennem et it-baseret medie. Dette medfører at der også skal arbejdes med andre evalueringsformer der kan fange centrale kundskabs- og færdighedsområder.

Forskning viser at formativ evaluering muligvis er en af de vigtigste metoder til at fremme elevernes præstationer (Stæhr, 2009). Går man ned i de enkelte fags test, så er der gennem udviklingen af testene opnået en helt særlig faglig viden som er forankret i det at konstruere en test. Her er der rigtig mange forhold og faglige overvejelser der skal tages højde for for at testen kan fungere og teste det man ønsker at teste. At lærerne der skal anvende testen, får en faglig indsigt i denne viden, må give en større faglig forståelse af hvad testen tester og ikke tester, samt indsigt i fagets særlige områder der er udvalgt som testområder. Derfor er det vigtigt at lærerne får mulighed for systematisk at overveje hvordan testresultaterne kan anvendes som et løbende evalueringsværktøj og derved indgå i en formativ evaluering der kan danne grundlag for undervisningens videre planlægning sammen med andre evalueringsværktøjer der kan fange resten af fagets indhold.

Men Lars, vi forestiller os vel ikke at de adaptive test løfter niveaueet i folkeskolen alene ved deres tilstedeværelse?

Nej, og derfor er det vigtigt med det undersøgende perspektiv på testene så lærerne i skolen, som vi ved kerer sig så meget om deres professionspraksis, vil forstå at udnytte testene optimalt. Vi som har medvirket til at udvikle de adaptive test, er samtidig bevidste om den udfordring vi stiller eleverne, lærerne, lederne, forældrene og politikerne over for, og er parate til at følge op på den pædagogiske og didaktiske udfordring med efteruddannelsesprogrammer og forskning i de adaptive tests virkning i skolen. Endelig tvivler vi ikke på at når vi får de første forskningsresultater fra anvendelsen af de adaptive test i det danske skolesystem, så vil vi se at der hvor

lærerne har formået at anvende resultaterne fra testene i det pædagogiske arbejde, vil det have en kvalificerende effekt på læreprocesserne i skolen.

Referencer

Stæhr, L.S. (2009). De nationale test i et pædagogisk perspektiv. I: Bendixen, C. og Kreiner, S. (red.), *Test i folkeskolen*. København: Hans Reitzels Forlag.

Kjeldsen, L.P.B., Riemann, S. & Sabroe, P. (2005). *Teamets arbejde med ... Evaluering og kvalitetsudvikling af undervisningen*. Vejle: Kroghs Forlag.

Undervisningsministeriets hjemmeside om evaluering, www.evaluering.uvm.dk.

Litteratur

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.

En historisk kritik af skolematematikken



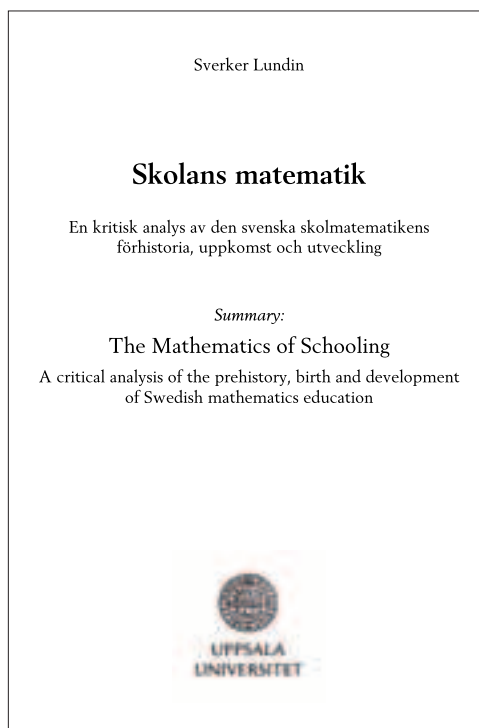
Hans Christian Hansen,
Professionshøjskolen UCC

Anmeldelse

Sverker Lundin: *Skolans matematik. En kritisk analys av den svenska skolmatematikens förhistoria, uppkomst och utveckling*. Uppsala: Acta Universitatis Upsaliensis, 2008. 398 sider. Kan downloades på: www.skeptron.uu.se/broadly/sec/p-lundin-sverker-081107-diss.pdf.

