

INSTITUT FOR NATURFAGENES DIDAKTIK
KØBENHAVNS UNIVERSITET



Forskningsbaseret undervisning realiteter og potentialer

Proceedings fra d. 10. majkonference i naturvidenskabsdidaktik
København, 18-19. maj 2010

Redaktion:
Frederik Voetmann Christiansen
Sebastian Horst
Christine Holm
Kjeld Bagger Laursen

Maj 2011

Forskningsbaseret undervisning – realiteter og potentialer

Proceedings fra 10. majkonference i naturvidenskabsdidaktik,
København 18-19. maj 2010

Institut for Naturfagenes Didaktik
Københavns universitet

IND's skriftserie nr. 21/2011: Forskningsbaseret undervisning – realiteter og potentialer.

Udgivet af Institut for Naturfagernes Didaktik
Københavns Universitet, Danmark

E-version tilgængelig på <http://www.ind.ku.dk/skriftserie>

Trykt gennem www.lulu.com. Antologien kan købes gennem lulus marketplace på <http://www.lulu.com>

Forskningsbaseret undervisning – realiteter og potentialer. ISSN: 1602-2149

Indhold

Del I Indledning

1 Forskningsbaseret undervisning – baggrund og potentiale

Frederik Voetmann Christiansen ix

2 Indledning til konferencen

Ralf Hemmingsen xxv

3 Åbningstale

Charlotte Sahl-Madsen xxix

Del II Plenumoplæg

4 Forskningsbaseret undervisning - hvorfor og hvordan?

Camilla Rump og Mick Healey 3

5 Forskningsbasering på universiteterne - forskelle og sammenhænge i praksis

Carl Winsløw og Lene Møller Madsen 13

Del III Forbedring af sammenhæng mellem forskning og undervisning

6 Rammer for forskningsbaseret undervisning

Rie Troelsen 25

Del IV Forskningslignende opgaver i matematiske og fysiske fag

7 Temaopgaver i matematik*Niels Grønbaek og Carl Winsløw* 35**8 Uformaliserede opgaver og fysisk tankegang***Martin Niss* 49

Del V Forskningslignende opgaver i biologiske og kemiske fag

9 Forskningsbaserede øvelser og projekter – erfaringer fra humanfysiologi*Lars Nybo* 57**10 Forskningsbaseret undervisning i biostrukturel forskning på FARMA***Karla Frydenvang og Lars Olsen* 63

Del VI Forskningsbaseret tidligt i uddannelsen

11 Nano-Science og forskningsbaseret undervisning i Kvantemekanik*Kim Splittorff, K. Flensberg, T. Døssing, M. Kjærgaard* 71**12 En dynamisk balance mellem motivation og frustration***Jane Hvolbæk Nielsen* 77**13 Om brug af enkle eksperimenter i begynderundervisningen i fysik***Peter Ditlevsen* 85

Del VII Forskningsbaseret uddannelse af undervisere

14 Pædagogisk uddannelse af forskere der underviser og undervisere der forsker*Frederik Voetmann Christiansen* 99

15 Forsknings- og udviklingsprojekter i læreruddannelsen i matematik	
<i>Mette Andresen</i>	107

Del VIII IT som facilitator af forskningsbasering

16 Forskningsbaseret undervisning i online kurser	
<i>Christian Bugge Henriksen</i>	119
17 Interaktive computermodeller i forskningsbaseret undervisning	
<i>Jesper Bruun</i>	127

Del IX Posterpræsentationer

18 Professionsbacheloruddannelse med forskningstilknytning	
<i>Kathrine Eriksen og Thomas Lausten</i>	137
19 SLUSE – an innovative fieldbased learning and research approach	
<i>Torben Birch-Thomsen et al</i>	141
20 How to utilise interdisciplinary backgrounds	
<i>Nana Quistgaard</i>	147

Indledning

Forskningsbaseret undervisning – baggrund og potentiale

Frederik Voetmann Christiansen^{†,‡}

[†] Institut for Farmakologi og Farmakoterapi, Københavns Universitet

[‡] Institut for Naturfagernes Didaktik, Københavns Universitet

Forskningsbaseret undervisning - realiteter og potentialer

Den 10. majkonference om naturvidenskabsdidaktik fandt sted den 18. - 19. maj 2010 i København, DGI-byen. Temaet for konferencen var: Forskningsbaseret undervisning – realiteter og potentialer.

“Forskningsbaseret undervisning” bruges ofte som nøglebegreb for kvalitet i universitetsuddannelser. Tilsvarende er der i professionsuddannelserne et krav om at uddannelserne er baseret på ny viden fra forskningsfelter, der er relevante for den enkelte uddannelse. Men hvad ligger der dybest set i disse begreber om “forskningsbaseret undervisning” og “forskningsrelateret undervisning”, hvad er forskellen på begreberne, og hvilken betydning har disse krav egentligt for de studerendes læring?

Konferencen så på hvordan sådanne krav forvaltes i praksis, og hvilken betydning de har for den undervisning de studerende møder - både på universiteterne og på professionsuddannelserne.

Konferencen blev åbnet af rektor Ralf Hemmingsen og videnskabsminister Charlotte Sahl-Madsen. Herefter var det egentlig tanken at den engelske geograf og uddannelsesforsker Mick Healey skulle have holdt keynote, men han blev forhindret på grund af atmosfærisk aske fra en islandsk vulkan. I stedet holdt lektor Camilla Rump (IND, KU) et spændende og debatskabende oplæg, hvor hun bl.a. præsenterede dele af Mick Healeys materiale. Der var endvidere keynote præsentationer af uddannelsesdirektør Henning Andersen (SDU) og professor Carl Winsløw (IND, KU). Endvidere blev der præsenteret 14 forskellige konkrete eksempler i konferencens parallelsessioner. I denne antologi er størstedelen af de afholdte oplæg gen-

givet i en række korte tekster, der leverer forskellige bud på hvad der kan ligge i forskningsbaseret undervisning, men som også rejser nye spørgsmål.

Når undervisere og forskere med interesse for universitetspædagogik og didaktik sættes til at diskutere forskningsbaseret undervisning, er det naturligt at fokus kommer til at ligge på hvordan man konkret kan tilrettelægge undervisning der er forskningsbaseret. Det var i en vis udstrækning også opdraget til oplægsholderne. I flere af antologiens artikler diskuteres begrebet forskningsbaseret undervisning på baggrund af moderne undersøgelser (se f.eks. bidrag af Camilla Rump, Carl Winsløw & Lene Møller Madsen og Rie Troelsen). Jeg har derfor valgt, i denne indledning, at lave et par historiske nedslag i forhold til begrebet, for at sætte begrebet ind i en bredere ramme end den undervisningsmæssige. Det skyldes, at sloganet “forskningsbaseret undervisning” også handler om andet end undervisning – det handler f.eks. om hvilken type universitetet og højere læreanstalter vi overhovedet skal have, og om statens forhold til disse. Dette kom også klart frem i diskussionerne på konferencen. Begreberne om forskningsfrihed og undervisningsfrihed er tæt knyttede hertil. Ofte bliver alle disse begreber dog temmelig ukonkrete og luftige, netop fordi de ikke knyttes til konkrete eksempler. Der er derfor god grund til at få konkretiseret hvad indholdet i begrebet om forskningsbaseret undervisning kan være. Artiklerne i antologien leverer, hver på deres måde, bidrag til en sådan konkretisering.

Som supplement til det nedenfor givne rids henvises læseren til en nyligt udkommet antologi med klassiske tekster om “Ideer om et universitet” (Kristensen et al., 2007), som der også refereres fra i det følgende.

1.1 Forskningsbaseret undervisning: Et tilbageblik og videre frem

Det oplagte sted at starte en diskussion af begrebet forskningsbaseret undervisning er i 1800-tallets Tyskland, hvor det moderne forskningsuniversitet grundlages. Humboldts nytænkning af universitetets rolle var baseret på en idé om “enhed mellem undervisning og forskning” (omkr. 1810). Fra at være primært orienteret mod uddannelsen af præster og med teologien som det centrale fagområde, lanceredes med Humboldt en ny type universitet, hvis centrale funktion var uddannelse af kritiske, frie og uafhængige borgere. Det var et dannelsesprojekt, der lå i umiddelbar forlængelse af Kants oplysningsidéer. Med denne ambition var det klart, at undervisningens funktion ikke kunne være at videregive information til studenterne med henblik på at

de kvalificerede sig til bestemte jobfunktioner – nej, undervisningens funktion var lærerens og de studerendes fælles udforskning af videnskabelige spørgsmål der måtte føre til 'dannelse gennem videnskab':

Det er [...] særegent for de højere, videnskabelige læreanstalter, at de altid behandler videnskaben som et endnu ikke færdigbehandlet problem og derfor bestandig vedbliver med at forske, hvorimod skolerne kun beskæftiger sig med og underviser i færdige og afgrænsede kundskaber. Forholdet mellem underviser og studerende bliver derved i bund og grund et andet end hidtil. Den første er der ikke for den sidstnævnte, men begge er der for videnskaben. Underviserens virke afhænger af de studerendes tilstedeværelse og ville ikke være vellykket uden den. (von Humboldt, 1877/2007)

Et samfund der vil uddanne oplyste borgere kan naturligvis ikke basere sit undervisningssystem på videnskabens *autoritet*, men må som udgangspunkt invitere de studerende til, i samkvem med underviserne, at udforske af de sider af videnskaben hvor der ikke gives autoriteter – for at de studerende (og lærerne) dér kan kunne danne sig egne indsigter. Begrebet forskningsbaseret uddannelse har sit udspring i disse højtflyvende, men også sympatiske, tanker. I forlængelse heraf drøfter Humboldt statens rolle i forhold til universitetet. Her er den centrale idé hos Humboldt et armslængdeprincip, hvor staten må stille sig tilfreds med ikke at forsøge at styre universiteternes forskning og undervisning. På samme måde som underviseren ikke (gennem autoritativ doceren) kan styre den studerende uden at spolere ham, kan staten heller ikke styre universitetet efter sit for godt befindende uden at spolere det:

Staten må ikke behandle sine universiteter som gymnasier eller specialskoler og må ikke benytte sine akademier som sit tekniske eller videnskabelige hjælpemiddel. Staten må i det hele taget [...] ikke kræve af universiteterne, hvad der umiddelbart og ligefremt passer den selv. Den skal derimod drage omsorg for dén indre overbevisning, at universiteterne, hvis de når deres endemål, også opnår statens målsætning – og det endda ud fra et meget højere synspunkt. (von Humboldt, 1877/2007)

Det er en vild ambition: At staten må subsidiere universiteterne uden at vide hvad man kan forvente at få til gengæld – ud over et forblømt løfte om at det nok er for statens eget bedste. Men på trods af idéens vidtløftighed var det en idé, der bidrog til at de tyske universiteter i løbet af 1800-tallet blev tilløbsstykker for universitetsstuderende fra hele verden.

Humboldts idéer om universitetenes mål og dannelsesfunktion hørte en tid til, hvor forestillingen om en enhedsvidenskab med filosofien som den

forbindende almoder måske fortsat havde noget for sig. Det er tiden i høj grad løbet fra. Naturvidenskaberne var dengang fortsat en del af naturfilosofien og spillede nærmest ingen rolle på universiteterne. Dannelsen gennem videnskab var et altovervejende åndsvidenskabeligt anliggende, med 'seminaret' som det bærende mødested mellem de forskende undervisere og studerende.

I 1877 blev Hermann von Helmholtz udnævnt til rektor for Berlins Universitet, et klart tegn på at naturvidenskaberne nu havde gjort deres indtog som selvstændige discipliner løsrevet fra filosofien. I sin tiltrædelsestale genovervejer Helmholtz grundidéerne bag (det tyske) universitet med reference til bl.a. Humboldt og Fichte. Hvor Humboldts 'dannelse gennem videnskab' primært var 'dannelse gennem åndsvidenskab', fremhæver Helmholtz det vigtige og almindelige i den videnskabelige *metode*, og fremhæver den naturvidenskabelige metodes slægtskab med (og til en vis grad styrke fremfor) den åndsvidenskabelige. I naturvidenskaberne træder det ægte i den videnskabelige metode, ifølge Helmholtz, klarere frem, fordi det i naturvidenskaberne er lettere at skelne det ægte fra det uægte end i åndsvidenskabernes 'forviklede problemer'. Helmholtz fastholder dermed det alment dannende perspektiv i universitetsundervisningen som skitseret af Humboldt, men forskyder dannelsesbegrebet i retning af erfaring med den videnskabelige metode, uagtet at undersøgelsesobjekterne i naturvidenskaben ikke på samme måde er "behæftet med åndens interesser". Naturvidenskaberne har således også noget at bidrage i almindelsen, ikke mindst i kraft af sin metodik.

Helmholtz priser den store grad af frihed de tyske studerende har i forfølgelsen af deres studier, og det forhold, at undervisningen i Tyskland forstås af forskere. Altså

at man, hvor det er muligt, kun overlader undervisningen til de undervisere, der i kraft af deres faglighed har godtgjort, at de fordrer videnskaben selv; vi betragter dette som underviserens fremmeste kvalifikation. Også på dette punkt udtrykker englænderne og franskmænd hyppigt deres undren. De lægger mere vægt end tyskerne på det såkaldte undervisningstalant, dvs. på faglighedens velordnede og klare form, der, om muligt, elegant forklarer undervisningens genstand på en måde, der underholdende fastholder opmærksomheden. [...] I Tyskland er man derimod ikke blot ligeglad med den oratoriske udsmykning, man mistror den endda, eller er i hvert fald ofte temmelig afslappet i forhold til et foredrags ydre form. Der er ingen tvivl om, at et godt foredrag kan følges med langt mindre anstrengelse end et dårligt, og at det førstes indhold opfattes sikrere og

mere fuldstændigt. [...] Jeg vil altså på ingen måde støtte vores ofte alt for vidtdrevne foragt for talens og skriftens form. Det lader sig heller ikke benægte, at mænd af betydelige videnskabelige bedrifter ofte holder temmelig hakkende og ubehjælpsomme forelæsninger. Ikke desto mindre har jeg ikke sjældent set denne slags undervisere have talrige og trofaste tilhørere, mens tanketomme talere ganske vist vakte beundring ved den første forelæsning, men allerede ved den anden virkede trættende, og var helt forladt ved den tredje. Den, der helt vil overbevise sine tilhørere om rigtigheden af sine læresætninger, må før alt andet af egen erfaring vide, hvordan man overbeviser – og hvordan ikke. Han må altså vide, hvordan man kæmper, hvor ingen forgænger kan komme til hjælp. Det vil sige, at han må have arbejdet ved den menneskelige videns grænser og dér vundet nye områder. En underviser, der kun genfortæller fremmede overbevisninger, rækker til elever, for hvem autoritet er en tilstrækkelig kilde til viden, men ikke for dem, der forlanger tilbundsående begrundelser for deres overbevisninger. (von Helmholtz, 1877/2007)

En på mange måder tilsvarende argumentation findes hos den amerikanske filosof C.S. Peirce. Ifølge Peirce er dét der driver læring tilstanden *tvivl* – en utilfredsstillende tilstand, som vi gør hvad vi kan for at slippe ud af. Der er flere måder, hvorpå vi kan komme fra en tilstand af tvivl til en tilstand af tro (Peirce, 1877). Én af dem er autoritetsmetoden, hvor vi læner os op af en tilpas stærk autoritets udsagn. Det virker, men det er selvsagt ikke den metode Peirce anbefaler. Baseret på bl.a. disse overvejelser giver Peirce i 1898 en beskrivelse af universiteterne og vigtigheden af at underviserne er aktive forskere. I beskrivelsen gives de amerikanske universiteter et slemt skudsmål, hvorimod de tyske fremhæves ud fra netop den kvalitet Helmholtz lagde vægt på:

The first thing that the Will to Learn supposes is a dissatisfaction with one's present state of opinion. There lies the secret of why it is that our American universities are so miserably insignificant. What have they done for the advance of civilization? What is the great idea or where is [the] single great man who can truly be said to be the product of an American University? The English universities, rotting with sloth as they always have, have nevertheless in the past given birth to Locke and to Newton, and in our time to Cayley, Sylvester and Clifford. The German universities have been the light of the whole world. The medieval University of Bologna gave Europe its system of law. The University of Paris, and that despised scholasticism took Abelard and made him into Descartes. The reason was that they were insitutions of learning while ours are institutions for teaching. In order that a man's whole heart may be in teaching he must be

thoroughly imbued with the vital importance and absolute truth of what he has to teach; while in order that he may have any measure of success in learning he must be penetrated with a sense of the unsatisfactoriness of his present condition of knowledge. The two attitudes are almost irreconcilable. But just as it is not the self-righteous man who brings multitudes to a sense of sin, but the man who is most deeply conscious that he is himself a sinner, and it is only by a sense of sin that men can escape its thralldom; so it is not the man who thinks he knows it all that can bring other men to feed their need of learning, and it is only a deep sense that one is miserably ignorant that can spur one on in the toilsome path of learning. That is why, to my very humble apprehension, it cannot but seem that those admirable pedagogical methods for which the American teacher is distinguished are of little more consequence than the cut of his coat, that they surely are as nothing compared with that fever for learning that must consume the soul of the man who is to infect others with the same apparent malady. (Peirce, 1898/1998)

Ifølge såvel Helmholtz og Peirce er dette, at underviseren har erfaring med at opnå positiv viden, således et strukturelt forhold der er langt væsentligere for undervisningen end den pædagogiske tilrettelæggelse af undervisningen. For Humboldt, Helmholtz og Peirce går udviklingen af handlekraftige, selvstændige individer hånd i hånd med udviklingen af videnskaben. Både Peirce og Helmholtz betoner arbejdet med den videnskabelige metode i praksis som et særligt udviklende element.

Det lyder godt, men holder det? Er situationen den samme idag? Skal universitetet af i dag stadig basere sig på at underviserne forsker? Skal staten holde nallerne væk? Er det så vigtigt? Det vil jeg overlade til læseren at tage stilling til, men lad os inden vi går over til præsentationen af teksterne i antologien også give udviklingen de sidste 100 år nogle (alt for få!) ord med på vejen. Hvilke forhold har haft betydning for tingenes tilstand igennem det 20. århundrede?

Perioden fra 1900-2000 var præget af en enorm udvikling i den videnskabelige viden: En vidensekspllosion der førte til en specialiseringsgrad i videnskaberne der var enormt stor. Helmholtz og Peirce var begge genier der hver især bidrog til udviklingen af adskillige helt forskellige videnskaber. Det 19. århundrede bød på mange sådanne genier (f.eks. Ørsted, Young, Maxwell, Goethe, Gauss, Tesla, Edison, Duhem for nu blot at nævne nogle stykker). Det gjorde det 20. århundrede ikke, på trods af (eller netop fordi) at videnskaben voksede. Fremragende videnskabsmænd i det tyvende århundrede præsterede kun fremragende arbejder inden for en enkelt videnskabelig disciplin. Specialiseringsgraden steg. Den ekspllosion i viden der

skete i løbet af det tyvende århundrede medførte for uddannelserne, at de stoffyldeproblemer der allerede var tilstede i 1800-tallet forværredes dramatisk, og ingen steder så heftigt som i naturvidenskaberne. John Dewey beskrev således allerede i 1909 stoffyldeproblemet som et af de helt centrale problemer for naturvidenskabsundervisningen:

En af underviserens alvorligste vanskeligheder når han i god tro ønsker at gøre noget værdifuldt med naturvidenskaberne, er deres antal og den ubegrænsede mængde materiale i hver enkelt af dem. Til tider kan det virke som om den undervisningsmæssigt forhåndenværende naturvidenskab er ved at bryde sammen på grund af dens rene og skære masse. Der er på samme tid så meget naturvidenskab og så mange naturvidenskaber at lærerne vakler hjælpeløse mellem vilkårlig udvælgelse og undervisning i lidt af hvert. (Dewey, 1909/2008)

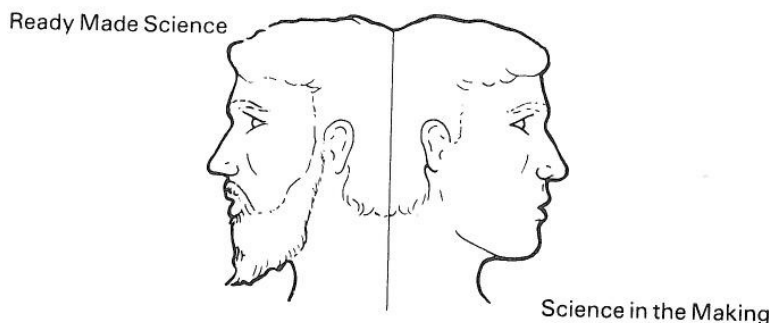
Dewey appellerede til at fokus kom til at ligge på metoderne for frembringelsen af viden frem for det specifikke faglige indhold. Men det Dewey oplevede som et stort problem i 1909 blev kun værre, og til et massivt problem i de kommende årtier. I 1950'ernes Tyskland formulerede fysikeren og pædagogen Martin Wagenschein *det eksemplariske princip* som et mod-svar mod den stofmængde der forfladigede undervisningen til meningsløs udenadslære. Idéen var her, at det var nødvendigt at beskære mængden af gennemgået "stof" dramatisk, for til gengæld at bruge mere tid på fordybelse og generalisering ud nogle få velvalgte eksempler, med en generalitet der rækker ud over eksemplet selv. Helhedsbilledet som uddannelsen skal give den studerende skal ikke opnås gennem "væg-til-væg" gennemgang af fagets resultater, men gennem fordybelsen i konkrete nogle få gode eksempler. Herigennem vil de studerende blive mere motiverede, og vil opnå en række metodiske færdigheder der vil sætte dem i stand til at håndtere fremtidige udfordringer:

The concept of the exemplary is the opposite of specialization. It doesn't want to get stuck in particulars, it looks for the whole in the particular. "Impossible!" will be the response of the person who only knows addition. (Wagenschein, 1956/2009)

Reformpædagogikken, projektarbejds-pædagogikken, problembaseret undervisning, inquiry based science education – alle disse pædagogiske bevægelser har haft stoffylde problematikken og de problemer det medfører i forhold til studerendes mulighed for at skabe mening og gå i dybden med stoffet som omdrejningspunkt. Stoffyldeproblemet var og er fortsat de naturvidenskabelige uddannelsers centrale problem, og der er grund til mene at

også de problemer vi i den vestlige verden har med studerendes manglende lyst til at læse naturvidenskab er tæt koblede til den stoffyldeproblematik der fortsat præger naturvidenskabsundervisningen.

Videnskabsfilosoffen Bruno Latour beskriver i sin bog *Science in Action* (1987) naturvidenskaben som et Janushoved (figur 1.1). På den ene side har vi den aldrende, vidende og bestemte herre der repræsenterer den 'etablerede viden' og alle de resultater der er opnået, og som ikke er til debat. Han siger hvordan tingene hænger sammen; det som vi ved. Han repræsenterer "Ready-made science". På den anden side har vi den unge fyr, der arbejder med problemstillinger der er uafklarede og vanskelige at forholde sig til, og som det kræver grundige undersøgelser, gode argumenter at vinde tilslutning til.



Figur 1.1. Latours billede af videnskaben som et Janushoved: Den unge repræsenterer Science-in-the-making, mens den ældre repræsenterer Ready-made-science. (Latour, 1987, p. 4)

For de naturfaglige uddannelser er der det problem, at den aldrende herre har stadig mere at sige og at signalværdien i de ting han siger, ofte er det modsatte af hvad den unge knøs siger. Han vil fortælle de studerende hvordan det er, den unge knøs vil invitere dem til at finde ud af hvordan det hænger sammen. Der er ingen tvivl om at Humboldt, Helmholtz og Peirce i vid udstrækning refererer til den unge fyr i deres formulering af universitetets idé. Og det 20. århundredes udvikling på universiteterne har været en udvikling, hvor dannelsesidealene der lå til grund for universitetet er blevet

mere og mere udgrænsede. Med fremkomsten af masseuniversitetet er det klart, at universiteternes uddannelsesmål må og skal være bredere end blot kvalificering inden for et bestemt videnskabsfelt, og begrebet forskningsbaseret undervisning har stadig noget at byde på hér. I de senere år har vi på universiteterne brugt ganske meget tid på at lave kompetencebeskrivelser af uddannelserne og af de enkelte studieelementer. Denne udvikling er til dels sket i erkendelse af at universitetet har en dannelsesforpligtelse, der ikke blot handler om uddannelse til højeste niveau gennem pensumdækning.

Vi kan ikke lave uddannelser hvor vi udelukker den aldrende herre og kun lader den unge krabat byde de studerende op til dans. De to hoveder kan ikke adskilles fra hinanden. Men vi kan lave uddannelser, hvor de studerende oplever konkret, at naturvidenskaben ikke bare er fakta og etableret viden, men også er indsats, modstand, personlig mening, dedikation, påhidsomhed, foretagsomhed, grundighed, teknologisk snilde, argumentation, syntese, sprog, æstetik, tillid, forestillingsevne, venskab, respekt, dømmekraft, disrespekt, konsekvens, magtspil, vedholdenhed, strategi og meget mere. Hvis de studerende – i arbejdet med det faglige indhold – også får mulighed for at udvikle sådanne sider af sig selv, så kan de da ikke være helt skidt rustet til et fremtidigt arbejdsliv, uanset om det måtte involvere forskning eller ej. Sikkert er det i hvert fald, at deres fremtidige arbejdsliv kommer til at byde på udfordringer og problemer, hvor svarene ikke er givne, men skal findes eller etableres. Forskningsbaseret uddannelse åbner, som vi skal se flere eksempler på i de følgende antologibidrag, mulighed for at udvikle mange af disse sider.

Introduktion til antologiens tekster

De første to bidrag i antologien er rektor Ralf Hemmingsen og videnskabsminister Charlotte Sahl-Madsens åbning af konferencen. I begge bidrag betones væsentligheden af forskningsbaseringen i forhold til *motivationen* af studerende for naturvidenskab, samt udvikling af kvalifikationer der er nødvendige i et samfund der har ambition om at basere sin vækst og udvikling på viden.

I keynote præsentationen af Camilla Rump og Mick Healey præsenteres grundovervejelsen for forskningsbaseret undervisning – hvordan kan der skabes en fornuftig sammenhæng mellem forskning og undervisning? Der skelnes i teksten mellem 4 forskellige former for forsknings-undervisningsnexus baseret på om det er forskningens metoder eller indhold der fokuse-

res på, og om de studerende er aktive eller mere passive i undervisningen. På konferencen uddeltes et handout der blandt andet indeholdt en eksempelsamling med gode eksempler på forskningsbaseret undervisning. Denne eksempelsamling er tilgængelig på konferencens hjemmeside (Healey, 2010).

I keynoteoplægget fra Carl Winsløw og Lene Møller Madsen refereres resultatet af en undersøgelse af forbindelsen mellem forskning og undervisning i to forskellige fag: Matematik og geografi. Bidraget bringer dermed det forhold i spil, at forståelsen af hvad forskningsbaseret undervisning er, må ses i forhold til hvad det er for et fag vi taler om. I geografifaget kan de studerende ofte indgå i egentlige forskningsprojekter og gøre brug af teknikker der er centrale i forskningsområdet. I matematikundervisningen er der tale om nogle mere indirekte koblinger mellem forskning og undervisning. Forfatterne begrunder disse forskelle i forskellige vidensorganiseringer af fagene, hvor matematik beskrives som mere vertikalt organiseret og geografi som horisontalt. Dette rejser i høj grad spørgsmålet om hvad vi kan forstå ved begrebet 'forskningsbaseret undervisning' på policy-niveau. Pointerne i artiklen kan styrkes ved læsning af bidragene fra Niels Grønbæk og Carl Winsløw og Torben Birch-Thomsen m.fl.

Rie Troelsen spørger i sit bidrag hvordan universitetet som institution kan forbedre sammenhængen mellem forskning og undervisning, og tager, ligesom de foregående bidrag, afsæt i undersøgelserne af Hattie og Marsh der viser at der ikke er nogle entydig sammenhæng mellem kvalitet i forskning og kvalitet i undervisning. Rie Troelsen overvejer herefter hvordan institutionelle rammer kan understøtte at der faktisk etableres koblinger mellem de to felter, f.eks. i form af efteruddannelsesforløb, priser for forskningsbaseret undervisning, styrkelse af krav til underviserkvalifikationer mv.

De to næste dele af antologien omhandler forskningslignende opgaver i hhv. matematiske og fysiske fag, og i biologiske og kemiske fag. Niels Grønbæk og Carl Winsløws bidrag skitserer et format for såkaldte 'temaopgaver', som er et format for undervisningstilrettelæggelse forfatterne har anvendt i en række kurser, og som iøvrigt har fundet bred anvendelse i flere andre fag. Ideen er, at sikre en form hvor videnstilegnelsen personliggøres af de studerende på en måde der 'ikke adskiller sig væsentligt fra forskning'. Altså, at de studerende f.eks. får erfaringer med at give matematiske argumenter uden at disse indskrænker sig til 'gengivelse af beviser'. Bidraget udgør således et godt eksempel på hvad man kunne forstå ved forskningsbaseret undervisning i matematik, givet at det egentlige forsknings-

indhold i faget ligger uden for rækkevidde af de studerende på dette niveau. Temaopgaverne indbyder således de studerende til at indgå i et forskningslignende læringsforløb.

Bidraget fra Martin Niss beskriver brugen af uformaliserede opgaver i et fysikkursus på fysikuddannelsen på RUC. Idéen med kurset er, at de studerende skal lære at ‘tænke som en fysiker’ og at en central kompetence for sådanne er, at de er i stand til at formalisere åbent formulerede opgaver – altså oversætte disse uformaliserede opgaver til f.eks. modelsituationer der kan behandles fysisk/matematisk. Denne evne til at formalisere et mere åbent problem er, ifølge forfatteren, erfaringsmæssigt noget de studerende har meget svært ved, ikke fordi problemerne er teknisk vanskelige, men fordi de stiller krav til problemløserens evne til selv at kunne stille skarpt på det centrale i problemet.

Lars Nybo beskriver hvordan et øvelseskursus i humanfysiologi blev omlagt, så fokus blev lagt på at de studerende selv designede og gennemførte forsøg, fremfor at de reproducerede planlagte øvelser. I et andet kursus udarbejder de studerende et eksperimentelt projekt om et selvvalgt emne vedrørende arbejdsfysiologi, og projektet bedømmes på baggrund af forsøgsdesign, praktisk udførelse og undersøgelsens originalitet. Resultatet er i begge tilfælde studerende der er motiverede og tager ansvar for deres egen læreproces.

Karla Frydenvang og Lars Olsen beskriver i deres bidrag, hvordan den biostrukturelle forskningsgruppe på FARMA, KU, indtænker forskningsbasering i deres kurser fra bachelor- til ph.d niveau, med et uddybet nedslag på kandidatkurset i “Structural and computational medicinal chemistry”. En pointe i artiklen er, at graden af forskningsbasering også er knyttet til de studerendes forkundskaber, og dermed er stigende gennem studiet – men også at undervisningens tilknytning til forskningen er et stærkt motiverende og selvstændiggørende element der måske kan styrkes tidligere i uddannelsen? Noget der gives eksempler på i den følgende del af antologien, der handler om forskningsbasering tidligt i uddannelsen.

Kim Splittorff m.fl., Jane Hvolbæk Nielsen og Peter Ditlevsen har i deres respektive bidrag beskrevet hvad der kan forstås ved forskningsbaseret undervisning tidligt i uddannelsen, hhv. på Nano-Science uddannelsen på KU, Nanoteknologiuddannelsen på DTU og Fysikuddannelsen på KU.

Kim Splittorff m.fl. gør sig overvejelser om hvad en god studerende er: En der forbedrer sig! Baseret på denne idé skitseres et koncept for undervisningen, herunder organiseringen af regneøvelser hvor de studerende bliver inddelt på hold efter forberedelsesgraden, og hvor inddragelsen af

primær og sekundærlitteratur er forskellig alt efter hvilket hold man er på. Inddragelsen af primærlitteratur i et ellers "klassisk" kvantemekanikkursus fremhæves af de studerende som en stærk motivationsfaktor, men er også en udfordring for underviserne der ikke nødvendigvis alle har faglig baggrund inden for det felt der behandles i artiklerne.

I Jane Hvolbæk Nielsens bidrag beskrives det første kursus de studerende møder i deres studie på DTU – et 15 ECTS kursus der er bygget op omkring de studerendes selvstændige arbejde med centrale forskningsemner inden for fysik- og nanoteknologi, måleteknik og usikkerhedsvurdering og en 'konsulentopgave' med relation til forskningsudstyr på fysik og nanoteknologiuddannelsen. Konsulentopgaven munder ud i en rapport og en poster der fremlægges for (dele af) holdet. Jane Hvolbæk Nielsen afslutter beskrivelsen med en væsentlig overvejelse vedrørende de studerendes motivation: De studerende bliver i høj grad motiverede af arbejdet med de vanskelige forskningsemner, men motivationen kan hurtigt blive til nederlag, hvis udfordringerne bliver for store eller hjælpen ikke er nær.

Peter Ditlevsen beskriver hvordan enkle eksperimenter kan inddrages i den indledende fysikundervisning på en måde, hvor den teoretiske og den praktiske forståelse ikke falder i to, og eksperimenterne reelt understøtter de studerendes forståelse af de teoretiske begreber, og som introducerer en legende og udforskende tilgang til fysikken – selv på store hold.

De tre artikler peger således på potentialet for at knytte forskningen til den indledende undervisning.

Antologiens følgende del omhandler forskningsbaseret uddannelse af undervisere og handler om efteruddannelse af hhv. universitetslærere og folkeskolelærere. I artiklen "Pædagogisk uddannelse af forskere der underviser og undervisere der forsker" beskrives rammerne for adjunktuddannelsen ved Københavns Universitets tre naturfaglige fakulteter. Forfatteren (undertegnede) beskriver hvordan de nye forskningsfinansieringsstrukturer på universiteterne er med til at undergrave de ambitiøse mål der er sat for adjunktuddannelsen.

Mette Andresen beskriver hvorledes forsknings- og udviklingsprojekter i og omkring matematiklæreruddannelsen forsøgtes forankret i et såkaldt Projektforum i regi af det Nationale Videnscenter for Matematikdidaktik. Idéen var at etablere et 'lærende fællesskab' for forsknings- og udviklingsprojekter med relation til matematiklæring, og indbefattede bl.a. i en række workshops og en tilknyttet forskergruppe fra universiteterne. Forsøget på nyorganisering af forsknings- og udviklingsaktiviteterne var ikke udpræget vellykket, og forfatteren rejser relevante spørgsmål om hvordan didaktisk

teori og de stigende krav til forskningstilknytning skal indfries i forhold til folkeskolelæreruddannelsens udviklingsarbejde.

De følgende bidrag giver eksempler på hvordan it kan bruges til at understøtte forskningsbaseret undervisning.

Christian Bugge beskriver hvordan man på LIFE, KU, har gjort sig erfaringer med organisering af egentlig fjernundervisning efter en særlig model der har vist sig effektiv, hvor de studerende gennem progressive trin introduceres til e-læringsformatet. Der gives beskrivelse af to konkrete kurser, der begge er tværfaglige både i forhold til kursusindhold og deltagerforudsætninger. Der gives bl.a. eksempler på hvordan de studerendes projektopgaver bruges som afsæt for egentlige forskningsartikler og hvordan der arbejdes med internationale lærergrupper, diskussionsfora og peer-assessment tilrettelagt og organiseret gennem den fælles e-læringsplatform.

Jesper Bruun beskriver potentialer for og giver eksempler på brugen af interaktive computermodeller i undervisningen, og hvordan sådanne kan styrke forskningsbaseringen og supplere mere traditionelle lærebogstilgange. Gennem brugen af computermodeller er der mulighed for at de studerende opnår kvalitative forståelser af f.eks. vanskeligt tilgængelige funktioner eller komplekse samspil, der ellers kun vanskeligt eller slet ikke kunne adresseres af studerende på det pågældende niveau. Der gives eksempler på brug af visualiseringer af bølgefunktioner for brintatomet, kredsløbsbygning og på et format for simpel java-programmering af f.eks. simulationer.

De sidste tre bidrag i antologien er posterbidrag (eller rettere baseret på postere). De har dermed en lidt mere skematisk form end de øvrige bidrag, uden dog at bryde markant med antologiens iøvrigt ordknappe format.

Kathrine Eriksen og Thomas Laustens udgangspunkt er dobbelt-tilknytningskravet for professionsbacheloruddannelserne – at uddannelserne på samme tid skal forankre deres vidensgrundlag i både erhvervspraksis og forskningssamarbejder. Forfatterens spørgsmål er, hvordan kravet om dobbelt-tilknytning kan udfoldes direkte i undervisningen. Professionsbachelorprojektet på bioanalytikeruddannelsen beskrives som et oplagt 'mødested' for erhvervspraksis og forskning, og der inviteres til samarbejde med forskningsinstitutioner der vil indgå i forskningsssamarbejder i forhold til udvikling af både erhverv og uddannelse gennem professionsbachelorprojektet.

Forholdet mellem praksisviden og akademisk viden er også et centralt omdrejningspunkt i den næste poster. Torben Birch-Thomsen m.fl. beskriver implementeringen af et program for bæredygtig areal- og naturressour-

ceudnyttelse der er udviklet i et universitetskonsortium med deltagelse fra universiteter i Danmark, Sydafrika og sydøstasien. Programmet omfatter bl.a. tværgående feltkurser, fælles curriculumudvikling og udvikling af fælles forskningsprojekter på tværs af institutionerne i samspil mellem studerende og forskere.

Endelig stiller Nana Quistgaard sig spørgsmålet hvordan vi kan udnytte det forhold at studerende i stigende grad har forskellige faglige baggrunde og forudsætninger i tilrettelæggelsen af undervisningen. I forbindelse med et kursus i naturvidenskabelige kommunikation og formidling på KU har Nana Quistgaard lavet fokusgruppeinterview med en gruppe studerende og fået indblik i deres oplevelse af det at arbejde sammen med studerende med forskellige faglige baggrunde. Det giver anledning til en række fremadrettede forslag til hvordan den tværfaglige situation kan gøres til en styrke i undervisningen.

Fra redaktionsgruppens side vil vi gerne takke alle bidragerne til konferencen og antologien for deres bud på hvordan man kan give mening til begrebet forskningsbaseret undervisning. Der er nok at tænke over: Hvordan vi forstår begrebet i hhv. de mellemlange- og de lange videregående uddannelser? Hvad betyder fagenes struktur og organisering? Og hvilke overvejelser er de væsentligste for underviserne, naturfagsdidaktikerne og uddannelsesplanlæggerne?

Litteratur

- Dewey, J. (1909/2008). Naturvidenskab som stofområde og som metode, *MONA* **2008**(1): 61–69.
- Healey, M. (2010). Engaging students through research and inquiry - presentation to danish conference on natural science didactics “research based teaching - realities and potentials”, copenhagen 18-19 may 2010, Handout – tilgængelig på konferencehjemmesiden.
URL: http://www.ind.ku.dk/majkonference/materiale/engaging_students_in_research_and_inquiry_copenhagen_-_handout_fra_mick_til_mappe.pdf
- Kristensen, J. E., Elstrøm, K., Nielsen, J. V., Pedersen, M., Sørensen, B. V. og Sørensen, H. (red.) (2007). *Idéer om et universitet*, Aarhus Universitetsforlag, Århus.
- Latour, B. (1987). *Science in Action*, Harvard University Press, USA.

- Peirce, C. (1898/1998). The first rule of logic, i T. P. E. Project (red), *The Essential Peirce*, Vol. 2, Indiana University Press, pp. 42–56.
- Peirce, C. S. (1877). The fixation of belief, *Popular Science Monthly* **12**(November 1877): 1–15.
- von Helmholtz, H. L. F. (1877/2007). Om den akademiske frihed ved de tyske universiteter, i J. E. Kristensen, K. Elstrøm, J. V. Nielsen, M. Pedersen, B. V. Sørensen og H. Sørensen (red), *Ideer om et universitet*, Aarhus Universitetsforlag, Århus, pp. 119–132.
- von Humboldt, W. (1877/2007). Om den indre og ydre organisation af de højere videnskabelige læresteder i berlin, i J. E. Kristensen, K. Elstrøm, J. V. Nielsen, M. Pedersen, B. V. Sørensen og H. Sørensen (red), *Ideer om et universitet*, Aarhus Universitetsforlag, Århus, pp. 119–132.
- Wagenschein, M. (1956/2009). Teaching to understand – on the concept of the exemplary in teaching. Oversat fra Zum Begriff des Exemplarischen Lehrens (1956).
- URL:** http://www.natureinstitute.org/txt/mw/exemplary_full.htm

Indledning til konferencen

Ralf Hemmingsen

Rektor, Københavns Universitet

Kære minister, kollegaer og gæster

Radioværten, oversætteren og 80'erne ikonet Kim Schumacher gav følgende karakteristik af naturvidenskaben:

“Hvis det er grønt eller bevæger sig... er det biologi

Hvis det stinker af svovl... er det kemi.

Og hvis det ikke virker... er det fysik.”

Denne karakteristik af naturvidenskaben er trods alt ironisk. Og den er bevidst stereotyp. Alligevel rummer den en sandhed. Og også et vink til os, som står med ansvaret for uddannelse og undervisning.

En vis sandhed fordi, mange af os, der sad på skolebænken i 60'erne og 70'erne eller i 80'erne, vil genkende det trivielle billede af et nedslidt faglokale - og en undervisning strengt opdelt i fag.

Og et vink til undervisere, fordi den fortæller os: Formidlingen af naturvidenskab står helt centralt.