Som lønmodtager i samfundsinstitutionen "matematikundervisning" er man muligvis inhabil til at anmelde en afhandling der forholder sig ret så kritisk til samme institution. Men der er mig bekendt ikke lavet fundamentale kritikker af matematikundervisningen i Skandinavien før Sverker Lundin forsvarede sin afhandling i december 2008, så den bør omtales. Jo, der har været specifikke kritikker, og Ole Skovsmose har længe advokeret for en kritisk matematikundervisning. Det siger noget centralt om Lundins kritik at han regner Skovsmose for en af skolematematikens trofaste tilhængere (s. 56)¹.

¹ Alle tal i parentes angiver i det følgende sidetallet i pdf-filen med Lundins afhandling, lokaliseret den 10.



Det sublime

Skolematematikken som samfundsmæssig institution opfatter sig selv som essentiel for individets og samfundets

januar 2010 på: www.skeptron.uu.se/broadly/sec/p-lundin-sverker-081107-diss.pdf

helse og udvikling, mener Lundin. Han forklarer det med lån fra Dowlings *The Sociology of Mathematics Education* ud fra to fundamentale myter: myten om reference og myten om delagtighed. Myten om reference går ud på at skolematematikken repræsenterer en slags ideal viden om virkeligheden (51), og myten om delagtighed påstår at en praktisk bemestring af matematikken er nødvendig for at bemestre virkeligheden. Skolematematikken får således en helt universal karakter, der suppleres med en række højere mål, nemlig demokratisk deltagelse og udvikling af selvstændighed (24).

Nu vil – ifølge Lundin – selv de ansatte i institutionen skolematematikken indrømme at det ofte kniber med at nå de høje mål, men “Skolmatematiken har en förmåga att vända all kritik till sin egen fördel. Hur går detta till?” (54). Det gør skolematematikken ved at tale i matematikkens navn, hvor matematik forstås som den skinnende ydre side af skolematematikken – den side der åbenlyst er nødvendig for videnskabens og samfundets velbefindende og udvikling. Denne ydre side er præget af det sublime objekt “Matematikken” – med stort. Denne retfærdiggørelse ville være på sin plads hvis Matematikken var kilde og inspiration til skolematematikken, men skolematematikken har ret selvstændigt skabt sig selv (60) og ville uden sin reference til Matematikken være et “blindt, gigantisk, meningsløst apparat” (61).

Hovedparten af Lundins afhandling (107-342) er en gennemgang af den svenske matematikundervisnings historie.

Han påviser, som vi også har kunnet påvise i den tilsvarende danske historie, at matematiklærerne ofte har syntes at det ikke gik med undervisningen som det burde. Det er dog aldrig matematikken der er noget i vejen med, for den er hævet over kritik. Og det kan godt være at matematikken ikke lykkes i skolen, men den har et åbenlyst potentiale som åbenbart ikke kommer eleverne til gode. Der må derfor være nogle hindringer for at potentialet kan aktualiseres (68). Denne retoriske figur hævder Lundin har præget matematikundervisningen i 150 år og har gjort at matematik til stadighed har været et stort fag i skolen ret uafhængigt af elevernes udbytte.

Jeg synes at han har god historisk dokumentation for at denne retorik har været benyttet, og jeg har i min bølgemodel for matematikundervisningens udvikling i Danmark de sidste 200 år selv været inde i noget af det samme periodiske opgør med “den traditionelle undervisning” for at gøre alt bedre (Hansen, 2009). Til gengæld savner jeg noget dokumentation for det næste skridt i Lundins kritik. Jeg kan godt se at den sublime Matematik støttet af den retoriske forsvarsfigur har bidraget til at retfærdiggøre matematik som et sorteringsinstrument i skolen.

Men, fortsætter Lundin, skolematematikken opretholder et selvbillede af de svages hjælper – “samtidigt som den kontinuerligt och med obönhörlig konsekvens bidrar till att hindra dem från att ta sig fram i samhället” (70). Her forekommer den historiske dokumentation desværre at være svagere.

Lundins metode

Lundins afhandling er videnskabeligt i orden, bl.a. fordi han sørger for at tage de forbehold der skal til, startende med: "Frågan är om den ovanstående beskrivningen av skolan och matematiken är trovärdig. Risken finns att det ser ut som om jag tagit en på förhand given ideologikritisk formel och med hänvisning till ett rätt magert material klistrat den på skolmatematiken" (81).

Han bygger en kritisk teori op med hjælp fra de "nye" sociologer i Frankrig som Foucault og Bourdieu og den tjekiske filosof Slavoj Žižek. Ikke mindst Foucaults og Žižeks kritik af den psykoanalytiske ortodoksi har inspireret ham: "Skolmatematiken utgör ett ständigt föremål för kritik – och det på ett liknande sätt som fångelser och psykiatri!" (34).

Med denne teori prøver han så at fortolke skolematematikkens historie og aktuelle tilstand for at se hvor langt teorien kan holde. Han anvender historien fra 1500 til 1900, idet han meget ærligt vedgår at være selektiv i sin brug af det historiske kildemateriale – "så att säga mot dess egen vilja – för att ge stöd åt mina egna idéer" (96).

Så der er ikke tale om at han på nogen måde kan nå et entydigt resultat eller bevis med det historiske arbejde. Men han kan se om de historiske kilder kan føje sig ind under hans kritiske optik. Og selvom jeg ikke har gået hans kilder efter, så må jeg konkludere at det er påfaldende så meget det fremdragne historiske materiale kan bringes ind under optikken. Og det er ikke få lærebøger og

historiske værker han har fat i, så hans arbejde må siges at være et selvstændigt bidrag til den svenske skolematematikkens historie.

Historien 1500-1900

De store helte i Lundins udgave af matematikundervisningens historie er de gamle regnebogsforfattere fra 1500 og fremefter. De forstod at præsentere det praktiske livs folk for netop den viden der var brug for, som fx hos den seneste af dem, Roloff Andersson, der skrev sin *Arithmetica Tironica* i 1779 – en titel på en regnebog og et indhold vi genfinder lidt tidligere på dansk grund hos vores store regnebogsforfatter Christian Cræmer.

Så kom den renere matematik ind med Euklid-oversættelserne i 1700-tallet. Derefter blev formålet med matematiske studier et helt andet idet de nu sås som fremmede for logisk tankegang. Og den sandhed man kunne nå gennem matematikken, kunne bruges til at fjerne formørkelse og derfor øge evnen til at skelne ret fra uret (154). I 1700-tallet stod matematikken og regnekunsten derfor side om side i Sverige – det hellige og det profane, som Lundin udtrykker det. Fremkomsten af matematik i skolen i 1700- og især 1800-tallet beskrives i dette spændingsfelt.

I regnekunsten hedder noget af det nyttigste forholdsregning eller med den tids udtryk *Regula de Tri*. Men forestillingen om regnebogen som en nyttig manual kom under angreb fra matematikkens tilhængere. Lundin påviser hvor-

ledes Celsius i sin *Arithmetica* fra 1727 benytter kapitlet om Regula de Tri ikke til at give regler for anvendelser, men til at illustrere underliggende matematiske principper. Tyve år senere skriver Fredric Palmqvist *Inledning til algebra*, og her er udviklingen i retning af matematik, som titlen antyder, gået endnu videre mens koblingen til virkeligheden er blevet svagere idet opgaverne fremtræder som rene konstruktioner der skal hidkalde de matematiske løsninger (168).