Undervisning med rod i forskningen er essentiel i alle fag fra fransk og filologi til farmaci og fysik. Og på Københavns Universitet ser vi ikke bare forskningsbaseringen som et lovfæstet krav. Vi ser den som en uundværlig del af universitetets sjæl og eksistensberettigelse. Samtidig er temaet vigtigt uden for vores egen have. Jeg synes derfor, det er glædeligt, at konferencen er for undervisere på tværs af uddannelsessektoren. Der er nemlig en selvstændig pointe i, at gensidig inspiration ikke kun er et mantra, som gælder de studerende. Nej, mantraet gælder lige så meget for os, der underviser i

laboratoriet, eller står med fingrene på venstre museknap i auditoriet eller ude i floraen. . .

Dernæst jeg vil hævde, at konferencens tema er særligt relevant inden for naturvidenskaben. For det første fordi interessen for naturvidenskaben lidt populært sagt har været i frit fald. For mens ungdomsårgangene de sidste år har været stigende. . . . har tilgangen til studierne været faldende selvom de seneste optagelsestal lød lovende. For det andet fordi samfundet har hårdt brug for flere naturvidenskabeligt uddannede: I undervisningssektoren, I forskningen på universitetet og i virksomhederne Og på arbejdsmarkedet i øvrigt.

Seminarier dropper at oprette hold i naturfag. Gymnasier har svært ved at skaffe nok lærere i fysik, kemi og matematik. Forskningssektoren efterspørger arbejdskraft, der kan skabe ny viden og løsninger. Og erhvervslivet søger specialister, der kan generere vækst i økonomien.

Og så er der også en tredje grund til, at vi skal inspirere hinanden til at formidle vores fag på nye interessante måder: Naturvidenskaben har i sig selv et nærmest ubegrænset potentiale til at gøre fagene nærværende. Nærværende fordi man med Kim Schumachers ord faktisk kan vise studerende, at det bevæger sig, at det stinker og når det gælder fysikken - med lidt behændighed – rent faktisk virker!

Det kræver omvendt en parallel interesse fra underviseren og opmærksomhed på, at didaktikken, undervisningsformerne og forskningsforbindelsen hele tiden skal vedligeholdes og nytænkes.

Alt lige fra specialeprojekter, der knyttes til forskergrupper. Over feltarbejdet, som vi kender det fra blandt andet biologien og geologien. Og til den problembaserede undervisning - og udfordringen i at inddrage entreprenørskab, som en naturlig del af studiet. Når disse tre grunde er nævnt, er det værd, at fremhæve: Fokus på viden og forskningsbaseret uddannelse bør løftes op øverst på dagsordenen. For hvis man ser ud over landets grænser, er det tydeligt, at man satser målrettet på uddannelse.

I Kina er antallet af højere uddannelsesinstitutioner fordoblet i det seneste årti. Antallet af studerende, der starter på universitetet firdoblet. Og andre asiatiske lande, som Sydkorea, følger med. Det er ikke mere end et par uger siden, at jeg var på besøg hos vores partnerskabs universitet i Beijing og det dansk-kinesiske universitetscenter. Når jeg bevægede mig ud og ind af de mange nye bygninger, og så både ansatte og studerende arbejde, meldte fornemmelsen sig med det samme:

Asien har forstået den betydning forskning og uddannelse har haft for den vestlige verden. – Og ikke mindst: de ikke venter på os, hvis vi hviler på vores egen tradition uden at holde den ved lige og sikre fornyelse.

Det kræver en indsats på mindst tre områder:

For det første kræver det første klasses faciliteter. Derfor er vi glade for, at vi i de kommende år gennemfører en historisk stor og lige så tiltrængt opgradering af infrastrukturen blandt andet på Københavns Universitet. Staten har bevilget et milliardbeløb til investeringer i tidssvarende bygninger og laboratoriefaciliteter. Det vil kunne tiltrække både forskere og studerende til de naturvidenskabelige fag.

For det andet skal vi se indad i vores organisationer og se på hvordan kvaliteten af vores uddannelser kan løftes. KU er et grundforskningsuniversitet og historisk har der nok været en tendens til at undervisningen har stået i skyggen af forskningen. Derfor udruller vi en uddannelsessatsning på KU i det kommende år: Fokus vil ligge på en række emner som f.eks. undervisningskvalitet, studiemiljø, uddannelse og arbejdsmarkedet og vores videnskabeligt ansattes uddannelsesfokus. Der vil blive tale om en proces med involvering af både studerende, medarbejdere og aftagere – processen skal lede hen mod en række tværgående forbedringer og pilotprojekter, som bliver sat i søen i 2011.

Når vi nu er ved udviklingsindsatsen, er det en stor glæde, at vi netop i dag kan offentliggøre en strategisk aftale mellem SCIENCE på KU, DPU, og professionshøjskolerne UCC [University College Capital] og Metropol. Med aftalen fødes det største tværgående, fælles strategiske udviklingsmiljø i Danmark inden for naturvidenskabelig didaktik. Det er et partnerskab, som vi forventer os meget af. Og vi er glade for, at mange kræfter i uddannelsesfødekæden er samlet om projektet. Der er altså meget vi kan gøre selv – men der skal benzin på motoren.

Derfor mener jeg, som det tredje punkt, at det er nødvendigt, at man på politisk niveau ser på vores uddannelsesfinansiering. Størrelsen på vores uddannelsesstatemetre betyder, at det er svært at finansiere hold og i særdeleshed at løfte kvaliteten. Og ja, det er en alvorlig ubalance i lyset af, at det er vores kandidater, der skal være med til at gøre Danmark til en overskudsforretning! Jeg håber, at videnskabsministeren vil være med til også at løfte uddannelserne. Vi er rigtig glade for din medvirken her i dag! Og tager den som udtryk for din interesse for sammenhængen mellem forskning og uddannelse som et centralt og højaktuelt tema.

Jeg startede med, at citere Kim Schumacher og hvorfor så ikke ønske Jer en god konference med hans en af hans vendinger: “Ha’ det rigtigt fan-

xxviii Ralf Hemmingsen

tastisk!”

Hermed giver jeg ordet videre til videnskabsminister Charlotte Sahl-Madsen.

Åbningstale

Charlotte Sahl-Madsen

Videnskabsminister

Forskningsbaseret skaber vækst

I Danmark skal vi leve af viden. Det er gennem viden, at vi sikrer udvikling og vækst. Forskningsbaseret undervisning er afgørende for, at vores kandidater kan bringe den nyeste viden ud i samfundet til gavn for de danske virksomheder og samfundet som helhed.

Det forudsætter, at vi sikrer en høj kvalitet i undervisningen. Derfor er det også fantastisk vigtigt, at I med konferencen her har taget fat i at drøfte realiteter og potentialer for den forskningsbaserede undervisning.

Det er den forskningsbaserede undervisning på universiteterne, der sikrer, at vi uddanner kandidater, der har en høj faglighed. Vores kandidater skal være kvalificerede til at skabe og tilegne sig ny viden. Og til at tænke selvstændigt, kritisk og innovativt.

Uddannelse og viden og vores evne til at omsætte dette til innovation og vækst er ganske enkelt nøglen til at bevare Danmark som et førende viden- og velfærdssamfund.

Men det forudsætter, at vi hele tiden udvikler undervisningen på universiteterne og fokuserer på, hvordan vi gennem forskningsbaseret undervisning kan skabe den højeste internationale kvalitet i undervisningen.

Her er vi desværre ikke gode nok i dag. Jeg har ofte undret mig over, at når man spørger repræsentanter fra universiteterne om, hvordan universiteterne arbejder med at udvikle undervisningen på baggrund af konkret viden om, hvad der virker og ikke virker i en undervisningssituation – ja, så bliver der ofte påfaldende stille.

Skyldes det, at der er mangel på viden om, hvad der kendetegner god undervisning? Eller måske at der ikke er tilstrækkelig fokus på at anvende den viden, vi har? Og hvis det skyldes mangel på viden, skal vi så være bedre til at indhente internationale erfaringer og forskningsresultater, eller kan vi producere den viden selv?

Det er vigtige spørgsmål, som vi er nødt til at adressere.

Vision om flere unge på de naturvidenskabelige uddannelser

Det er regeringens vision, at flere unge skal have en naturvidenskabelig uddannelse. Alt for få unge interesserer sig i dag for de naturvidenskabelige fag.

Det er en væsentlig udfordring for det danske uddannelsessystem, for vi ved fra undersøgelser, at produktiviteten og samfundets afkast af højtuddannede er stor inden for netop det naturvidenskabelige og tekniske område.

Vi skal sikre, at uddannelserne er attraktive for unge. Både for drengene og pigerne. Det er vigtigt, at vi udvikler uddannelserne, så vi kan vække begejstring for de natur-, teknik- og sundhedsvidenskabelige områder hos nye generationer.

Der ligger en stor opgave i at gøre uddannelserne relevante for de unge. Vi må gøre op med den klassiske undervisning i de naturvidenskabelige fag. Undervisningens indhold og form skal udvikles og fornyes. Uddannelserne skal understøtte engagementet hos de unge og i højere grad synliggøre de spændende beskæftigelsesmuligheder, som en naturvidenskabelig uddannelse baner vejen for.

Det er nødvendigt at tænke nyt – også hvis vi som samfund skal imødekomme fremtidige udfordringer inden for områder som f.eks. klima, energi, miljø og sundhed.

Vi skal være kreative og dygtige til at udnytte de områder, hvor vi i forvejen er stærke. Vi skal tænke på tværs af traditionelle faglige discipliner og udvikle nye uddannelser, der sætter flere fagdiscipliner i spil. Derved skaber vi grundlaget for en større tværfaglig forståelse.

Det er netop gennem ”integrated science”, at vi kan skabe nye løsninger på de udfordringer, vi står overfor. For de vigtigste naturvidenskabelige gennembrud sker i grænseområdet mellem de klassiske naturvidenskabelige fagdiscipliner.

Internationalt har man haft stor succes med at satse på ”integrated science”, hvor studerende interagerer og samarbejder på tværs af de traditionelle fagdiscipliner.

Det har skabt innovative læringsmiljøer, hvor de unge gennem konkrete projekter i samarbejde med erhvervslivet får et klart billede af, hvordan de kan omsætte viden til innovative løsninger og vækst.

Det er væsentligt, at vi gør uddannelserne relevante for de unge uden at gå på kompromis med fagligheden, som jeg definerer som en dyb forståelse af fagenes videnskabelige metode og genstandsfelt.

Det er en forudsætning for at tiltrække flere unge til de naturvidenskabelige uddannelser, men i lige så høj grad for at sikre, at de studerende tilegner sig kompetencer, der matcher samfundets behov.

Center for undervisning i Natur, Teknik og Sundhed

Vi skal samtidig sikre den røde tråd i uddannelsessystemet. De unge skal opleve sammenhæng mellem de naturvidenskabelige fag, deres uddannelsesvalg og ønsker for fremtiden. Det kræver, at de ved, hvad fagene kan. Hvordan de hænger sammen. Og hvordan de komplementerer hinanden.

Jeg er optaget af, at regeringen sætter overordnede mål for at styrke natur, teknik og sundhed. Et vigtigt afsæt for dette er de anbefalinger, som blandt andre Niels O. Andersen, Harald Mikkelsen og jeg selv har været med til at fremsætte som medlemmer af den uafhængige ekspertgruppe bag rapporten ”Et fælles Løft”.

Jeg ser det som et helt centralt mål at udvikle og forny undervisningen inden for natur, teknik og sundhed. I samarbejde med Undervisningsministeriet har vi derfor støttet oprettelsen af Center for undervisning i Natur, Teknik og Sundhed.

Visionen er, at den naturvidenskabelige viden skal sættes i spil. Vi skal styrke samspillet mellem aktører i det formelle uddannelsessystem og i de uformelle læringsmiljøer i relevante virksomheder, museer og oplevelsescentre. Det er afgørende for at fremme kvaliteten og fornyelsen af undervisningen på området.

Foruden NTS-centeret i Sønderborg er der åbnet fire regionale centre: Et center i tilknytning til Aalborg Universitet, Naturvidenskabernes Hus i Bjerringbro, Talent-centeret i Sorø og Eksperimentariet i København. Både det nationale center og de fire regionale centre arbejder for at styrke, forny og udvikle undervisningen.

Helt konkret har NTS-centeret for eksempel, blandt andet med støtte fra Region Syddanmark, igangsat projektet ”Natur, teknik og sundhed fra børnehave til ph.d. i Region Syddanmark”. Det er netop projekter som disse, vi skal fremme, fordi de skaber sammenhæng på tværs af uddannelsessystemet.

Projektet skal udvikle og formidle nye konkrete undervisningsmetoder og værktøjer, så de naturvidenskabelige fag gøres mere interessante og relevante for de unge. De skal ikke bare introduceres for ny viden, men også anvende den nye viden.

Jeg er overbevist om, at det er vejen frem, når det handler om at styrke kvaliteten og relevansen i undervisningen og sikre, at vi vækker de unges interesse for de naturvidenskabelige fag, så de søger videre på universitetet.

IKT som katalysator for forskningsbaseret undervisning og kvalitet

Også en øget anvendelse af informations- og kommunikationsteknologi i undervisningen kan fungere som katalysator for forskningsbaseret undervisning og kvalitet. Vi skal have øje for det store læringspotentiale, som teknologien og de nye former for sociale medier tilbyder. IKT skal være en integreret del af undervisningen på universiteterne.

Vi skal have attraktive studie- og læringsmiljøer på universiteterne, som er gearret til de nye generationer af studerende, der stiller nye krav til anvendelsen af it i undervisningen.

Den studerende skal være online fra første studiedag til sidste eksamen. Fra underviserens kommentarer tikker ind om morgenen, til noterne bliver delt digitalt med medstuderende over hele verden, til man følger med i forelæsninger på udenlandske samarbejdsuniversiteter og til den seneste forelæsning genses som podcast lige inden sengetid.

Det vil styrke vores uddannelser. Det vil styrke vores samfund. Og det vil forberede de studerende bedre til virkeligheden på arbejdsmarkedet.

Jeg vil gå aktivt ind i arbejdet for at sikre, at denne vision bliver en realitet på universiteterne. Jeg inviterer derfor til en international konference om it og innovative læringsmiljøer på universiteterne den 19.-20. august.

Her sætter vi i samarbejde med danske og internationale eksperter fokus på de strategiske fordele, der er ved at bringe nye teknologier og kommunikationsformer ind i undervisningen. Jeg håber at se rigtig mange af jer, så vi

sammen kan drøfte, hvordan it kan understøtte undervisningen og udvikle læringsmiljøerne på universiteterne.

Der er uanede muligheder derude, hvis blot vi forstår at udnytte dem og tage teknologien til os.

Initiativer for at styrke undervisningen på universiteterne

Jeg vil afslutte med endnu engang at understrege betydningen af, at vi hele tiden har fokus på udviklingen af de pædagogiske og didaktiske aspekter af undervisningen. Det gælder for alle vores universitetsuddannelser.

Jeg vil gøre det krystalklart, at jeg stiller store krav til kvaliteten i undervisningen. Vores studerende skal tilbydes forskningsbaseret undervisning på højeste niveau, så de kan imødekomme kravene på det globale arbejdsmarked.

Det er helt afgørende, at vi får bragt den fagdidaktiske forskning i spil. Vi skal være bedre til at udveksle erfaringer om, hvad der virker og inspirere til at udvikle undervisningen.

Derfor vil jeg tage initiativ til at afholde en årlig camp med det formål at diskutere undervisningskvalitet og undervisningsudvikling. Det skal være et forum, hvor fokus er på at dele viden, evaluere med hinanden og på at hjælpe hinanden med at blive bedre til at anvende den viden, vi har om god undervisning.

Samtidig vil jeg med et sådan arrangement gerne sende et klart signal til universiteterne om, at det her er et område, der skal opprioriteres.

Vi skal have uddannelser og forskningsbaseret undervisning af høj international kvalitet. Det er helt afgørende for at sikre væksten i samfundet og dermed for at bevare Danmarks position som et førende viden- og velfærdssamfund.

(Det talte ord gælder)

Plenumoplæg

Forskningsbaseret undervisning - hvorfor og hvordan?

Camilla Østerberg Rump[†] og Mick Healey[‡]

[†]Institut for Naturfagernes Didaktik, Københavns Universitet

[‡]Centre for Active Learning, University of Gloucestershire

Forskningsbaseret undervisning er en god ting. Dette er et tæt på at være et ubestrideligt faktum i universiternes selvforståelse. Universiteterne forstår forskningsbaseringen som et selvfølgelig kvalitetsstempel af deres uddannelser og siden Humboldts tanker om universitetet i Berlin, har det været anset som et ubestrideligt adelsmærke for europæiske universiteter at højere undervisning skulle finde sted i sameksistens med forskningen indenfor samme institution. F.eks. er her et citat fra den britiske minister for videregående uddannelse (2005-2006) Bill Rammell:

“We want all students to access the benefits exposure to teaching informed by research can bring. [...] We believe an understanding of the research process – asking the right questions in the right way; conducting experiments; and collating and evaluating information – must be a key part of any undergraduate curriculum.”
(Rammell 2006, refereret i Healey & Rump, 2010)

Forskningsbaseringen som et ultimativt gode for højere uddannelser bredt set, er også i disse år en del af den løbende offentlige uddannelsesdebat i Danmark, ikke mindst i relation til spørgsmålet om forskningstilknytning for professionshøjskolerne/CVUerne/university colleges¹. Den alment accept af forskningsbaseringsens vigtighed fremhæves også af at forsk-

¹ De institutioner der udbyder professionsbacheloruddannelser har skiftet navn så ofte i de seneste år at ikke engang undervisningsministeriets egen hjemmeside er opdateret med de nye navne!

ningsbaseret er eet af fem kriterier, uddannelser skal vurderes på ved akkreditering:

Kriteriesøjle II: Forskningsbaseret uddannelse

Kriterium 2: Uddannelsen er baseret på forskning og er knyttet til et aktivt forskningsmiljø af høj kvalitet

- Uddannelsen skal give de studerende viden, færdigheder og kompetencer baseret på forskning inden for det/de pågældende fagområde(r) og, hvor det er relevant, baseret på interaktionen mellem forskning og praksis.
- Uddannelsen er tilrettelagt af aktive forskere.
- De studerende undervises i udstrakt grad af aktive forskere.
- Uddannelsen har nær tilknytning til et aktivt forskningsmiljø.
- Forskningsmiljøet bag uddannelsen er af høj kvalitet, hvilket dokumenteres ved relevante forskningsindikatorer. (BEK nr 1402, 2009)

Der er således almindelig enighed om at forskningsbaseret er en god ting. Men hvad betyder “forskningsbaseret” egentlig? Er det simpelthen at det er forskere der underviser? Eller skal der mere til?

I den internationale litteratur er det på seneste konkluderet at der i debatten om forskningsbaseret undervisnings fortræffeligheder har været tale om en del mere tiltro end egentligt forskningsbaseret (!) belæg. F.eks. skriver Elton:

There is a strongly held belief among the majority of academics that teaching in higher education should take place in a research atmosphere [...], although the opposite is rarely stressed. While this belief is vocal, it is only as a belief that it is substantiated by research [...] and can, therefore, justifiably be called a mythology. (Elton, 2001)

Der kan således være grund til at gennemgå litteraturen på området. Det viser sig imidlertid at litteraturen hvor der foregår en egentlig systematisk undersøgelse af sammenhængen mellem kvalitet af forskning og kvalitet af undervisningen er sparsom, og resultaterne meget blandede. Dette er måske i virkeligheden ikke så overraskende når man betænker, at for at undersøge en sådan sammenhæng må man finde et mål for kvalitet af undervisning og et mål for kvalitet af forskning. Og hvordan skal man måle forskningskvalitet? Antal publikationer? Citationer? Skal der måles på individniveau?

Afdelingsniveau? Tilsvarende, skal undervisningskvalitet måles på studenterevalueringer? Eksamensresultater? Og igen: Skal den enkelte underviser måles? Uddannelsen? Institutet?