Denne matematikkens prioritet over den nyttige regning og den stigende tro på formaldannelse udgør nu ifølge Lundin det sørgelige fundament for skolematematikens opkomst i 1800-tallet. Det er især praktikkerne omkring den matematiske begrebsdannelse som Lundin er meget kritisk over for – og i det hele taget lovprisningen af “begrebsdannelse”. Her er hans historiske behandling af den indbyrdes undervisning og af dannelsesundervisning i Pestalozzis ånd interessant fordi han påpeger at den indbyrdes undervisning ikke i så høj grad lagde vægten på de mekaniske færdigheder som den ofte får ry for (261), og at Pestalozzis lovprisning af anskuelse og forståelse havde stærke elementer af terperi og i al fald gentagelse i sig (268). Med Pestalozzi og den senere reformpædagogik blev det direkte nyttige i matematik og regning en biting:

“Merparten av det som tidigare förknippats med matematiken ställs där på huvudet: det diskursivt förmedlade budskapet, språket, teorin, siffrorna, reglerna, symbolerna, minnet, abstrak-

tionen, det kontextoberoende och explicita – allt detta som värderades så högt under 1600- och 1700-talet betraktas nu med största misstänksamhet och får närmaste ett negativt värde. Vägen mot bildning förläggs istället till kroppen och sinnena, praktisk verksamhet, konkretion, intuition, muntligt tal och direkt närvaro. Man tvekar inte att undanhålla information för eleverna, i syfte att hjälpa dem mot bildningstänkandets högre mål” (270).

For Lundin er dette skolematematikens store syndefald – at man i misforstået velvilje gjorde matematikken konkret og tilbageholdt information for derved at beskytte børnene mod symbolerne og det abstrakte og fremme deres begrebsudvikling og dannelse. Han tolker det som en undertrykkelse: “Det är då tankeväckande att just konkretion vid den tid jag fokuserar kunde betraktas som ett medel att förhindra att skolbarnen, i det här fallet från samhällets lägre skikt, fick smak för studier och abstraktion och istället fortfor att vara “olärda”, sin skolgång till trots” (17).

Dette som så meget andet i Lundins afhandling får mig til at ville svare igen og udfordre teksten. Jeg vil gerne medgive at “konkret matematik” til tider har været drevet for vidt, men den konkrete matematik kom jo ikke for sjov, men fordi der var store problemer med at få formidlet den alt for abstrakte matematik. Hertil vil Lundin sikkert sige at der benyttede jeg netop den retoriske figur han hævder skolematematikken altid har brugt de sidste 150 år.

Konklusion

Det er en af kvaliteterne ved afhandlingen at den virkelig får den moderne lønmodtager i institutionen "skolematematik" op i forsvarsposition indimellem. Noget af argumentationen bringer mindelser om Math Wars i USA, men jeg synes at anfægtelsen holder sig længere efter læsning af Lundins afhandling. Derfor er den væsentlig. Der er ikke mange forfattere og forskere der kommer med radikal kritik af skolematematikken, og en så etableret institution har brug for kritik nu og da. Så download den.

Referencer

Hansen, H.C. (2009). From descriptive history to interpretation and explanation. I: Bjarnadóttir, K., Furinghetti, F. & Schubring, G. (red.), *Dig where you stand. Proceedings of a conference on on-going research in the history of mathematics education*. Reykjavík: University of Iceland – School of Education.

At gribe og begribe sin omverden



Trine Hyllested, ph.d., projektleder,
MUSKO – Museumsundervisning SYD
Center for Museumsundervisning i
Region Syddanmark

Anmeldelse

Falling for Science: Objects in Mind

Redigeret af og med introduktion af
Sherry Turkle
MIT Press, 2008

Professor Sherry Turkle fra MIT har gennem 25 år bedt sine naturfaglige studerende i begyndelsen af deres studium skrive et essay. Det skulle beskrive deres tidlige erindringer af øjeblikke med naturfaglig fascination. De studerende fik en særlig opgave: "Mødte du en genstand i din barndom eller ungdom der har haft indflydelse på din vej ind i naturvidenskaben?"

I bogen har Sherry Turkle udvalgt eksemplariske beretninger på baggrund af ca. 250 studenteressays. Hun har kontak- tet 8 erfarne universitetsfolk der længe har arbejdet med naturvidenskab, og også fået dem til at skrive hvilke gen- stande fra barndommen der var med til at gøre dem til naturvidenskabsfolk.