I det til dato mest grundige metastudie (Hattie & Marsh, 1996) konkluderes det at den statistiske korrelation mellem kvalitet af forskning og kvalitet af undervisning er meget tæt på 0. Som forfatterne selv senere konkluderer:

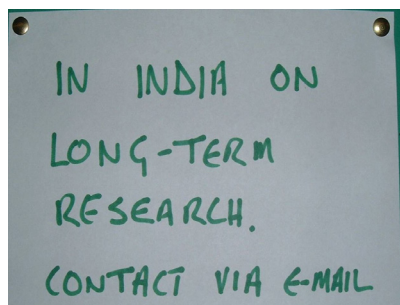
We [Hattie & Marsh (1996)] reported a meta-analysis of the relation between teaching and research among University academics. Based on 58 articles contributing 498 correlations, the overall correlation was 0.06 [...]. We searched for mediators and moderators to this overall correlation, with little success. The overall conclusion of a zero relation was found across: disciplines, various measures of research output (e.g., quality, productivity, citations), various measures of teaching quality (student evaluation, peer ratings), and different categories of university (liberal, research). (Marsh & Hattie, 2002)

Da dette resultat umiddelbart er overraskende, og visse mulige sammenhænge ikke kunne udelukkes af den tilgængelige litteratur, iværksatte Marsh & Hattie (2002) en større undersøgelse af mulige sammenhænge. F.eks. kunne det tænkes at visse positive korrelationer på institutniveau opvejedes af andre negative korrelationer på institutniveau. Altså at nogle institutter var gode til at understøtte en sammenhæng ved f.eks. positivt at belønne undervisningsmeriter, mens andre var tilsvarende dårlige. Det var ligeledes en mulighed at visse sammenhænge på individniveau kunne opveje hinanden. En hypotese i studiet var således at der er en positiv sammenhæng mellem evnen til at forske og evnen til at undervise, men at gode forskere (og dermed undervisere) oplever en tidsmæssig konflikt mellem at forske og undervise. Dvs. når man er en produktiv forsker bruger man tilsvarende mindre tid på undervisning. Resultatet af denne større undersøgelse af alle mulige (og umulige(!)) sammenhænge mellem forskning og undervisning var lige så klar: Der er ingen korrelation. Den er og bliver nul.²

Konklusionen er altså at alle mulige kombinationer af undervisningskompetence og forskningskompetence er mulige: Man kan sagtens være en

² Et mindre, kuriøst, resultat fra undersøgelsen er, at jo mere produktiv en forsker man er, jo mere tror man på en sammenhæng mellem forskning og undervisning!

god underviser, men en dårlig forsker; en god forsker, men en dårlig underviser; en god forsker og en god underviser, samt en dårlig forsker og en dårlig underviser - omend den sidste kategori næppe er særlig stor. De fleste kan vel relativt ubesværet komme i tanke om konkrete eksempler på personer i alle, eller i hvert fald de tre første, kategorier. Man bemærker samtidig at korrelationen ikke er negativ. Konklusionen fra det overvældende store metastudie og den efterfølgende kvantitative undersøgelse af indgående faktorer, er altså at det at bedrive undervisning og det at bedrive forskning først og fremmest er relativt uafhængige virksomheder.



Figur 4.1. En typisk måde for studerende at møde forskningen i undervisningen. . . ?

Dette resultat siger dog ikke at det ikke er muligt at få en positiv korrelation. Kun at den ikke kommer automatisk. Det virkelig interessante spørgsmål, og det som denne konference handler om er altså:

Hvordan opnår man positiv korrelation mellem forskningen og undervisningen?

Ovenstående resultat viser med al ønskelig tydelighed, at det ikke er tilstrækkeligt at det er forskere der underviser. Det der skal til, er at forskningen *faktisk afspejles* i undervisningen. At studerende får lov at prøve kræfter med forskningen under én eller anden form. Hvordan dette konkret skal foregå må nødvendigvis afhænge af det konkrete fag - og den konkrete forskning.

Som anført af Carl Winsløw og Lene Møller Madsen (se bidrag i antologien eller Madsen & Winsløw (2009)) er der visse af de såkaldt horisontale fag, som f.eks. geografi, hvor studerende kan deltage i at producere

konkrete publicerbare forskningsresultater allerede på bachelorniveau. Indenfor andre såkaldt vertikale fag, som f.eks. matematik, forventes ph.d.-studerende først at bidrage selvstændigt til forskningen mod slutningen af deres studium. Betyder det så, at bachelorstudier i matematik ikke kan være forskningsbaserede? Ikke nødvendigvis, men det rejser spørgsmålet om *hvordan* undervisningen kan siges være forskningsbaseret, i forskellige fag, på forskellige niveauer og på andre forskellige måder. I følgende citat bliver begrebet om forskningsbasering på samme tid generaliseret og præciseret:

For the students who are the professionals of the future, developing the ability to investigate problems, make judgments on the basis of sound evidence, take decisions on a rational basis, and understand what they are doing and why is vital. Research and inquiry is not just for those who choose to pursue an academic career. It is central to professional life in the twenty-first century. (Brew, 2006)

Følgende citat giver ligeledes et fingerpeg om hvorfor og hvordan forskning skal afspejles i undervisningen:

The most important thing about institutional forms of learning [...] is that they are supposed to prepare students for handling situations in the future, situations which are often very much unlike the situations in which students are being prepared. [...] The instruments we have for preparing students for an increasingly unknown future is our current knowledge. We have to prepare them for the unknown, by means of the known and we have to work out how that can be done. (Bowden & Marton, 1998)

Bowden & Marton peger altså på at det studerende lærer gennem undervisningen ikke bare kan være den nyeste viden fra forskningen på området. For den vil næsten helt sikkert være forældet når de studerende har afsluttet uddannelsen. I stedet må de på en eller anden måde lære selv at opsøge og producere ny viden. Og da det jo er hvad forskning handler om, må de altså skulle øve sig på at forske, på forskningens processer. Denne fortolkning af hvad forskningsbasering af undervisningen vil sige afspejles også i akkrediteringsinstitutionen ACE-Denmarks retningslinier:

Begrebet forskningsmetodiske kompetencer forstås som *erfaring med* kritisk at vurdere og vælge blandt fagområdets videnskabeligt udviklede metoder og teorier samt *færdigheder* i at anvende dem til at løse en faglig problemstilling inden for uddannelsens

område. Dette kan eksempelvis være evnen til at foretage selvstændige valg i f.eks. afgrænsningen af problemstillinger, søgning af litteratur og gennemførelse af analyser med henblik på at belyse en faglig problemstilling inden for uddannelsens område. (ACE Denmark, 2009)

Tilsvarende tanker ligger bag modellen "Student as a Scholar" som er blevet promoveret af Association of American Colleges and Universities. Organisationen tager endda ideen et stykke videre idet det anbefales at denne type forskningsbaseret undervisning bør gennemsyre hele uddannelsen:

Developing the Student as Scholar Model requires a fundamental shift in how we structure and imagine the whole undergraduate experience. It requires, as a minimum, the adoption of the Learning Paradigm in everything from the first introductory course through the final capstone experience. It requires a culture of inquiry-based learning infused throughout the entire liberal arts curriculum that starts with the very first day of college and is reinforced in every classroom and program. (Hodge et al., 2007)

Ovenstående diskussion peger samlet set på at der er forskellige måder hvorpå undervisningen kan være forskningsbaseret og at disse forskellige måder fører til forskellige typer af udbytte hos de studerende. En række forskellige typer forskningsbaseret undervisning er samlet i modellen vist i figur 4.2.

I modellen skelnes overordnet mellem fire forskellige former for forbindelser mellem forskning og undervisning, baseret på studerendes rolle i undervisningen og på om det forskningsindhold eller om det er forskningens metoder og processer der lægges vægt på. Modellen kan bruges konkret planlægningen af nye forløb og i analysen af eksisterende undervisning.

Research-led: I denne form lærer de studerende om forskningsresultater og indholdet er styret af undervisernes forskningsinteresser. Undervisningen er overvejende transmissionsorienteret.

Research-tutored: I denne form er undervisningen orienteret mod de studerendes eget arbejde med forskningsspørgsmål, f.eks. gennem essayskrivning, journal clubs mm. i samarbejde med lærere (f.eks. tutorer).

STUDENT FOCUSED		STUDENTS AS PARTICIPANTS	
EMPHASIS ON RESEARCH CONTENT	Research-Tutored	Research-Based	EMPHASIS ON RESEARCH PROCESSES AND PROBLEMS
	Curriculum emphasizes learning focused on students writing and discussing essays and papers	<i>Curriculum emphasizes students' undertaking inquiry-based learning</i>	
	Research-Led	Research-Oriented	
	<i>Curriculum is structured around teaching current subject content</i>	Curriculum emphasizes teaching processes of knowledge construction in the subject	
TEACHER FOCUSED		STUDENTS AS AUDIENCE	

Figur 4.2. Curriculum design og forsknings-undervisnings nexus (Healey, 2010) (se også Healey & Jenkins, 2009; Griffiths, 2004)

Research-oriented: I dette format lærer de studerende om forskningens processer og undervisningen lægger lige så stor vægt på hvordan viden skabes som på det konkrete indhold, og underviserne forsøger at give de studerende en forståelse af hvordan god forskning bedrives.

Research-based: I dette format lærer de studerende på samme måde som forskeren, og undervisningen er baseret på udforskning af et fænomen i samarbejde mellem studerende og undervisere.

Gode læringsforløb vil ofte indeholde en kombination af alle fire tilgange, men fokus bør især lægges på de studenterorienterede tilgange (Research-based og Research-tutored).

I det handout der blev udleveret på konferencen (Healey, 2010) og som kan downloades fra konferencehjemmesiden findes en række gode eksempler på hvordan samspillet mellem forskning og undervisning kan udfolde sig, så der kommer et frugtbart samspil mellem universitetets to væsentligste opgaver.

Litteratur

ACE Denmark (2009). *Vejledning til ansøgning om akkreditering og godkendelse af nye universitetsuddannelser*, ACE Denmark.

- URL:** http://acedenmark.dk/fileadmin/user_upload/dokumenter/Akkreditering_dokumenter/Revideret_vejledning_til_ansoegning_om_akkreditering_og_godkendelse_af_nye_universitetsuddannelser_01.pdf
- BEK nr 1402 (2009). Bekendtgørelse om kriterier for universitetsuddannelsers relevans og kvalitet og om sagsgangen ved godkendelse af universitetsuddannelser, Ministeriet for Videnskab, Teknologi og Udvikling.
- URL:** <https://www.retsinformation.dk/Forms/R0710.aspx?id=129034>
- Bowden, J. & Marton, F. (1998). *The University of Learning*, Kogan Page Ltd.
- Brew, A. (2006). *Research and Teaching. Beyond the Divide*, Palgrave Macmillan.
- Elton, L. (2001). Research and teaching: conditions for a positive link, *Teaching in Higher Education* **6**(1): 43 — 56.
- Griffiths, R. (2004). Knowledge production and the research–teaching nexus: the case of the built environment disciplines, *Studies in Higher Education* **29**(4): 709–726.
- Hattie, J. & Marsh, H. W. (1996). The relationship between teaching and research: A metaanalysis, *Review of Educational Research* **66**(4): 507 – 544.
- Healey, M. (2010). Engaging students through research and inquiry - presentation to danish conference on natural science didactics “research based teaching - realities and potentials”, Copenhagen 18-19 May 2010, Handout – tilgængelig på konferencehjemmesiden.
- URL:** http://www.ind.ku.dk/majkonference/materiale/engaging_students_in_research_and_inquiry_copenhagen_-_handout_fra_mick_til_mappe.pdf/
- Healey, M. & Jenkins, A. (2009). *Developing undergraduate research and inquiry*, Higher Education Academy.
- Healey, M. & Rump, C. (2010). Engaging students through research and inquiry, Powerpoint presentation – tilgængelig på konferencehjemmesiden.
- URL:** http://www.ind.ku.dk/majkonference/materiale/mhealey-crump-copenhagen_18_may_student_research_and_inquiry.pdf/
- Hodge, D., Pasquesi, K. & Hirsh, M. (2007). From convocation to capstone: developing the student as scholar. Keynote address ved Association of American Colleges and Universities Network for Academic Renewal Conference, 19-21. April, Long Beach, California. Tilgængelig 2. maj 2011.
- URL:** http://www.aacu.org/meetings/undergraduate_research/documents/Keynote.pdf

- Madsen, L. M. & Winsløw, C. (2009). Relations between teaching and research in physical geography and mathematics at research intensive universities, *International Journal of Science and Mathematics Education* **7**: 741 – 763.
- Marsh, H. W. & Hattie, J. (2002). The relation between research productivity and teaching effectiveness. Complementary, antagonistic, or independent constructs?, *The Journal of Higher Education* **73**(5): 603 – 641.

Forskningsbasering på universiteterne - forskelle og sammenhænge i praksis

Carl Winsløw og Lene Møller Madsen

Institut for Naturvidenskabernes Didaktik, Københavns Universitet

Den akademiske og politiske diskussion om forbindelserne mellem forskning og undervisning ved universiteterne er ladet med stærke interesser og overbevisninger, men i almindelighed også præget af svag konsensus om de grundlæggende begreber og problemstillinger. Vi gør os ingen illusioner om med denne note at ændre afgørende på den situation, dels fordi det begrebsapparat vi vil mobilisere ikke rigtig kan formidles på nogle få sider, dels fordi den politiske side af sagen under alle omstændigheder lever sit eget liv. Så hensigten med følgende sider er mere ydmygt at give en smagsprøve på, hvordan fagdidaktikken som videnskab kan modellere og analysere problemstillingen om forskningens og undervisningens forbindelser til hinanden, og derved bidrage til grundlaget for den mere politiske side af sagen. Konkret vil vi fortælle om et forskningsprojekt (Madsen & Winsløw, 2009) hvor vi specielt har interesseret os for i hvilket omfang samspillet mellem forskning og undervisning afhænger af hvad der forskes og undervises i.

Teoretisk forspil

Lad os begynde med en – mener vi – relativt uproblematisk konstatering: uanset hvordan man nærmere vil definere og beskrive dem, så er 'forskning' og 'undervisning' begge betegnelser for en vis type af menneskelig aktivitet, som finder sted i bestemte menneskelige fællesskaber (institutioner). At undersøge deres samspil kan derfor bedst betegnes som en antropolo-

gisk opgave. Og fagdidaktikken har sin egen antropologiske teori. Da vores projekt er baseret på denne teori, vil vi ganske kort introducere den.

Teorien, der i virkeligheden nok så meget er et forskningsprogram (jf. Winsløw, 2006, p. 34), kaldes “den antropologiske teori om det didaktiske” (forkortet ATD; se f.eks. Bosch & Gascón (2006) vedr. den historiske baggrund). Udtrykket “det didaktiske” henviser til menneskelige aktiviteter som er motiveret af et ønske hos en eller flere personer om at dele en bestemt viden eller kunnen med en eller flere andre personer – og det er altså sådanne aktiviteter, som teorien drejer sig om at model. Her er specielt kategorierne “viden” og “kunnen” naturligvis størrelser, som en didaktisk teori må forholde sig mere end naivt til. ATD bygger i den forbindelse på den fundamentale antagelse, at enhver menneskelig aktivitet kan beskrives vha. en udfordring eller *opgave*, som aktiviteten retter sig mod at løse – og i sammenhæng hermed, de midler eller *teknikker*, som anvendes. Det er klart, at teknikken afhænger af opgaven, men samtidig også at vores opfattelse af opgaven afhænger af teknikken: hvis to opgaver kan løses med samme teknik, kan de siges at tilhøre samme *type af opgave*, der således omfatter alle opgaver som kan løses den givne teknik. Teknikker og opgavetyper definerer dermed hinanden solidarisk – og vi betegner et sådant par (opgavetype, teknik) som en *praksisblok*.

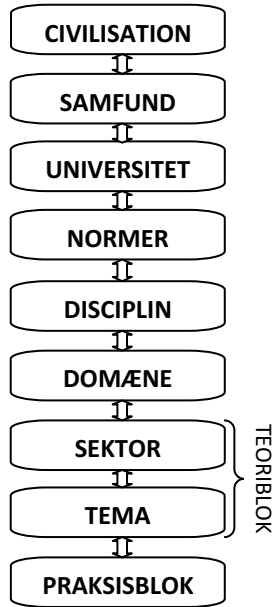
I simple tilfælde – f.eks. når opgaverne udføres mange gange, “synligt” og over kort tid – kan man studere praksisblok alene ved observation, som en slags adfærdsstudier. Men langt de fleste former af menneskelig praksis afhænger af *beskrivelser og begrundelser*, både i selve udførelsen, og når det gælder muligheden af at andre kan tilegne sig dem (eller evt. blot studere dem som “antropologer”). I det flg. vil vi referere til den sproglige og begrebslige overbygning til en praksisblok som en *teoriblok*, og til det samlede hele – praksisblok og teoriblok – som en *prakseologi*. Det er faktisk en af forcerne i ATD at modellere “praksis” og “teori” (i nogenlunde den betydning, de har i daglig tale) som elementer af human aktivitet, der er *gensidigt konstituerende*. Der er dog ikke tale om symmetrisk sammenhæng: en teoriblok kan være “fælles” for en større eller mindre gruppe af praksisblokke, og således medvirke til at skabe sammenhænge mellem dem. Sådanne sammenhænge er også afgørende ift. at skabe større og mindre praksisfællesskaber, dvs. *institutioner*. Et forskningsområde er således bl.a. karakteriseret ved at man arbejder med praksisblokke, hvis teknikker beskrives og begrundes indenfor en bestemt teori. Det samme kan siges om et fag på universitetet. Men det er også klart, at institutionen også indehol-

der rollefordelinger eller *positioner* i forhold til praksis, som er med til at bestemme om og hvordan man hører til i den.

Det er vigtigt at gøre sig klart, at institutioner – ligesom prakseologier – ofte ligger inden i hinanden som kinesiske æsker, idet begrebet omfatter alt fra *mikroinstitutioner* med en kortere levetid (f.eks. en forskningsgruppe der arbejder med et bestemt projekt) til *makroinstitutioner* (f.eks. danske universiteter, med alle deres fag, ansatte og studerende). Det er derfor centralt at gøre sig klart, på hvilket niveau man vil undersøge en bestemt aktivitet. ATD udstyrer forskeren med et redskab til at specificere og ekspliciterer dette, nemlig de såkaldte *niveauer af didaktisk co-determination* (cf. Bosch & Gascón, 2006, §5). Figur 5.1 angiver disse i en udgave, der er tillemptet vores interessefelt her. Vi kommenterer kun de niveauer, der ikke rigtig giver sig selv. “Normer” kan variere indenfor et universitet, og for så vidt angår undervisning betegnes de ofte “Pædagogik”, dvs. de bestemmelser og traditioner der er med til at bestemme undervisningen i et større afsnit af discipliner (f.eks. de naturvidenskabelige fag på Københavns Universitet); men det kunne altså også være normer for forskningen i denne sammenhæng. Domæner, sektorer og temaer er forskellige niveauer indenfor en disciplin, der for matematik f.eks. kunne være hhv. algebra, lineær algebra og ligningssystemer. En praksisblok under det angivne tema kunne f.eks. være bestemt af den teknik, der er kendt som “Cramers regel” (en regneregul, der kan anvendes på en vis klasse af ligningssystemer).

Samspillet mellem undervisning og forskning: problemet indkredses

For at studere undervisning og forskning – eller samspillet imellem dem – kan man i princippet placere sig på ethvert af de angivne niveauer, ud fra den antagelse at de betingelser man finder her er med til at bestemme de underliggende. Når man f.eks. sammenligner forskningsproduktionen på forskellige universiteter, antager man at de forskelle som iagttages er bestemt af principielle forskelle mellem universiteterne, mens man f.eks. ikke tager hensyn til de forskellige normer, discipliner osv., som findes inden for hvert af dem. De såkaldte “rankings” af universiteter er oven i købet baseret på en “sum” af sådanne sammenligninger, som omfatter både undervisning og forskning. Man kan også forsøge at finde sammenhænge mellem mål for kvaliteten af forskning og undervisning på niveauet “universitet”, f.eks. i form af korrelationskoefficienter mellem veldefinerede kvantitative mål



Figur 5.1. Niveauer af didaktisk co-determination

for hver af disse. Hvis der f.eks. her er en klar positiv sammenhæng, kunne man argumentere for at investeringer i det ene skal følges af investeringer i det andet. Der er dog en del der tyder på, at sådanne sammenhænge (positive eller negative) ikke automatisk findes på dette niveau (Hattie & Marsh, 1996).

Udgangspunktet for vores projekt har således været, at betingelserne for samspillet kunne være ganske forskellige på et lavere niveau, nemlig *disciplinniveauet* indenfor en bestemt type af universitet – med de normer, der hører til et “klassisk universitet”, og som vi i øvrigt holder fast ved alene at betragte samspillet i to discipliner på Københavns Universitets naturvidenskabelige fakultet, nemlig *matematik* og *naturgeografi*. Denne hypotese er baseret på forfatternes egen baggrund som forskere og undervisere i de to discipliner, og en aktuell forskningsinteresse vedrørende fagenes betingelser på universitetet – herunder betingelserne for at forskning og undervisning kan spille sammen på en frugtbar måde. Vores projekt har i første

omgang taget sigte på at indkredse hypoteser om forskelle og ligheder i samspillet mellem forskning og undervisning i de to discipliner gennem en kvalitativ undersøgelse af et mindre antal kollegers forsknings- og undervisningspraksis. Selv med denne afgrænsning af problemstillingen – herunder den skitserede teoretiske ramme om undersøgelsen af den – rejser der sig naturligvis en række metodologiske problemer: hvordan kan man empirisk, og fra vore respektive positioner, undersøge andres forsknings- og undervisningspraksis som “repræsentative” for disciplinen, som f.eks. med nødvendighed vi være afgrænset og bestemt af lavere niveauer end disciplinen? En forholdsvis oplagt strategi i forhold til interne variationer i disciplinen, som vi da også har forfulgt i udvælgelsen af informanter, er at sikre en vis bredde i de domæner, som informanterne forsker eller underviser i, og så lægge mærke til forskelle som disse kunne tænkes at være bestemmende for. Vores egen position ift disciplinerne er på en måde både en forudsætning og forhindring ift. undersøgelsen, og deles af enhver antropologisk undersøgelse: på den ene side må man have et vist kendskab til aktiviteten, man undersøger, og på den anden side kan en position som “deltager” i sig selv gøre det vanskeligt at forholde sig “objektivt” til den. Og for så vidt som vi her sammenligner to *forskellige* samspil mellem undervisning og forskning rejser sig naturligvis den mere principielle udfordring at etablere fælles “målestokke”, her i form af kvalitative modeller for samspillet. Vi kan ikke i nogen meningsfuld forstand hævde at have fundet optimale løsninger på denne udfordring, men vi kan eksplicit fremlægge og begrunde vore metodologiske valg som baggrund for vore resultater.