Bogen består i alt af 59 korte essays.
De er struktureret i følgende områder:

- Hvad vi ser
- Hvad vi føler
- Hvad vi laver modeller af
- Hvad vi leger
- Hvad vi bygger
- Hvad vi sorterer
- Hvad vi programmerer.

Resultatet er fascinerende. For lærere og lærerstuderende der vil lære mere om hvordan børn bliver optaget af naturfag, er bogen en guldgrube.

Fortællingerne viser tydeligt hvordan mange af de studerendes oplevelser har været knyttet til en stoflig erkendelse af deres omverden. Hvis jeg prøver at ud-drage essensen af bogens autentiske historier, så er det af stor betydning at konfrontere børn med konkrete genstande mens de udvikler sig og lærer. De nyeste essays i bogen rummer også nogle studerendes leg med digital fremstilling og digital manipulering af deres omverden og dermed hvilken betydning computeren har haft for deres læring.

Spørgsmålet om hvilke genstande der har haft betydning for de studerendes vej ind i naturvidenskaben, rører helt tydeligt ved noget dybt i hver enkelt forfatter. Det at erindringen knyttes til en genstand, gør fortællingerne levende og vedkommende. Denne måde at opleve en udvalgt genstand på genkalder de tidligere erfaringer og den dybe samhørighed. Jeg kom til at huske tydeligt hvordan vi legede i min barndom.

Forfatterne har som børn undersøgt og undret sig over deres omverden. De har afprøvet, ændret og forsøgt igen. Selvom de ikke bliver betragtet som sådan, er det en slags små naturvidenskabelige forsøg med hypoteser, eksperimenter, resultater, diskussion og konklusion.

Fortællingerne handler om hvordan man bygger sandslotte og regulerer vandløb i mudder, leger med papkasser, arbejder med forstørrelsesglas og bager,

idet man eksperimenterer med materialer, bagetid og temperatur, eller laver små elektriske kredsløb og skiller ting ad. Det handler om at flette manken på sin "My Little Pony", kigge på bistader, tælle sin vejtrækning og puls, sortere kort, bygge med klodser og tælle trappetrin. Børnene leger og eksperimenterer alene, og de leger og eksperimenterer i fællesskab. Der er mange veje til erkendelse.

Der er 7 essays, der alene handler om LEGO-klodser. Klodserne er desuden omtalt i mange af de andre essays, og jeg kontaktede da også firmaet LEGO og bad dem oversætte bogen.

Mange af forsøgene i bogen er ikke stramt styret og struktureret af lærere men er rammesat af lærere eller forældre der har stillet materialer, redskaber, viden og forbilleder til rådighed. Så har de ladet børnene selv om at vælge hvordan de vil gøre inden for rammerne. Der er fx en historie om en lærer, frøken Kirk, der bagerst i klassen har et bord med materialer, pærer, ledninger, gamle vækkeure, klodser, søm, skruer og meget andet. Hun har også en kasse med bøger med små forsøg i. Alle disse almindelige ting blev stillet til rådighed for eleverne så de med dem kunne rejse ind i nye og ukendte verdner. Tingene blev brugt til elevernes selvvalgte projekter, som de arbejdede med hver dag sidst på dagen.

Leg og arbejde med enkle genstande hjælper til at børnene strukturerer selvvalgte aktiviteter med enkle, gennemskuelige fænomener som de har magten til at manipulere med. Deres følelsesmæssige engagement inspirerer og sty-

rer deres intellektuelle konstruktion af viden. Det handler om valg, kontrol og identitet.

Fortællingerne viser at der er ikke kun én måde at gøre tingene på – ikke kun få måder at lære på. Som Sherry Turkle udtrykker sig: “A one-kind-fits-all curriculum is likely to take children away from the objects” (s. 273). Og nej, genstande er selvfølgelig ikke den eneste vej ind i naturvidenskab, men det er en af de kraftfulde metoder!

Seminarier, skoler og daginstitutioner vil oplagt kunne bruge denne bog. Eksemplerne ville være fine til analyse af formål, indhold og metode, betydningen af forforståelse, læreropgaver og forælderroller.