Metodologi

At forske og undervise er i praksis en aktivitet, som udøves i forskellige mikroinstitutioner. Der er stor forskel på vor længe disse lever, og betingelserne for at undersøge deres praksis- og teoriblokke er ikke ens. Fagdidaktikere arbejder i almindelighed med at analysere og eksperimentere med undervisningspraksis, og der findes en række veletablerede metoder til begge dele, bl.a. baseret på *direkte observation af praksis*. Det kan være vanskeligere at skaffe sig kendskab til de teoriblokke, som deltagerne i en undervisningspraksis arbejder med (herunder undervisningsfagets konstitution, cf. Winsløw, 2006, kap 0) men de er klart også en del af genstandsområdet for normal didaktisk forskning. Med forskningsprakseologier forholder det sig anderledes. Teoriblokkene er i en vis forstand eksplicitte og kan – i en

vis begrænset forstand – undersøges gennem publikationer af forskningens resultater. På den anden side er der mange sider af forskningspraksis, som ikke direkte belyses af forskningspublikationer – herunder hvordan forskningen organiseres i mikroinstitutioner, hvilke teknikker der anvendes især i et forskningsprojekts tidligere faser, osv. Dertil kommer, at direkte observation af forskningspraksis ofte er forbundet med meget store udfordringer, der i øvrigt genfindes for så vidt som man interesserer sig for den del af undervisningspraksis, som ikke udøves i direkte samspil med studerende (f.eks. forberedelsesarbejde).

Et af de grundlæggende valg i vores undersøgelse – som også er begrundet af vores interesse i *samspillet* mellem undervisning og forskning – har derfor været at anvende *interviews* med udvalgte udøvere fra hvert fag (fem fra hvert, om end dette valg var mere pragmatisk end principielt). Dette valg indebærer oplagt andre udfordringer, herunder en der er knyttet til interview-metoder som sådan: hvordan kan man forsøge at skaffe sig indblik i informanternes praksis som den faktisk er, *hinsides* mere eller mindre overfladiske overbevisninger de måtte have om hvordan den burde være? Samtidig har vores sammenligningsformål som allerede nævnt indebåret en fordring om at informanternes udsagn kan kodes i en fælles model (fælles kvalitativ “målestok” for samspillet), som samtidig giver rum for at observere principielle forskelle. I forhold til den valgte teoretiske ramme har vi for hver informant – under anvendelse af en interviewguide (cf. Madsen & Winsløw, 2009, p. 749f) – forsøgt, i den nævnte rækkefølge, at danne os et så præcist billede som muligt af:

- En undervisningsprakseologi indenfor rammerne af et bestemt bachelorkursus, som informanten har undervist på indenfor et år før interviewet, herunder såvel *praksis-* som *teoriblokke* så vidt muligt udtrykt gennem konkrete eksempler;
- En forskningsprakseologi indenfor rammerne af et bestemt forskningsprojekt, som informanten har deltaget i indenfor det seneste år før interviewet, herunder såvel *praksis-* som *teoriblokke* – så vidt muligt udtrykt gennem konkrete eksempler;
- Samspil mellem de identificerede prakseologier og specielt sammenhænge mellem deres praksis- og teoriblokke (kaldet *eksplicitte*, hvis de omfatter teoriblokke, og ellers *implicitte*)

Interviewene gav også informanterne lejlighed til – fortrinsvist på basis af de tre nævnte punkter – at udtale sig om deres erfaringer med mere principielle betingelser for samspillet mellem de to typer af prakseologier.

De i alt 10 interviews – hver på mellem 60 og 90 minutter - blev optaget på diktafon og efterflg. transskriberet vha. programmet *Transana-MU*, som giver mulighed for at arbejde med koder for enkeltdele af teksten. Disse omfattede i vores model foruden opgavetyper, teknikker og teorier også de forskellige typer af implicit og eksplicit samspil mellem de to praksisologier og indikationer vedr. institutionelle positioner i forhold til disse. Alle interviews blev kodet af os begge, med god konsistens i betragtning af at forfatterne ikke har samme kendskab til de to fagområder, hvis begreber og metoder naturligvis fyldte meget i materialet.

Resultater

Pladsen tillader os desværre her ikke at give eksempler fra datamaterialet, som kan illustrere de mere overordnede resultater vi uddrager af materialet – vi må her henvise til originalartiklen (Madsen & Winsløw, 2009). Pointen her er dog også mere begrænset: at præsentere de overordnede resultater og diskutere deres betydning ift. det mere overordnede spørgsmål om samspillet mellem forskning og undervisning, herunder specielt hvordan det til dels bestemmes af disciplinniveaet.

Det fremgår af alle interviews, at informanterne i et vist omfang oplever en vis tidsmæssig konflikt mellem forsknings- og undervisningsopgaver, og især matematikerne giver udtryk for at der er meget forskellige tidsmæssige perspektiver for de to dele af deres arbejde: mens undervisningsopgaver løses i en udefra bestemt rytme og med meget faste deadlines, kan forskningsprojekter ofte strække sig over flere år og der er større mulighed for at udskyde dem, en mulighed som undertiden ligefrem kan opleves som en fristelse.

Informanterne er mere eksplicite omkring teknikker end omkring teorier for så vidt angår undervisningspraksis. Og her er der markante forskelle ift. forbindelserne til forskningsteknikker. Geograferne beskriver næsten alle undervisningsforløb som indebærer at de studerende skal tilegne sig teknikker, som også forekommer i forskningsopgaver – undertiden kan de studerende ligefrem bidrage til forskningen gennem løsning af afgrænsede opgaver, f.eks. vedr. databehandling. For matematikerne er det mere overordnede træk i de studerendes arbejde – og ikke mindst i deres eget arbejde med at konstruere opgaver til de studerende – som kan forbindes med teknikker, der indgår i forskningsarbejdet. Forbindelsen er dog ofte indirekte, idet de temaer og sektorer, som indgår i matematikkurser på bachelorni-

veau, sjældent eller aldrig er de samme som dem, informanterne forsker i. Der er dog her en sandsynlig graduering ift. de pågældendes forskningsdomæner, som flere af dem i øvrigt eksplicit giver udtryk for; groft sagt kan man sige at afstanden mellem matematiske sektorer og temaer, som forekommer i undervisnings- og forskningssammenhæng, er større for informanter, hvis forskningsområde falder indenfor den såkaldt “rene” matematik. Her er sammenhængen mere – eller udelukkende – på et “metaforisk” plan, hvor generelle vendinger som “den matematiske metode” bruges til at fremhæve mere overordnede træk i, hvad de studerende kan tilegne sig. For geograferne synes der også at være en vis forskel mellem undervisere, der kan vælge at undervise i deres eget domæne, og undervisere, som i højere grad må sprede sig over forskellige, men denne forskel forekommer mere uklart i materialet.

For så vidt angår de eksplicite samspil mellem undervisnings- og forskningsprakseologier, som altså vedrører teoriblokkene, er forskellen mellem informanternes beskrivelser ret markant. Vi sammenfatter denne forskel som en beskrivelse af matematiske sektorer og domæner som “vertikal”, idet afstanden mellem prakseologierne begrundes i at disse sektorer og domæner er hierarkisk opbygget, således at man i flg. informanterne ikke – eller kun i undtagelsestilfælde – på bachelorniveau kan nå frem (eller “op”) til prakseologier, som er relevante i deres egen forskning. Geograferne beskriver derimod deres forsknings- og undervisningsdomæner som mere parallelle og dermed “horisontalt” organiserede, dvs. at de studerende relativt hurtigt – og i hvert fald i løbet af bachelorniveauet – kan beskæftige sig med opgavetyper og temaer, som er relevante for (og bidrager til) deres egen forskning.

En interessant – og i en vis forstand modsatrettet – forskel mellem informanterne fra geografi og matematik, finder vi i deres beskrivelse af forskningens mikroinstitutioner. Geograferne udfører deres forskning i vertikale organisationer, hvor “professoren” typisk leder en større gruppe af kolleger og assistenter, der afhængigt af deres placering i dette system kan udføre forskellige dele af forskningsopgaverne. Det bliver således muligt for nogle bachelorstuderende at indtage en slags assistentrolle i forhold til et større forskningsprojekt. Matematikerne arbejder derimod typisk i små, horisontale mikroinstitutioner af ligestillede kolleger med principielt samme indsigt i den sektor, forskningen falder i. De studerende behersker typisk ikke de teknikker og teorier, som indgår i en sådan sektor, og der er derfor ikke rigtig mulighed for at inddrage dem. Når matematikerne alligevel finder, at det er væsentligt for deres arbejde som undervisere, at de forsker, begrundes

de det dels med at de kan orientere undervisningen i en forskningsrelevant retning, herunder stille “forskningslignende” opgaver. Flere af geograferne giver derimod overordnet udtryk for, at der ofte er en flydende sammenhæng mellem forsknings- og undervisningsopgaver, bl.a. i kraft af den omtalte mulighed for direkte at inddrage studenterne i dele af forskningsprojektet.

Slutbemærkning

Vores materiale synes at bestyrke hypotesen om, at de aktuelle betingelser for samspillet mellem forskning og undervisning – såvel de institutionelle som de mere specifikke prakseologiske – er forskellige i de to undersøgte fag. Det væsentligste nye i den herværende tekst er artikulationen af vore tidligere resultater og projekt i forhold til niveauerne af didaktisk co-determination, som samtidig giver et for os at se interessant redskab til at situere forskellige perspektiver på den komplekse problemstilling det er at analysere betingelserne for samspil mellem universitær forskning og undervisning. Også i forhold til det mere handlingsorienterede problemstillinger, som dette tema rejser – f.eks. vedr. policy-initiativer på det enkelte universitet, som kan realiserede uudnyttede potentialer for samspillet i de enkelte discipliner – mener vi, at modellen kan være oplysende, ligesom det er klart at en afklaring af samspillet aktuelle status er en forudsætning for at sådanne initiativer kan baseres på et realistisk grundlag. Den ofte forvirrende og overvældende afstand, der er mellem policy-niveauet og de prakseologier, det skal regulere (svarende til niveauerne “normer” og “tema” i Fig. 5.1) kan en sådan analyse naturligvis ikke fjerne, men i det mindste bidrage til at klargøre.

Litteratur

- Bosch, M. & Gascón, J. (2006). Twenty five years of the didactic transposition, *ICMI Bulletin* **58**: 51 – 65.
- Hattie, J. & Marsh, H. W. (1996). The relationship between teaching and research: A metaanalysis, *Review of Educational Research* **66**(4): 507 – 544.

Madsen, L. M. & Winsløw, C. (2009). Relations between teaching and research in physical geography and mathematics at research intensive universities, *International Journal of Science and Mathematics Education* 7: 741 – 763.

Winsløw, C. (2006). *Didaktiske elementer – en indføring i matematikkens og naturfagenes didaktik*, Biofolia, Frederiksberg.

**Forbedring af sammenhæng mellem forskning
og undervisning**

Rammer for forskningsbaseret undervisning

Rie Troelsen

Center for Universitetspædagogik, Institut for Filosofi, Pædagogik og Religionsstudier, Syddansk Universitet

Temaet for Maj-konferencen 2010 og for denne konferencepublikation er sammenhængen mellem forskning og undervisning inden for de naturvidenskabelige fag – hvordan er realiteterne og potentialerne for forskningsbaseret undervisning anno 2010? Indholdet af dette bidrag vil også skrive sig under temaet om forskningsbaseret undervisning, men formen vil forsøge at gå til sagen fra den anden side af forskning/undervisningsdualiteten, – som en slags undervisningsbaseret forskning. Når man som forsker står for at skulle planlægge et undervisningsforløb (eller et oplæg), kan selve bearbejdningsprocessen give nogle indsigter og spørgsmål til et givent forskningsemne, ligesom man også kan blive inspireret i sin forskning af de studerendes spørgsmål eller svar. På denne måde håber jeg, at dette bidrag kan foranledige nogle spørgsmål eller svar hos mig selv og hos læseren, som kan inspirere i (forsknings)arbejdet med at skabe de bedste rammer for forskningsbaseret undervisning.

Grundlæggende er jeg optaget af hvordan universitetet som institution kan forbedre sammenhængen mellem forskning og undervisning. Hvilke rammer stilles op for hvordan forskningsbaseret undervisning kan foregå, og hvilke organisatoriske strukturer og institutionelle tiltag har betydning for, hvordan denne specifikke sammenhæng mellem forskning og undervisning kan praktiseres? Før dette spørgsmål kan besvares, må det dog først overvejes hvordan sammenhængen mellem forskning og undervisning er og kan være, – og om den overhovedet er til stede. Derfor indledes dette bidrag med en kort opridsning af en række undersøgelser, hvis formål var at afdække hvor og hvordan sammenhængen mellem forskning og undervisning er. Resultatet af disse undersøgelser leder hen til nogle overvejel-

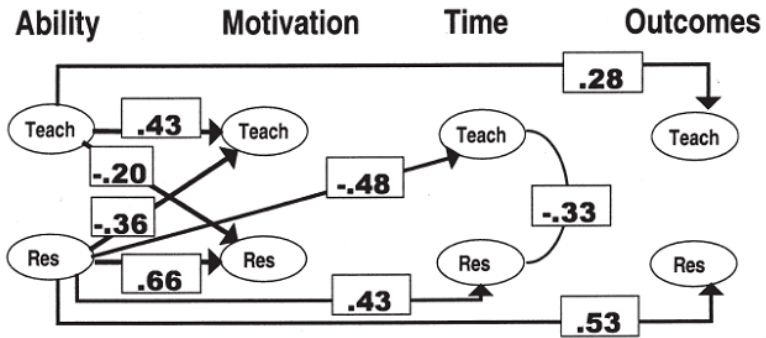
ser om, hvordan sammenhængen burde være, og sluttelig vil jeg nå frem til nogle bud på, hvilke institutionelle og organisatoriske rammer der skal til, for at (den rette) sammenhæng mellem forskning og undervisning kan praktiseres.

Hvordan er sammenhængen mellem forskning og undervisning?

Inden for forskningen i sammenhængen mellem forskning og undervisning træder især de to australske forskere, John Hattie og Herbert Marshs arbejder frem som skelsættende og ofte citerede. De havde hver især i nogen tid arbejdet med relationen mellem forskning og undervisning, da de i midten af 1990'erne sammen satte sig for at gennemgå litteraturen systematisk for at finde undersøgelser, som kunne fortælle om relationen. Deres samarbejde blev igangsat, da en af forfatterne til den første *Australian Good University Guide* – en håndbog for kommende studerende ved de australske universiteter – lod forstå, at det bedste råd hun kunne give kommende studerende var: “Udsøg dig det universitet, der har den største forskningsaktivitet, og vælg det fra!” (Hattie & Marsh, 2004, p. 2).

Hattie og Marsh ønskede at efterprøve den underliggende tese i citatet om, at forskning og undervisning var hinandens modsætninger, så de gennemgik den hidtidige litteratur om forskning i relationen mellem forskning og undervisning. Litteraturgennemgangen, som bestod i en analyse af 58 forskellige studier der tilsammen spændte over 498 korrelationer, resulterede i en vægtet gennemsnitlig korrelationskoefficient på 0,06 – at der altså tilnærmelsesvis ikke var nogen sammenhæng mellem forskning og undervisning (Hattie & Marsh, 1996).

Resultaterne fra denne undersøgelse medførte en voldsom debat – også metodisk, derfor gennemførte Hattie og Marsh en ny undersøgelse i 2002. På ét universitet med 20 institutter var de i kontakt med 182 ansatte og evaluerede 271 undervisningsforløb. De indsamlede materiale om undervisningens effektivitet ved at analysere studenterevalueringer og underviseres selvvurderinger, om forskningsproduktivitet ved at optælle antal publikationer og analysere forskeres selvvurderinger, og om mulige baggrundsvARIABLE så som bl.a. den fakultære holdning til forskning og undervisning og hvilke incitamentsstrukturer, der var til stede. Resultatet af denne undersøgelse var igen, at korrelationen mellem forskning og undervisning var tæt på nul.



Figur 6.1. Figur 1: Signifikante korrelationer mellem forskellige aspekter af forskning og undervisning. Fra (Marsh & Hattie, 2002, p. 623).

Som figur 6.1 viser, er der f.eks. en positiv korrelation på 0,43 mellem evne til at undervise og motivationen for at undervise, ligesom der er en positiv korrelation på 0,53 mellem evnen til at forske og udbyttet af forskningen. Det interessante ved figuren er dog at bemærke de korrelationer, som ikke er der. Der er således ingen målbar korrelation mellem evner for forskning og undervisning, mellem motivationen for at forske og for at undervise eller mellem forsknings- og undervisningsudbyttet. Det betyder ikke, at der ikke findes personer, som er både gode forskere og gode undervisere. En nul-korrelation mellem forskning og undervisning betyder blot, at der både kan findes ansatte, som er gode forskere og undervisere, ansatte, som “kun” er gode forskere, ansatte, som “kun” er gode undervisere – og ansatte, som er lige dårlige til begge dele.

Hvordan bør sammenhængen mellem forskning og undervisning være?

Sammenhængen mellem forskning og undervisning er der altså ikke automatisk eller som noget naturgivent. Vi kan med andre ord selv bestemme, hvordan sammenhængen skal være! Men med denne selvbestemmelse følger også en pligt til at stille rammer og strategier op for, hvordan den givne sammenhæng praktiseres bedst muligt. Tager vi udgangspunkt i, at sam-

menhængen mellem forskning og undervisning tydeligst bør manifestere sig i den forskningsbaserede undervisning, så kan man forestille sig at undervisningen indeholdt færre eller flere elementer fra denne liste (Laursen, 1998):

- Der arbejdes med fagets primære genstande og kilder og ikke blot med lærebøger og teorier
- De centrale faglige aktiviteter og metoder praktiseres i undervisningen i stedet for blot at blive omtalt
- De studerende føler sig inviteret til at være aktive deltagere i et fagligt fællesskab
- De studerende får vejledning i at arbejde og skrive forskningsmæssigt
- De studerende får mulighed for at anvende teorier og metoder på nye problemer
- De studerende får mulighed for deltagelse i autentiske forskningsprojekter
- Det faglige miljø har kontakt til fagfæller, der praktiserer faget uden for universitetet
- Lærerne er aktive forskere.

Denne liste udgør således elementer i den ideelle forskningsbaserede undervisningssituation – hvordan vi beslutter os for at sammenhængen mellem forskning og undervisning bør være. Det er værd at bemærke, at mange af disse punktbeskrivelser af den ideelle sammenhæng mellem forskning og undervisning, som f.eks. den enkelte undervisers overvejelser om at bringe forskning ind i undervisningen og underviseren som den aktive forsker samt Hattie og Marshs italesættelse af mulige sammenhænge mellem forskning og undervisning som sammenfald af god/dårlig forsker/underviser viser hen imod det individuelle niveau. Den ansatte får så at sige hele ansvaret for, at der er sammenhæng mellem forskning og undervisning på universitetet. I mange tilfælde står den forskende underviser reelt som repræsentant for sammenhængen alene i kraft af personsammenfaldet, men i dette bidrags optik er det også interessant at se på, hvad institutionen kan gøre for, at rammerne også understøtter den sammenhæng – hvad organisationen kan gøre for, at det er muligt at bedrive forskningsbaseret undervisning for den enkelte ansatte.

Muliggørende og fremelskende rammer

Forskningsbaseret undervisning kræver med andre ord, at både den ansatte og institutionen vil forskningsbaseret undervisning. Den ansatte leverer forskningsbaseret undervisning i praksis, men er afhængig af, at institutionen skaber rammer, som muliggør eller ligefrem fremelsker denne sammenhæng mellem forskning og undervisning. Jeg tænker her på rammer i bred forstand; både som hvilken ansættelses- og uddannelsespolitik institutionen fører, incitamentsstrukturer for at levere forskningsbaseret undervisning, fokus på eksamen som et styringsredskab for (også) forskningsbasering af undervisning, samt anerkendelse af at udvikling af (også) forskningsbaseret undervisning tager tid og ressourcer. Jeg vil her nedenfor udfolde disse eksempler på, hvordan universitetet som institution kan bidrage til, at dets ansatte har de bedste forudsætninger for at levere forskningsbaseret undervisning.