Jeg så denne bog anmeldt i Weekendavisen i efteråret 2008 og skaffede den via Statsbiblioteket. Jeg blev så begejstret at jeg selv bad om at få lov til at anmelde den til MONA så flere kunne blive inspireret til lignende projekter. Det håber jeg er sket!

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 MONA's læsere.

NTS-CENTERET

– *Nationalt center for undervisning i natur, teknik og sundhed*



NTS-centeret blev i 2009 nedsat af Undervisningsministeriet med det formål at styrke interessen for, rekrutteringen til og kvaliteten af undervisningen i natur, teknik og sundhed i det danske uddannelsessystem.

Centret, som har nationalt hovedsæde i Sønderborg, har været under opbygning i løbet af efteråret 2009. Med ansættelsen af Lene Beck Mikkelsen som direktør i november 2009 er bestyrelse og direktion nu fuldtallige, og centret så småt ved at komme i gang med sine aktiviteter.

Centret kickstarter sine aktiviteter med en netværkskonference om undervisning i natur, teknik og sundhed den 11.-12. marts 2010. Læs mere på www.nts-centeret.dk.

Arrangementer og foredrag

INDsigt – en ny seminarrække om naturfagsdidaktik



INDsigt er navnet på en ny seminarrække i naturfagsdidaktik med Institut for Naturfagernes Didaktik på Københavns Universitet som værter (de erstatter de tidligere NAFADISE-arrangementer).

INDsigt er to-timers-seminarer hvor deltagerne hører om og diskuterer indsigter fra forskning og udvikling i undervisning og læring i naturfagene. Det er gratis at deltage.

Hvert halvår holdes der 4 seminarer med fokus på naturfag og læring henholdsvis i folkeskolen, i gymnasiet, på universitetet og på museer. Medmindre andet er angivet, foregår alle seminarer kl. 14.15 hos IND i Universitetsparken 15, 2100 København Ø, indgang via Zoologisk Museum.

Hold øje med tid og sted for kommende arrangementer, og læs mere om **INDsigt** på www.ind.ku.dk/indsigt.

I første halvår af 2010 ser programmet således ud:

9. marts 2010 kl. 14.15

Hvor langt er PISA fra Danmark? INDSigt ved Jens Dolin, Institut for Naturfagenes Didaktik, KU, som fortæller om en undersøgelse hvor PISA-testene er blevet kigget efter i sømmene.

23. marts 2010 kl. 14.15

Fysik og almendannelsen i gymnasiet – hvordan hænger det sammen? INDSigt ved Bjarke Skipper Petersen, Institut for Naturfagenes Didaktik, KU, og Ørestad Gymnasium.

20. april 2010 kl. 14.15

Hvordan kan vi bruge mobiltelefoner til at skabe engagement hos gymnasieelever på besøg på et science-center? INDSigt ved Anne Kahr-Højland, DREAM (Danish Research Centre on Education and Advanced Media Materials), Syddansk Universitet.

8. juni 2010 kl. 14.15

Hvilken faglighed møder vi de nye studerende med? – analyse af introforløb på naturvidenskabelige uddannelser. INDSigt ved Morten Misfeldt, Institut for Didaktik, Danmarks Pædagogiske Universitetsskole, Aarhus Universitet.

**Konference i Dansk
Universitetspædagogisk
Netværk den 11.-12. maj på
Copenhagen Business School**

Temaet bliver *Fagdidaktikken i universitetspædagogikken*. Konferencen arrangeres af DUN i samarbejde med CBS Learning Lab. Læs mere om konferencen på www.dun-net.dk/konference.aspx.

**Den tiende majkonference for
naturvidenskabsdidaktik**

Den tiende majkonference for naturvidenskabsdidaktik finder sted den 18.-19. maj 2010 i DGI-byen i København. Temaet for konferencen er *Forskningsbaseret undervisning – realiteter og potentialer*. Konferencen arrangeres af Institut for Naturfagenes Didaktik (IND) på vegne af de naturvidenskabelige fakulteter på Københavns Universitet.

Mere information om program, tilmelding mv. kan ses på www.ind.ku.dk/majkonference.