For at begynde ved begyndelsen, så kan universitetet føre den ansættelsespolitik (og det gør langt de fleste universiteter i langt de fleste tilfælde allerede), at man ansætter folk, som både kan undervise og forske. Bedømmelseskriterierne for, om en ansøger kan forske, er imidlertid traditionelt mere klare end kriterierne for, om en ansøger kan undervise. I stillingsannoncer for videnskabelige stillinger på universiteterne er der dog i stadig mere udbredt grad krav om dokumentation af undervisningskompetencer gennem vedlæggelse af en undervisningsportfolio til ansøgningen. Næste skridt i arbejdet med at vurdere om en ansøger kan undervise eller ej, er således at kunne (og ikke mindst at ville) kvalitetsbedømme undervisningsportfolier ud fra målbare og relaterbare kriterier på samme måde som forskningskompetencer hos ansøgere f.eks. bliver vurderet i kvalitet og kvantitet ud fra antal og status af publikationer. Har universitetet af forskellige grunde ansat folk, som ikke lever fuldt op til kravet om både at kunne undervise og forske, kan man som institution efterfølgende tilbyde (efter)uddannelse til de berørte. I praksis vil det i de fleste tilfælde sige videreudvikling af underviserkompetencer, hvilket også foregår i stor stil på universiteterne i form af obligatoriske adjunktpædagogikumforløb og andre universitetspædagogiske kurser. I bestræbelserne på at skabe de bedst mulige rammer for forskningsbaseret undervisning, kunne man i et (efter)uddannelsespolitisk perspektiv forestille sig et mere markant fokus på erfaringsudveksling og gensidig inspiration for ansatte, som ikke længe havde et adjunktpædagogikum i nylig og klar erindring, f.eks. via institutionelle krav om videreuddannelsesaktiviteter svarende til 1 ECTS mindst

hvert 5. år, som på forskellig vis omhandlede forskningsbaserede undervisningspraksisser.

I det ovenstående har rammer været forstået som regler og krav til den ansatte om at forene forskning og undervisning. Rammer, der kan skabe en forbedret sammenhæng mellem forskning og undervisning kan imidlertid også have karakter af belønning – f.eks. i form af institutionaliserede priser og udmærkelser for gode præstationer. Når målet er at skabe sammenhæng mellem forskning og undervisning, kalder det dog her til en overvejelse, om det hensigtsmæssige i at uddele priser som f.eks. Bedste Underviser eller EliteForsker. Priser som disse cementerer, at det drejer sig om to forskellige arbejdsområder og kan lede tankerne hen imod, at universitetet er befolket af enten gode forskere eller gode undervisere. Mange af Bedste Underviserpriserne er i dag institutionaliseret som en pris til den underviser, som initiativrige studerende af forskellige grunde har følt sig godt behandlet af, og den slags mulighed for de studerende at give deres mening til kende kan der være mange gode argumenter for at bibeholde. Men som led i at fremme den forskningsbaserede undervisning burde man fra institutionelt hold snarere overveje, om ikke en pris skulle indstiftes, som søgte den underviser eller det underviserteam, som leverede den bedste forskningsbaserede undervisning ud fra kriterier, som f.eks. var inspireret af listen i foregående afsnit.

Går vi tættere på den forskningsbaserede undervisning i praksis, er eksamensformen et meget stærkt redskab til at sætte standarder for undervisningen. Ikke alene fordi den i et læringsperspektiv har en *backwash* effekt, idet de studerende tillægger et kursus de mål, som indirekte bliver ekspliciteret i eksamen, men også fordi underviseren naturligvis må tilrettelægge kursets undervisningsaktiviteter, så de leder hen imod det, eksamen skal teste. Eksamensformer kan derfor også tænkes som institutionelt rammesættende for den forskningsbaserede undervisning. Et banebrydende arbejde ville i den forbindelse være kritisk at gennemgå samtlige anvendte eksamensformer ved institutionen for at identificere hvordan og i hvilken grad hver enkelt eksamensform pegede hen imod undervisningsmål og –aktiviteter, som kunne kategoriseres som forskningsbaserede efter f.eks. listen i det foregående afsnit.

Og ganske overordnet: en væsentlig forudsætning for at levere forskningsbaseret undervisning på højeste niveau er selvfølgelig den fornødne tid. Tid til udvikling af nye undervisningskoncepter, tid til erfaringsudveksling, tid til almindelig refleksion over hvad forskningsbaseret undervisning er og kan være inden for netop den enkeltes faglighed – enten alene eller

med andre. Måske kan vi begynde at operere med forskningsfri semestre med jævne mellemrum til den enkelte underviser i stil med de gængse undervisningsfri semestre?

Og så er det nu, idéen om den undervisningsbaserede forskning skal stå sin prøve: Hvilke tanker om muliggørende og fremelskende rammer for den ideelle forskningsbaserede undervisning har dette bidrag sat i gang hos jer læsere? I arbejdet med dette bidrag har andre rammer spøgt i mine tanker – kunne man f.eks. forestille sig institutionelle krav om, at al undervisningsplanlægning foregår i teams, hvor den forskningsbaserede undervisning kunne drage nytte af gensidig inspiration, formaliseret erfaringsudveksling og kollegial støtte? Eller at al undervisning foregår i lokaler, som lægger op til undervisning, der inddrager forskning og som f.eks. ikke ligner undervisningslokaler, som de ser ud i andre institutioner, som ikke leverer forskningsbaseret undervisning (f.eks. gymnasier)? Disse rammeforslag er ikke medtaget her, da de ved første øjekast virker temmelig rabiate. Men måske kan de kvalificeres af nærmere eftertanke, jeres input, måske endda punktvis afprøvninger? Der er hermed lagt op til åben debat.

Litteratur

- Hattie, J. & Marsh, H. W. (1996). The relationship between research and teaching: A meta-analysis, *Review of Educational Research* **66**(4): 507 – 542.
- Hattie, J. & Marsh, H. W. (2004). One journey to unravel the relationship between research and teaching. Paper presented at the Research and teaching: Closing the divide? An international colloquium, Winchester, Hampshire.
- Laursen, P. F. (1998). Forskningsbaseret undervisning – og læring, i T. S. Gabrielsen & P. F. Laursen (red), *At undervise i humaniora*, Samfundslitteratur, Frederiksberg, pp. 93 – 109.
- Marsh, H. W. & Hattie, J. (2002). The relation between research productivity and teaching effectiveness. Complementary, antagonistic, or independent constructs?, *The journal of higher education* **73**(5): 603 – 641.

**Forskningslignende opgaver i matematiske og
fysiske fag**

Temaopgaver i matematik

Niels Grønbæk[†] og Carl Winsløw[‡]

[†]Institut for Matematiske Fag, Københavns Universitet

[‡]Institut for Naturfagernes Didaktik, Københavns Universitet

Temaopgaver er et undervisningsformat der muliggør at organisere et givet kursus, traditionelt fastlagt mht. til indhold og undervisningsformer, på en måde der fremmer de studerendes selvstændige arbejde og som understøtter en begyndende professionalisering (forstået ift. forskningsmatematik som profession). Formatet støtter videnstilegnelse på en måde som modalt er forskning og forudsætter på universitetsniveau at underviseren har en universitær forskningsbaggrund.

Om forskningsbasering

Enhver adressering af positionen *Forskningsbaseret undervisning* bør artikulere svar på

På hvilken måde har studerende gavn af deres læreres forskningsbaggrund?

Hvilke kvaliteter ved forskningsvirksomhed fremmer de studerendes læringsudbytte?

Hvordan kan undervisningen tilrettelægges så den indbefatter forskningslignende aktiviteter?

Forskningsbaseret undervisning er i sin mest banale betydning undervisning der varetages af personer, som samtidigt er forskere i det pågældende undervisningsfag. Den bagvedliggende tanke for denne opfattelse er, at lærerens forskningsbaggrund uvægerligt vil afspejle sig i vedkommendes undervisning, altså at lærerens to roller, forsker og underviser, på frugtbar vis

spiller sammen i undervisningen næsten af sig selv (og dualt: i forskningen, men dette er ikke i fokus for nærværende betragtninger). Burton (2004) har undersøgt dette samspil gennem omfattende interviews af 43 universitetsmatematikere. Forskning, opfattet som forskerens egen læring, beskrives gennemgående af alle de interviewede i termer så som at opstille formodninger, formulere problemer, søge svar - gerne flere til samme spørgsmål, og i dette at forholde sig åbent, intuitivt og spørgende både i fagsociale sammenhænge og individuelt. Det beskrives endvidere ofte som ledsaget af æstetiske oplevelser og dyb intellektuel tilfredsstillelse. I modsætning her til står den traditionelle, transmissive klasseundervisning, hvor læreren er meddeler af viden, som er færdigformuleret i mere eller mindre endegyldig form, rækkefølge, indhold og fremstilling. Der er med andre ord, hvad Burton kalder en 'uhyrlig kløft' ('a monstrous gap' Burton, 2004, s. 198) mellem universitetsmatematikeres beskrivelser af egne læringssituationer, og så de læringssituationer som modtagere af matematikundervisning (herunder universitær) almindeligvis oplever. Det svarer for universitetsmatematikeren også til en stor forskel på forsknings- og undervisningsaktiviteten (jf. Winsløw & Madsen, denne udgivelse).

At opretholde disse to roller kan synes at grænse til det skizoide. Der er dog forståelige grunde til at det ikke desto mindre kan forekomme helt naturligt. Med den franske matematikdidaktiker G. Brousseaus ord:

Mathematicians don't communicate their results in the form in which they discover them; they re-organize them, they give them as general a form as possible. Mathematicians perform a "didactical practice" which consist of putting knowledge into a communicable, decontextualized, depersonalized, detemporalized form. (Brousseau, 1997, p. 227)

Med 'didaktisk' refererer Brousseau til at hensigten er at gøre viden tilgængelig. At formen er afpersonaliseret betyder at modtageren er irrelevant og kan antages at have en hvilken som helst forhåndsviden, der måtte kræves. Matematik fremstår herved i en vertikal struktur, hvor viden er formuleret i udsagn om nøje fastlagte begreber. Disse udsagn er organiseret i et stramt hieraki på baggrund af logisk deduktion. Begreberne er abstrakte idéer (f.eks. idéen tallet '3'), der er robuste over for formallogiske manipulationer og som kan fortolkes entydigt i enhver konkretisering. Mens matematikkens eksistensberettigelse som samfundsforeteelse primært beror på brugbarheden af de matematiske udsagn, når de konkretiseres ('anvendt matematik'), er nerven i det rent matematikfaglige processen, hvormed den hierakiske struktur opbygges, dvs. formulering af begreber og udsagn samt beviser for udsagnenes gyldighed. Den endelige form som Brousseau beskriver ovenfor

er poleret, komprimeret, redundansfri og entydig. At tilegne sig en sådan viden kræver en betydelig indsats, og da formålet bl.a. er kommunikativt (men ikke pædagogisk), lægges der indirekte op til at indholdet i en undervisningssammenhæng skal videregives ved udelukkende at blive meddelt og forklaret. Underviseren lader sig i en vis forstand besnære af den autoritet og eksklusivitet, hvormed matematikken præsenterer sig selv.

Imidlertid er der megen evidens for at den absorberende tilegnelse som denne meddelende form lægger op til højst er optimal for ganske få. Med ord fra en af deltagerne i Burtons undersøgelse:

Whether what you are thinking about is new, research, known things or not, for you it is all new. When you understand a new proof, it becomes your own. Internally it is as though you did it. You feel you did it even if someone else did it. Internally it feels much the same because you have understood it. (Burton, 2004, p. 174)

Det gælder altså om at tilvejebringe en konstruktiv tilegnelse, hvor lærestoffet personliggøres i et forløb der ikke adskiller sig væsentlig fra egentlig forskning. Ifølge Brousseau indebærer dette fra lærerens side en proces der er modsatrettet den ovenfor nævnte 'didaktiske praksis', en *devolution*¹: den matematiske viden må genkontekstualiseres og genpersonaleres, således at den igen kan blive genstand for en forskningslignende erkendelsesproces og herefter overgives til de prospektivt lærende. Det miljø i hvilket læring skal finde sted, behøver naturligvis på ingen måde at være lig med eller blot at ligne de historiske forskningsomstændigheder. Der er tale om en rent pædagogisk iscenesættelse. I Brousseaus model er det afgørende at devolutionen sker til en *adidaktisk situation*, dvs. en situation hvor læring kan foregå uden eksplicit indblanding fra lærerside. En forskningsbaggrund hos læreren er en nødvendig forudsætning for at kunne tilrettelægge alt dette på en måde der er autentisk ift. indholdets betydning i universitetsfaget.

¹ Devolution var den handling at kongen, ved guddommelig adkomst, afgav magt til et kabinet. 'Devolution' betyder 'det er ikke længere min vilje; den skal blive jeres, men jeg giver jer denne rettighed, fordi I ikke selv kan tage den'. På samme måde overgiver matematikunderviseren en problemholdig situation til den lærende i den hensigt, at vedkommende rekonstruerer den viden, som er nødvendig for at overvinde problemerne i situationen.

Temaopgaver

Der er mange aspekter af temaopgaver. Her skal vi redegøre for de forhold der mest oplagt kan beskrives under konferencens tema. Uddybende teoretiske redegørelser kan findes i (Grønbæk & Winsløw, 2006, 2007; Grønbæk et al., 2009) og i mere brugerorienterede versioner i (Grønbæk & Winsløw, 2003a,b). Nærværende fremstilling består i stor udstrækning af uddrag fra disse.

Temaopgaveformatet er udviklet med to formål, dels at designe forløb med eksplicit vægt på kompetencer knyttet til et indhold, dels at øge kvaliteten af de studerendes arbejde. Sådanne foki har givetvis til alle tider været til stede i udbytterig undervisning, men nok ofte implicit. Vores bagvedliggende tanke har været at ekspliciteringen vil forbedre både det faglige udbytte og oplevelsen heraf. Til fremme af disse formål er det vigtigt at de studerende bliver bevidste om deres egen del i læringen. Som en studerende har udtrykt det²:

...Men arbejdsprocessen med temaopgaverne har været meget lærerig. Jeg har lært noget om at definere en problemstilling, om at løse den, og om at formulere sig præcist. Alt i alt synes jeg, at kurssets opbygning med temaopgaver var vellykket, og at det hårde arbejde gav gevinst i sidste ende.

En anden studerende udtrykker ligeledes, hvorledes denne proces er blevet gjort til vedkommendes personlige anliggende:

...Jeg føler at temaopgaver giver en meget bedre forståelse for stoffet end at lære nogle beviser udenad. Det er mere overskueligt.

‘Ansvar for egen læring’ er et af de fremherskende slagord i de senere års debat om undervisning. Modstandere af denne forholdsvis diffuse idé (og fladpandede fortalere) hævder at det betyder at læreren bliver ansvarsfri (= uansvarlig) i samme omfang som de studerende tager ansvar. Dette er selvfølgelig ikke tilfældet. Til alle tider har undervisning betydet at (den indsigtfulde) lærer påtager sig ansvaret for at den prospektivt lærende faktisk har mulighed for at lære. Så en mere frugtbar fortolkning af idéen er at lærerens ansvar skifter karakter. Det mest eklatante udtryk for skiftet er nok at med ansvarsoverdragelsen forpligter læreren sig på at inddrage de studerendes præmisser og arbejdsbetingelser på en langt mere direkte måde i evalueringen (eksamen) – og vel at mærke på en måde som har faglig dybde og relevans.

² Studerende citeres fra e-mail-rundspørge efter eksamen.

Nærmere beskrivelse af temaopgaveformatet

En temaopgave består af en række spørgsmål, som knytter an til et forholdsvis afgrænset indholdsområde i kurset, men som ikke direkte er behandlet i den øvrige stofgennemgang i kurset. Spørgsmålene varierer fra ret lukkede spørgsmål a la 'Redegør for begreberne som indgår i ...' til forholdsvis åbne spørgsmål: 'Hvad er din formodning om sammenhængen mellem ...? Begrund din formodning ...? Kan du skærpe det til en verificering?' Hver temaopgave indledes med dels en angivelse af hvilke faglige kompetencer temaopgaven sigter mod at udvikle, dels en angivelse af kernespørgsmål, som udvælges bl.a. så de i sig selv danner en sammenhæng. I Appendiks kan man se et eksempel.

Det er afgørende at nogle af spørgsmålene kan besvares på flere niveauer, således at de studerende får mulighed for at demonstrere grundlæggende indholdsspecifik kompetence også selv om kompetencen ikke beherskes med høj grad af sofistikation og teknisk formåen. Hvis dette ikke tilgodeses, vil antageligt kun de mest avancerede studerende opnå egentlig ejerskabsfølelse af kursusindholdet. Eksempelvis kan en studerendes forståelse af en matematisk sætning overskygges af at den pågældende ikke kan gennemføre sætningens bevis i sammenhænge med meget få erklærede forudsætninger, men godt kan i mere specialiserede situationer.

Endvidere tilstræbes det at svarene på nogle af spørgsmålene kan opgraderes i løbet af kurset. F.eks. kan en rent beskrivende besvarelse i starten af kurset senere understøttes af en model, eller en konkret egenskab kan senere erkendes som et eksempel på et mere generelt fænomen.

Antallet af temaopgaver som giver en passende dækning af kursets indhold er naturligvis afhængigt af fag- og kursusspecifikke forhold. Temaopgavernes indplacering i kurset i øvrigt:

- Alle temaopgaver offentliggøres ved kursusstart
- Arbejdet med temaopgaver foregår i grupper på 2-4 studerende
- Temaopgaverne er identiske med de spørgsmål, som kan trækkes ved mundtlig eksamen
- Hver studerende kan til mundtlig eksamen fravælge 1 opgave.

Ved at gøre temaopgaverne til eksaminationsgrundlaget for den mundtlige eksamen har vi sagt så tydeligt som muligt at temaopgaverne er essentielle for den faglige tilegnelse. Det er altså ikke en aktivitet man kan fravælge mod at lære sig stoffet på anden vis.

En temaopgavebesvarelse kan beskrives som en udvidet eksamensdisposition. Den danner grundlag for eksaminationen, både for eksaminand og

eksaminator. Den må ikke fylde mere end 5 A4-sider. Der er altså ikke tale om en egentlig rapport. Temaopgaven er mere omfattende end hvad der kan nås til eksamen, så besvarelsen indbefatter at den studerende har valgt fokus og dermed også fravalgt dele af temaopgaven.

Nogle konkrete tematyper

Temaopgaver tematiserer kurset på flere led, først og fremmest naturligvis indholdsmæssigt. Men temaopgaver må ikke blive blot en kapitelinddeling af kurset. For at give et indtryk af variationsmuligheder i tematiseringen af et kursus mht. andre aspekter anføres her nogle typer:

- *Udforskning af teori*: Temaopgaven angiver en teoretisk ramme og nogle sammenhænge mellem faglige objekter, evt. indførelse af et begreb som kan afledes umiddelbart ud fra kurset. Begrebet udforskes. Nogle fremsatte hypoteser skal afprøves. Kendte resultater fortolkes i lyset af det nye begreb.
- *Udforskning af empiri*: En variant af overstående. Temaopgavens rammer kan have form af en eksperimentel opstilling, f.eks. en computersimulering. Opstillingen udforskes. Hvad sker der, hvis man ændrer på parametre? Skal opstillingen designes om? Hypoteser afprøves. (Kan man ud fra de foreliggende prøver afgøre om ...? Hvilke yderligere undersøgelser skal der eventuelt til?)
- *Strukturering*: Forståelsen af et stofområde kan kræve ombrydning og udpakning af logisk struktur. Temaopgaven fokuserer på stofområder fra kurset, hvor dette er særlig væsentligt.
- *Objektegenskaber*: Temaopgaven omhandler et konkret, relativt kompliceret fagligt objekt, som illustrerer nogle fundamentale aspekter af kurset.
- *Anvendelser*: Temaopgaven omhandler et konkret resultat som har rige anvendelser i forskellige sammenhænge, som kan være både fag-interne og fag-eksterne, både teoretiske og praktiske.
- *Perspektiv*: Temaopgaven omhandler et resultat eller en konstruktion, som rækker afgørende ud over kurset, f.eks. ved at motivere (behovet for) ny teori, eller ved at sætte kendte resultater ind i en overordnet ramme.
- *Afklaring (f.eks. af teoristof)*: Temaopgaven omhandler et kursusområde, hvis behandling, f.eks. i lærebog, kræver en uddybning eller er kritisk.

Tilrettelæggelse og udførelse

Tilrettelæggelse af temaopgaver giver nogle nye opgaver for læreren. Overordnet kan indførelse af temaopgaveformatet deles op i følgende faser:

- i. En analyse af didaktiske problemstillinger i den pågældende undervisningsenhed. Hvor ser man vanskeligheder i de hidtidige forløb? Hvilke kompetencer og indholdskomponenter indgår? Hvilke bindinger er der ifølge studieplan? etc.
- ii. Identifikation af nogle indholdsområder som er centrale for undervisningsenheden og som er repræsentative for det samlede indholdsspektrum.
- iii. Identifikation af nogle kompetencer som er centrale for faget og som er repræsentative for undervisningsenheden.
- iv. Formulering af temaopgaver, tilgodesende ii. og iii., se Afsnittet "Nærmere beskrivelse af temaopgaveformatet".

Hertil kommer selvfølgelig afprøvning, logistik, afvikling og evaluering med henblik på fremtidige forløb.

Formulering af temaopgaver er en form for genkontekstualisering, og kræver som sådan, ud over hvad der er nævnt ovenfor, epistemologisk analyse af udvalgte begreber med henblik på tilrettelæggelse af scenen for de studerendes erkendelsesproces.

Feedback

Feedback er et kritisk didaktisk punkt ved konceptet. Det er kontraproduktivt og uetisk at hensætte de studerende i en tilstand, hvor de kun kan gisne om hvorvidt de er på rette vej. Talrige undersøgelser viser at usikkerhed om kriterier fremmer overfladelæring (eller, mere præcist, 'kontraktadfærd', jf. Grønæk et al. (2009)). På den anden side er det ødelæggende for temaopgavekonceptet, hvis tilbagemeldinger er for håndfaste. Formuleringer a la 'I er på rette vej ...', 'dette kan sagtens danne udgangspunkt for eksamination', 'dette bør uddybes ...', etc. kan være retningsgivende for feedback. Eksplícitte løsningsforslag er oplagt bandlyste.

Feedback på temabesvarelser gives først og fremmest af kurssets tilknyttede instruktører. Feedback fra den kursusansvarlige kan også være af ovennævnte art, men vil ofte dreje sig om spørgsmål af mere generel karakter.

I sin form minder denne feedback om peer review af videnskabelige artikler i den forstand, at der forekommer en 'godkendelse', at der kan stilles

specifikke krav om revision, men at der ikke er en endelig standardbesvarelse. Peer-aspektet er selvfølgelig ikke helt autentisk (bedømmerne 'ved mere' end forfatterne), men hensigten er en lignende. Det forbliver forfatterne som står inde for indholdet.

Eksamen

Temaopgaverne er som nævnt lig med spørgsmålene i en 30 minutters mundtlig *individuel* eksamen. Ved eksaminationens start meddeler den studerende hvilken temaopgave der fravælges, hvorpå der trækkes lod blandt de resterende. Formålet med fravalgsmuligheden er, ud over at mindske den enkeltes arbejdsbyrde, at give lejlighed til at den studerende får en vis medindflydelse på eget eksaminationsgrundlag. Citat:

(Jeg fravalgte opgaven om fikspunkter fordi) jeg syntes ikke jeg ville stå til eksamen og regne specifikt og ellers "rode med ulighedstegn" for at vise det med konstanten. Jeg kan bedre lide at gennemgå mere teoretisk og syntes derfor ikke der var kød nok på fixpunkter.

Det er velkendt, både som erfaring hos den enkelte underviser og forskningsdokumenteret, at eksamen udgør et af de kraftigste styringsinstrumenter i undervisningen. Temaopgavekonceptet udnytter dette meget eksplicit. I konsekvens heraf er det nødvendigt (endnu mere end ellers) klart at beskrive, hvad eksamenskravene er. Kernespørgsmålene tjener (ud over deres rent faglige funktion) hertil. Eksamenskrav kan f.eks. angives ved en beskrivelse af minimumskrav i form af (visse) angivne kernespørgsmål besvaret 'jævnt tilfredsstillende' og en beskrivelse af en fuldt tilfredsstillende præstation i form af afrundet præsentation af kernespørgsmål, hvor den studerende på forlangende kan redegøre for samtlige kernespørgsmål.

Den daglige undervisning

Ved udarbejdelsen af temaopgaver er det vigtigt at disse kommer til at dække et bredt udsnit af centrale stofområder samtidig med at temaopgaverne illustrerer vigtige og forskelligartede aspekter af tilegnelse og udøvelse af faget. Tematiseringen er altså både indholds- og modalorienteret. En af hovedideerne med temaopgaver er at henlægge en stor del af arbejdet med teoretiske aspekter til de studerendes regi, altså til en slags adidaktisk situation (se Grønbæk et al. (2009) for en nærmere belysning af dette). Dette har en række konsekvenser. Først og fremmest må man gøre sig klart at det

indebærer frigivelse af en del af lærerens ansvar. Med temaopgaver får forelæserens opgave større vægt på at perspektivere, pege på centrale områder og tilknytning til temaopgaver, give anvisninger etc. Eksempelvis kan det være en god idé at bruge en del tid på at gennemgå et afsnit som i sig selv er af underordnet betydning for kursets indhold, men som er eksemplarisk for fagets argumentationsmåde.

Afrunding

Formatet blev til som forsøg på at opfylde nogle behov, som vi følte ikke blev dækket i kursets tidligere form. Selv om vores kontekst har været matematik, er behovene af generel natur og giver mening i andre faglige sammenhænge:

- a) Fagligt ønskede vi at bringe en række såkaldte specifikke kompetencer (for en nærmere beskrivelse, se (Grønæk & Winsløw, 2006, 2003a)) i samspil inden for væsentlige indholdsområder. Man kan anskue fagligt virke som den synergetiske effekt af en række kompetencer knyttet til i sig selv isolerede og forholdsvist snævre indholdsområder. Disse specifikke kompetencer er typisk de kompetencer som trænes i øvelsesundervisningen, (f.eks. at bestemme spredning for en stokastisk variabel med nærmere bestemt fordeling, eller at klassificere en bestemt plante ud fra antallene af kronblade og støvdragere.)
- b) Endvidere ønskede vi at fremme selvstændighed i arbejdet med det faglige, herunder i en given opgave evnen til at fastlægge et fagligt niveau, som svarer til ens ambitioner og formåen.
- c) Den faglige kommunikation, både studerende imellem, mellem lærer og studerende, samt som præsentation, skulle udvikles.
- d) Endeligt skulle kurset give gode betingelser for udvikling af affektive aspekter, først og fremmest i form af 'ejerskab til det faglige indhold' og af 'indsocialisering' af faglige normer.

Disse 4 forhold angår den faglige udvikling. Endskønt temaopgaver omhandler teoristof som er eksplicit nedfældet i kursets lærebogsmateriale, er de formuleret med drejninger og perspektiver som tvinger den studerende til genopdagelse, dvs. essentielt at gennemgå et forskningsagtigt forløb. Temaopgaverne og eksamenskravene er endvidere udformet med henblik på at støtte metaaspekter i forhold til læring, 'at vide hvad jeg ved' og i forhold til det faglige stof, 'progression og tilbageblik'. Undervejs afprøves

opnåede indsigter i fagsociale rammer (indbyrdes i arbejdsgrupperne, arbejdsgrupperne imellem, via feedback fra instruktører og forelæser) snarere end ved traditionel 'blåstempling' i form af retning af besvarelser. Men til den afsluttende eksamen afprøves indsigtens individuelt. Alle disse forhold er skridt på vejen til at tænke som og føle sig professionel som matematiker.

I mere horisontalt organiserede fagdiscipliner kan man sagtens forestille sig at gennemsnitlige studerende deltager i publicerbar forskning, f.eks. ved at arbejde med relativt ukomplicerede hjørner af et større forskningsprojekt. Den stramme vertikale organisering af matematik beskrevet i afsnittet "Om forskningsbaseret" (s. 35) er en velprøvet tradition med mere end 2000 år på bagen. Der er afgørende faglige og institutionelle grunde til at den opretholdes i universitetsverdenen. Men den bevirker at der er meget lang vej frem til egentlig ny viden. Omend der findes matematiktidsskrifter som publicerer egentlig forskning udført af eksempelvis bachelorstuderende, vil det i matematik grundet denne vertikale organisering som hovedregel være et elitært fænomen. Forskningsbaseret som paradigme for undervisning kan derfor i matematik kun undtagelsesvist realiseres ved at studerende deltager i underviserens egen forskning. Til gengæld rummer faget et væld af muligheder for at læring kan ske i en forskningslignende erkendelsesproces (se f.eks. Mason, 2002).

Litteratur

- Brousseau, G. (1997). *The Theory of Didactical Situations in Mathematics*, Kluwer, Dordrecht.
- Burton, L. (2004). *Mathematicians as Enquirers, Learning about Learning Mathematics*, Kluwer, Dordrecht.
- Grønbæk, N., Misfeldt, M. & Winsløw, C. (2009). Assessment and contract-like relationships in undergraduate mathematics education, i O. Skovsmose, P. Valero & O. R. Christensen (red), *University Science and Mathematics Education in Transition*, Springer, New York, pp. 85–108.
- Grønbæk, N. & Winsløw, C. (2003a). Kompetencebeskrivelser i universitetets virkelighed, Center for Naturfagernes Didaktik, Københavns Universitet. Didaktips 1.
- Grønbæk, N. & Winsløw, C. (2003b). Temaopgaver. et format til fremme og evaluering af dybdelæring, Center for Naturfagernes Didaktik, Københavns Universitet. Didaktips 4.

- Grønbæk, N. & Winsløw, C. (2006). Developing and assessing specific competencies in a first course on real analysis, i F. Hitt, G. Harel & A. Selden (red), *Research in Collegiate Math. Ed. VI*, American Mathematical Society, USA, pp. 99–138.
- Grønbæk, N. & Winsløw, C. (2007). Thematic projects: a format to further and assess advanced student work in undergraduate mathematics, *Recherches en Didactique des Mathématiques* **27**(2): 187–220.
- Mason, J. H. (2002). *Mathematics Teaching Practice, a Guide for University and College Lecturers*, Horwood, West Sussex.

Appendiks: En temaopgave fra kurset Matematik 2AN, 2003

HOMEOMORFI

Kompetencemål

- At kunne redegøre for begreber inden for et teoriområde;
- at kunne omskrive uformelle logiske udtryk, således at de bliver tilgængelig for en bevisstrategi;
- at kunne redegøre for (egne) matematiske formodninger om et forelagt konkret objekt eller udsagn;
- at kunne skærpe sådanne formodninger til et forslag til en sætning og evt. bevis for sætningen.

Kernespørgsmål: 1, 2, 3 og ét af 7, 8, 9

Betragt sætningen³

Sætning. Lad (M, d) og (N, ρ) være metriske rum og lad $f: M \rightarrow N$ være en bijektiv afbildning. Da er følgende fem påstande indbyrdes ensbetydende

- (1) f er en homeomorfi.
- (2) $x_n \xrightarrow{d} a \iff f(x_n) \xrightarrow{\rho} f(a)$.
- (3) G er åben i $M \iff f(G)$ er åben i N .
- (4) F er afsluttet i $M \iff f(F)$ er afsluttet i N .
- (5) Forskriften $\widehat{d}(x, y) = \rho(f(x), f(y))$, $x, y \in M$ definerer en metrik på M som er ækvivalent med d .

Spørgsmål 1.

Redegør for de indgående begreber.

Spørgsmål 2.

Vis så mange som muligt af ækvivalenserne. Det er herunder vigtigt at du redegør for den logiske struktur af udsagnene og klart anfører antagelser og konklusion således at de forskellige påstande bliver tilgængelige for et bevis.

³ Sætningen er formuleret i lærebogen, men ikke bevist.

Vi betragter nu flere udsagn

(6) For enhver funktion $g: N \rightarrow \mathbb{R}$ gælder

$$g \circ f \text{ er kontinuert} \iff g \text{ er kontinuert.}$$

(7) K er kompakt i $M \iff f(K)$ er kompakt i N .

Spørgsmål 3.

Hvad er dit bud på sætningens sammenhæng med udsagn (6)? Giv begrundelser for dit bud. Formulér det som en matematisk sætning (altså et teorem).

Spørgsmål 4.

Kan du skærpe dine begrundelser til et bevis for din sætning?

Spørgsmål 5.

Hvad er dit bud på sætningens sammenhæng med udsagn (7)? Giv begrundelser for dit bud. Formulér det som en matematisk sætning.

Spørgsmål 6.

Kan du skærpe dine begrundelser til et bevis for din sætning?

Spørgsmål 7.

Lad $M = \{\frac{1}{n} \mid n \in \mathbb{N}\}$ og $N = \mathbb{N}$ betragtet som metriske delrum af \mathbb{R} . Er M og N homeomorfe? Understøt din påstand. Kan du uddybe det til et bevis?

Spørgsmål 8.

Betragt delmængderne $M = \{(x, y) \mid |x| + |y| \leq 1\}$ og $N = \{(x, y) \mid x^2 + y^2 \leq 1\}$ af \mathbb{R}^2 begge udstyret med den sædvanlige metrik. Er M og N homeomorfe? Understøt din påstand. Kan du uddybe det til et bevis?

Spørgsmål 9.

Betragt intervallet $I = [0, 2\pi] \subseteq \mathbb{R}$ og enhedscirklen $\mathcal{C} \subseteq \mathbb{R}^2$ begge udstyret med de sædvanlige metrikker. Er I og \mathcal{C} homeomorfe? Understøt din påstand. Kan du uddybe det til et bevis?

Uformaliserede opgaver og fysisk tankegang

Martin Niss

Institut for Natur, Systemer og Modeller, Roskilde Universitet

Roskilde Universitet har siden 1976 udbudt et kursus i fysisk problemløsning. Kursets formål annonceres som at lære de studerende at tænke som fysikere, hvilket defineres som evnen til at løse såkaldte uformaliserede opgaver (populært kaldet ”breddeopgaver”). Kurset har ry blandt de fysikstuderende for være hårdt, men givende og relevant. En del studerende har fortalt mig at de har brugt deres præstation på kurset som en lakmusprøve på om en karriere som fysikere var noget for dem – nogen med positivt resultat, andre med negativt. I det følgende beskrives hvad der menes med fysisk tankegang og hvordan uformaliserede opgaver bidrager til træningen af denne tankegang.

Kurset¹, hvis hovedbagmand er Jens Højgaard Jensen, er placeret på bacheloruddannelsens tredje år og strækker sig over et år. Holdstørrelsen varierer fra år til år, men er af størrelsesordenen 10 studerende. ”Pensum” udgøres af en opgavesamling på ca. 500 opgaver indenfor fysikkens teoribygninger (mekanik, termodynamik, elektrodynamik osv.) samt visse fænomenteorier (faststoffysik, atom-, kerne, og elementarpartikelfysik). Kurset afsluttes med to fire-timers skriftlige prøver uden andre hjælpemidler end papir og blyant. Ved hver prøve skal de studerende vælge fire ud af fem opgave, hvis besvarelse de ønsker skal indgå i bedømmelsen.

Kursets grundidé er at det er et væsentligt aspekt af dét at kunne tænke som en fysiker, at man er i stand til at kunne angribe og løse problem-

¹ Kurset blev lavet om i 2007, men da disse ændringer ikke er relevante her og for ikke at komplicere unødigt, har jeg valgt udelukkende at referere til kurset, som der var før 2007.

stillinger fra dagligdagen ved hjælp af fysik samt at flaskehalsen for at kunne opføre sig sådan, er evnen til at kunne “stille skarpt” på sådanne problemer (Niss & Højgaard Jensen, 2010). For at træne denne evne bruges uformaliserede opgaver. En række eksempler på sådanne opgaver optræder i figur 8.1.

Estimer en øvre grænse for den effekt en vindmølle kan levere
 Hvilken form har overfladen af en væske i en centrifuge?
 På oliehimler iagttages undertiden farvede ringe. Hvor tykke er disse himler? Er den blå ring inderst eller yderst?
 Hvordan afhænger gnidningsmodstanden på en bevæget genstand i en stærkt fortyndet gas af genstandens fart?

Figur 8.1. Typiske eksempler på uformaliserede opgaver.

Uformaliserede opgaver har en lukket formulering fordi opgavesituationen er veldefineret, dvs. det fremgår klart af opgaverne hvad der spørges efter. Opgaverne er imidlertid formuleret i dagligdagssprog, 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 opgaver der bruges på kurset er udvalgt på en sådan måde at fysikken bag situationen er entydig. For hver opgave er der ideelt én rigtig fysisk måde at anskue den på, og præciseringsprocessen bør føre frem til en bestemt fysisk model. På denne måde er opgaven lukket i sit løsningsrum, fordi der er et forudbestemt løsningsmønster.

Opgaverne er formuleret i dagligdagssprog, så det at oversætte opgaven til fysik bliver et væsentligt aspekt af problemløsningsprocessen. De er udvalgte så de har et rigtigt svar, dvs. der er et løsningsmønster som de studerende forventes at identificeres. Dette er 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. Opgavernes skal derfor designes omhyggeligt, og dette kan gøres ved hjælp af opgaver der er lukkede i deres løsningsrum. Hver opgave omhandler en virkelig og ikke en fortænkt problemstilling. Dette skyldes dels et motiveringsbehov i forhold til de studerende, dels at det ønskes illustreret at fysikkens karakter af teoretisk forklarende viden-skab netop gør den brugbar til at overskue dele af virkeligheden med, og at

fysikken ikke er det skoltatiske, selvbestemmede 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. Erfaringer med kurset 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.

Hvad vil det mere præcist sige at kunne stille skarpt? Processen involverer følgende skridt:

1. Indledende analyse af situationen: Hvad er overordnet på færde?
2. Fysificering: Hvad siger fysikken om situationen?
3. Matematicering: Hvordan kan konklusionerne fra 1 og 2 oversættes til matematik?

Denne opdeling skal ikke forstås sådan at disse skridt optræder som adskilte i opgaveløsningen og de vil faktisk ofte være sammenvævede. Opdelingen kan bruges som et redskab til at analysere hvad der er på færde i formaliseringen af problemer.

Udover at de skal være uformaliserede, skal opgaverne så vidt muligt opfylde følgende krav:

1. Opgaverne er formuleret i dagligdagssprog.
2. Der skal være et "rigtigt" svar på dem.
3. De skal vedrøre virkelige, ikke fortænkte, problemstillinger.
4. De skal have en rimelig sværhedsgrad.

Et specifikt eksempel

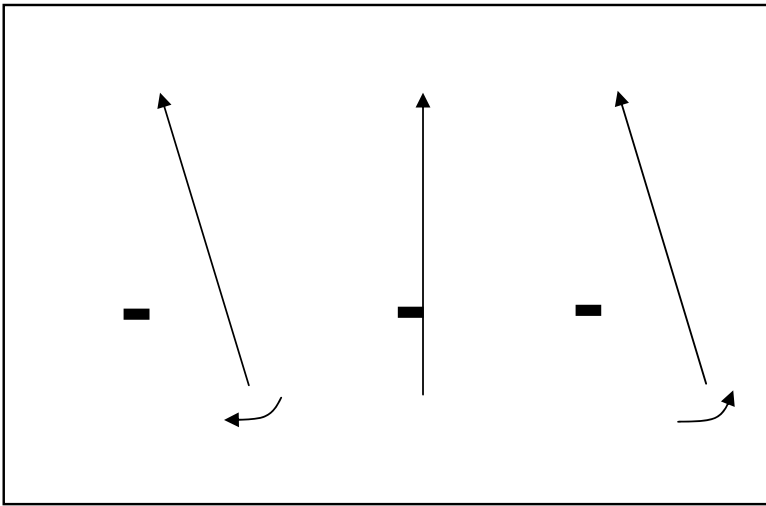
Opgave

For at beskytte dørhængslerne er det god tømmeriskik at anbringe dørstopperen i trediedele dørbreddes afstand fra dørophænget. Hvorfor netop i denne afstand? Begrund svaret.

Løsning

For at løse denne, kan man lave en tegneserie som på figur 8.2. Denne figur, som skal læse fra venstre mod højre, viser en svingende dør set oppe fra. Hængslerne er vist som den lille prik øverst i billederne. I det første billede

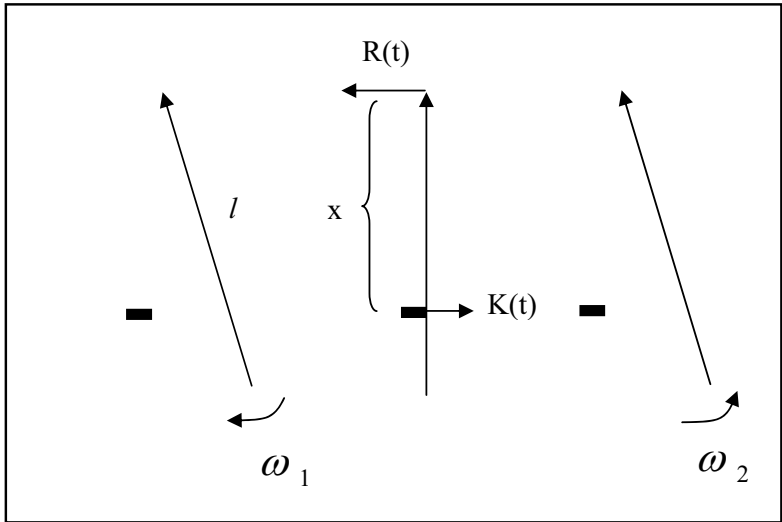
svinger døren ind mod dørstopperen (den lille knop), det næste billede viser sammenstøddet mellem dør og dørstopper, og i det tredje billede svinger døren tilbage. For at beskytte dørhængslerne mest muligt, må vi være interesserede i at belastningen på dem under støddet er mindst muligt. Denne fortolkning sammen med figur 1 sammenfatter *den indledende analyse*.



Figur 8.2. Tegneserie beskrivelse af svingende dør

Hvilken fysik kan vi bringe i anvendelse for at undersøge hvornår belastningen på hængslerne er minimal? Først og fremmest er skal vi ved belastning vel forstå kraft på hængslerne. For at bestemme kraften under stødet er det oplagt at kigge på ændring af både impuls og impulsmoment. Vi har altså *fysificeret* vores analyse.

For at anvende fysikken på situationen og opstille et matematisk udtryk, bliver vi nødt til at indføre en række hjælpe størrelser. For det første indfører vi nogle matematiske størrelser på figur 8.3. Vi indfører en dørlængde l , en afstand x fra hængslet til dørstopperen, en kraft på hængslet $R(t)$, en kraft på døren fra dørstopperen under sammenstødet $K(t)$, samt vinkelhastigheder ω_1 og ω_2 før og efter stødet, henholdsvis. Derefter introducerer vi en



Figur 8.3. Tegning med indførte hjælpe størrelser

varighed Δt af sammenstødet mellem dør og dørstopper, samt en masse af døren.

Impulsændringen ved stødet er så

$$\frac{Ml}{2(\omega_1 + \omega_2)} = \int (K(t) - R(t)) dt$$

mens impulsmomentændringen ved stødet er

$$\frac{1}{3}Ml^2(\omega_1 + \omega_2) = x \int K(t) dt$$

Kraften på hængslet er minimal, hvis

$$\int R(t) dt = 0$$

Herved er *matematiseringen* slut.

Vi kan nu isolere x i disse ligninger og finde at belastningen er mindst når $x = 2/3l$, hvilket forklarer tømmerstikket.

Uformaliserede opgaver og fysisk tankegang

De fleste fysikere vil nok sige at problemløsningskompetence er et væsentligt aspekt af at bedrive fysik. Ifølge Thompson (1987) består fysisk problemløsningskompetence i hovedsagen i evnen til at konvertere et virkeligt problem til en model som kan underkastes kvantitativ analyse ved at abstrahere væsentlige elementer. Man skal altså kunne analysere modellens opførsel, foretage de nødvendige approksimationer og være klar over konsekvenserne af disse samt foretage overslag over størrelsesordenener.

Pointen med ovenstående gennemgang er at illustrere forskellen mellem en uformaliseret opgave, hvor opgaveløseren skal gennemgå alle trinene i formaliseringen og en mere formaliseret udgave af samme opgave, hvor figur 8.3 indgår i opgaveformuleringen og at det af formuleringen fremgår at vi er interesserede i at bestemme x , så kraften $R(t)$ er mindst muligt. Det er oplagt at den ene opgave i lagt højere grad end den anden opgave træner problemløsningskompetence i Thompsens forstand.

Men er der i praksis virkelig så stor forskel på de to opgaver? Ja, det er der faktisk. Den generelle erfaring med kurset er i hvertfald at de studerende, som altså er tredje-årsstuderende, har svært ved at løse opgaverne, også indenfor de fysikgrene, som de har været udsat for i tidligere kurser. Erfaringen er altså at det er meget mere krævende at løse uformaliserede opgaver end mere traditionelle opgaver. Ikke fordi de er teknisk svære (opgaveeksemplet ovenfor er typisk ved ikke at involvere særligt avanceret fysik), men fordi det er at stille skarpt på en situation er en krævende proces. Undersøgelser, som jeg har foretaget af besvarelser af en række eksamensopgaver, viser at det er alle tre trin i processen som volder kvaler for de studerende. Det er kort sagt ikke så nemt at tænke som en fysiker, som man måske kunne tro og opøvelsen af denne evne kræver faktisk grundig træning og uformaliserede opgaver er godt redskab til denne træning.

Litteratur

- Niss, M. & Højgaard Jensen, J. (2010). Problemløsningskompetence gennem uformaliserede opgaver – erfaringer fra et fysikkursus på ruc, *MO-NA* 2010(1): 54–73.
- Thompson, N. (1987). *Thinking like a physicist*, Adam Hilger, Bristol.

**Forskningslignende opgaver i biologiske og
kemiske fag**

Forskningsbaserede øvelser og projekter – erfaringer fra humanfysiologi

Lars Nybo

Institut for Idræt, Københavns Universitet.

Efter flere års erfaring som øvelsesinstruktør og sidenhen underviser og modulansvarlig for kurser med eksperimentelt indhold var og er det min opfattelse at de “traditionelle øvelser” alt for ofte ikke er engagerende nok og da slet ikke engagerer de studerende i den del af den videnskabelige proces der omfatter opstilling af hypoteser og udarbejdelse af forsøgsdesign mv. Vores øvelser havde ofte snævert fokus på den del af den videnskabelige proces som ligger efter udarbejdelsen af problemstilling, valg af forsøgsdesign, metoder og overvejelser om “den videnskabelige værdi” af de foretagne målinger og de analyser som efterfølgende skal foretages for at kunne besvare den opstillede hypotese. Øvelsesprotokollen er som regel fastlagt af den øvelsesansvarlige og indeholder ofte fine og detaljerede beskrivelser af hvordan forsøget skal sættes op og målingerne skal udføres, og desuden er formål og databearbejdning samt punkter til diskussionen ofte forudbestemt af den underviser der har planlagt øvelsen.

Dette sikrer muligvis at øvelsen på sikker vis kan gennemføres og resultaterne kommer i hus, men det harmonerer imidlertid ikke med målsætningen om at kandidater på humanfysiologi skal kunne foretage selvstændig problemløsning, og at de skal kunne omsætte deres erhvervede viden til handling/anvendelse, og kunne formulere, strukturere og udføre forskningsprojekter (uddrag fra studiets kompetencebeskrivelser; www.science.ku.dk).

Med udgangspunkt i disse observationer samt et ønske om at inddrage de studerende i hele den videnskabelige proces, der er forbundet med at lave forsøg og derved give dem større “ejerskab” i øvelserne/arbejdet, omlagde vi nogle øvelser og udarbejdede desuden et nyt kursus, hvor en

stor del af indholdet er rettet mod, at de studerende skal kunne designe og udføre eksperimentelle forsøg, der tester en relevant arbejdsfysiologisk problemstilling. Herunder følger kort beskrivelse af den ene øvelse og det projektorienterede kursus samt de erfaringer vi har indhentet via fokusgruppe-interviews og løbende evaluering og justering af kurserne.

Obligatorisk øvelse – frit design med faste holdpunkter

I mange år havde vi en hovedfagsøvelse i vand- og saltbalance, som i bund og grund var en reproduktion af et forsøg fra 1970'erne. Design var tilpasset og tilrettelagt med udførligt tidsskema, beskrivelse af målinger, databearbejdning og spørgsmål til diskussion. Øvelsen var fungerende, men ikke synderligt engagerende eller motiverende – specielt ikke for den ene forsøgsperson som skulle indtage en forholdsvis stor mængde salt. I 2003 ændrede vi imidlertid øvelsen, så den kort og godt bestod af et spørgsmål - problemstilling:

Er kaffe/te/koffein vandrivende og hvordan påvirker det arbejdsevnen?

Øvelsesoplægget er så at de selv skal designe forsøg (med 2 gange 4 timer til rådighed i laboratoriet), hvorved de kan besvare dette spørgsmål. I oplægget er der desuden beskrivelse af metoder til bestemmelse af diurese og øvrigt væsketab, målinger af salt og væskebalance i blodbanen, og det blev pointeret at undersøgelse burde indeholde visse elementer (måling af udvalgte parametre). Men ellers frit hvordan de vil designe øvelsen. Mindst 4 dage før første eksperimentelle gang skal de dog aflevere protokol til instruktør og der er afsat ca. $\frac{1}{2}$ time per gruppe til, at vi fælles kan diskutere og evt. tilrette protokol. Under selve øvelsen fungerer instruktør som assistent (hjælp med tekniske spørgsmål til apparatur mm.), men de studerende kører selv forsøgene efter den protokol de har udarbejdet.

Denne proces har ført til mange forskelligartede øvelser, men alle dog med samme kerneindhold (alle studerende arbejder således med centrale metoder, målinger, fysiologiske mekanismer vedrørende væske- og elektrolytbalance). Øvelsesinstruktør og VIP bruger lidt mere tid forud for øvelsen end tidligere, mens de studerende bruger meget mere tid til forberedelse (at sætte sig ind i målinger, baggrund mm.), hvilket også var intensionen idet det betyder at de er langt bedre forberedt til øvelsen, da de er nødt til at arbejde med stoffet inden de går i laboratoriet.

Kursus med eksamensprojekt

I 2006 udviklede vi et nyt hovedfagskursus “Menneskets præstationsevne og træthedsudvikling”, som er et specialiseringsmodul, som er placeret på Humanfysiologisk kandidatuddannelse og følges af studerende på 4-5 år, der har bestået deres obligatoriske fysiologikurser og tager dette kursus inden de påbegynder deres specialearbejde. Det faglige kompetence-mål er at de studerende skal opnå indsigt i fysiologiske mekanismer af betydning for træthedsudvikling/præstationsevne under intenst eller langvarigt arbejde. Dvs. at de på baggrund af videnskabelige resultater/artikler og selvstændigt eksperimentelt arbejde skal kunne analysere og vurdere, hvilken betydning forskellige fysiologiske faktorer, træningstilstand, ernæring eller ydre arbejdsforhold har for idrætspræstationen og kunne perspektivere dette i forhold til eksisterende litteratur og anvendt arbejdsfysiologi.

For at få fokus på selvstændig problemløsning og at vores studerende skal kunne udvikle praksis, designe eksperimenter og indgå i videnskabeligt arbejde, valgte jeg en kursusopbygning, hvor der i stor udstrækning skulle indgå selvstændigt eksperimentelt arbejde. Men som alt videnskabeligt arbejde med afsæt i den eksisterende viden, og kurset kom derfor til at bestå af en forelæsningsrække og en praktisk del. I auditorietimerne gennemgår vi artikler og lærebogsstof om fysiologiske og fysiske forhold af betydning for præstationsevnen samt centrale og perifere faktoreres betydning for træthed. Den praktiske del er opbygget så de studerende først har 2 øvelser (som er integreret i forelæsningsrækken) og dernæst laver deres eksamensprojekt, hvor de på baggrund af en selvvalgt problemformulering samt udarbejdelse af forsøgsdesign gennemfører eksperimentelle forsøg (i grupper af 3-6) som tester en relevant arbejdsfysiologisk problemstilling.

På baggrund af forsøgene skrives individuelt en rapport (i artikelform) som afleveres og evalueres som eksamensopgave. Opgaven vurderes på baggrund af om den studerende demonstrerer, at gruppen har foretaget en velorganiseret og velovervejet undersøgelse af en relevant arbejdsfysiologisk problemstilling med overvejelser om forsøgsdesign, praktisk udførsel og undersøgelsens originalitet. At den studerende på overskuelig vis har præsenteret, analyseret og taget kritisk stilling til de opnåede resultater og perspektiveret disse i forhold til relevant udvalgt litteratur. Det eksperimentelle arbejde indgår således som en central del af eksamen for at skabe alignment mellem evalueringsformen og den del af kursets/uddannelsens målbeskrivelse, der omhandler evnen til selvstændigt at kunne perspekti-

vere og udvikle praksis på baggrund af videnskabelige, teoretiske og/eller eksperimentelle metoder.

Eksamensformen betyder at vi kun tester den studerende i det udvalgte (ofte meget specifikke) område som projektet omhandler. Filosofien er imidlertid at vi tester de overordnede kompetencer i forhold til den videnskabelige arbejdsproces og at de studerende selv om de kun fordyber sig i et enkelt område vil kunne generalisere og anvende de kompetencer de opnår her til bredt at kunne afdække andre (lignende eller nye) problemstillinger indenfor området.

Erfaringer og evalueringer

Fælles for alle de “selv-designede øvelser” og måske det allervigtigste resultat af ovenstående tiltag er øget engagement fra vores studerende, stort set samtlige studerende finder det meget motiverende og tilfredsstillende at de selv får lov til at bestemme eller i hvert fald få indflydelse på deres øvelser/eksperimenter. Dette kommer til udtryk i deres evalueringer og helt konstant ved at de til øvelserne (i stærk kontrast til fastlagte “køgebogsøvelser”) møder op 1-2 timer før selve øvelsen/forsøgene starter for at forberede sig og være klar til at komme i gang. I de enkelte tilfælde hvor der har været grupper som ikke har forberedt sig ordentligt, har første øvelsesgang bestemt ikke forløbet glat, men den efterfølgende gang har disse grupper i den grad strammet op og selv taget ansvar. Når der bliver begået små og store “fejl”, f.eks. valgt forkert arbejdsintensitet, målemetode eller u hensigtsmæssigt design er læringseffekten ofte stor (og måske endog større end når alt bare går glat) – og i lighed med videnskabelige forsøg, hvor man ind imellem også må lave eksperimenter om flere gange før de lykkes, lærer og accepterer de studerende at dette er del af arbejdsprocessen. For mange studerende er det dog helt nyt (eller glemt lærdom) at man selv skal opsætte formål og undersøge baggrund, metoder og stille spørgsmål til sig selv, og ikke bare følge vejledning og foretage de analyser og svare på de spørgsmål man bliver stillet.

Der ligger ganske givet en del tryk for de studerende i øvelser med faste spørgsmål, et gennemprøvet design og “forventelige resultater” osv., men umiddelbart finder de fleste det spændende at lave forsøg hvor de skal være innovative og finde på nye ting. I starten af processen er der mange der virker begrænsede i deres tankegang og de vil gerne efterligne/gentage tidligere forsøg (fra artikler), men når man så for diskuteret og skubbet til at de

skal forsøge med ny vinkel, lykkes det i stort set alle projekter (i “Menneskets præstationsevne og træthedsudvikling”) at få sammensat interessante protokoller der rent faktisk er nytænkende. I 2 tilfælde har censor på opgaverne således foreslået at der burde skrives en “rigtig” videnskabelig artikel på baggrund af forsøgene. De fleste projekter er dog af mere simpel karakter, men set i lyset af at projekterne gennemføres i løbet af 2-3 uger og med en almindelig instruktør som teknisk assistance, har mange projekter et højt ambitionsniveau og god kvalitet.

I de første to øvelser på “Menneskets præstationsevne og træthedsudvikling” (hvor vi gerne vil introducere forskellige arbejdsmodeller og illustrere udvalgte træthedsmekanismer), kørte vi i de første år med fastlagt protokol. Men for at vænne de studerende til den videnskabelige proces med selv at skulle udtænke og designe forsøg, har vi de seneste 2 år ladet de studerende stå for selv at designe disse øvelser. Erfaring fra hovedfagsøvelsen i vand- og saltbalance var nemlig at det sagtens kan lade sig gøre at holde fast i visse elementer og involvere udvalgte metoder ved at lade det overordnede design være frit, men dog have visse klausuler i forhold til de parametre som skal måles under forsøgene.

En stor del af vores studerende får også lejlighed til at designe forsøg og være med til at tilrettelægge forskningsprojekter, hvis de laver eksperimentelt speciale og/eller bachelor projekt. Men stort set alle de forskningsprojekter som afvikles på instituttet involverer dog også fastansatte VIP, Ph.d. studerende m.fl. og den egentlige indflydelse som den bachelor eller speciale-studerende får på disse projekter kan være begrænset og derfor bliver det endnu vigtigere at der i de “almindelige kurser” er plads til at de studerende oplæres i dette. Ydermere kan/vil det også fungere som træning forud for evt. specialeprojekt for de studerende der involveres i forsøg hvor de i større grad har indflydelse på design og protokol.

Ovennævnte erfaringer er indhentet fra øvelser og kurser på kandidatniveau, men burde sagtens kunne fungere på bachelorkurser. Deltagerantallet på vores kandidatkurser er ofte mindre (mellem 25 og 35), hvilket gør det lettere at administrere forskelligartede øvelser, men ofte er der ikke så forskelligt krav til udstyr og man ville fint kunne opstille lignende “åbne øvelser” til større årgange, hvor det så bliver instruktoren på de forskellige hold der står for sparringen med de enkelte grupper i planlægningsfasen – denne del af processen anser jeg dog for vigtig og meget lærerig for de studerende. Endog anser jeg det for vigtigt at man holder sig til at vejlede og i sidste ende lader de studerende bestemme selv – dette kan og vil indimellem føre til fejltagelser (som dog kan være yderst lærerige) – men det

giver de studerende ejerskab i øvelserne og et engagement, der som regel fører til forskelligartede og spændende forsøg. Det akademiske niveau kan sagtens holdes selvom man lader selvbestemmelse og nysgerrighed komme ind i billedet.

Forskningsbaseret undervisning i biostrukturel forskning på FARMA

Karla Frydenvang og Lars Olsen

Institut for Medicinalkemi, Københavns Universitet

Den biostrukturelle forskningsgruppe omfatter hele processen fra kloning af protein til 3D-strukturbestemmelse og analyse af proteinets funktion: kloning og ekspression af protein, protein oprensning og karakterisering (CD, ITC, massespektrometri etc), røntgenkrystallografi og teoretiske beregninger. Gruppen omfatter ca. 50 medlemmer. Gruppens vision er via strukturelle undersøgelser på molekylært niveau at udføre højt profileret forskning, som giver øget viden og forståelse for biologiske systemer, som er relevante i lægemiddelsammenhæng. Resultaterne er det nødvendige grundlag for struktur-baseret design af nye lægemiddelstoffer. Gruppen deltager i undervisning på forskellige semestre, hovedsageligt målrettet farmaceutstuderende, men også i stigende omfang med deltagelse fra andre fakulteter, og forskningsbaseret undervisning indgår på forskellig vis. Helt generelt er det vores erfaring, at de studerende tidligt i deres uddannelsesforløb bruger forholdsmæssigt meget tid på instruktion, mens de senere i deres uddannelse er mere "dus" med de tekniske sider, og der bliver tid til refleksion. Derfor er vi, naturligt nok, tættere på reel forskning i undervisningen for specialestuderende og phd-studerende end for de "yngre" studerende. Nedenfor følger nogle erfaringer med forskningsbaseret undervisning i kurser på forskellige niveauer.

- *Bachelorstuderende:*
 - Organisk kemi – teori og laboratorieøvelser (1.-2. år, obligatorisk).
- *Kandidatstuderende:*
 - Medicinal and Biostructural Chemistry (4. år, obligatorisk)
 - Structural and Computational Medicinal Chemistry (5. år, valgfrit)

- Specialeprojekt (5. år, 6 mdr.-1 år)
- *Ph.D.-studerende*
 - Receptor, Structure and Function
 - Biostructures and Molecular Modeling in Drug Research

Bachelorkursus: Organisk kemi (1. år, obligatorisk)

I starten af maj udkom Plexus (nr. 3, 2010, blad udgivet af Det farmaceutiske Fakultet) med et interessant indlæg: "Farmaceutstuderende vil gerne have mere kogeboogsundervisning." Hele 93% af de studerende på første årgang ønsker mere kogeboog sammenlignet med 44% af de kandidatstuderende (4. år). Det er tankevækkende, men måske alligevel ikke overraskende, da der er nogle praktiske problemstillinger med laboratorieundervisning for 240 studerende. Der er og vil altid være en del håndværk, som man skal kende til, inden man kan have overblikket og dermed være i stand til at foreslå alternative metoder. På kurset i organisk kemi findes i øvelsesplanen et forskningsrelateret projekt, hvor de studerende får til opgave at fremstille et bestemt stof. Gennem litteraturstudier skal de finde frem til en måde at syntetisere stoffet på, og derefter skal syntesen gennemføres i laboratoriet. En rapport afslutter forløbet. På grund af de mange studerende og en meget stram tidsplan for øvelserne, skal alle kemikalier være indkøbt inden kursusstart, og derfor styres projekterne med fast hånd og valg af metode er ikke frit! De fremstillede stoffer kan eventuelt senere indgå i instituttets forskning som mellemprodukt, eller man opnår erfaring med en syntesemåde. Forskningsrelateret, men måske er det ikke tydeligt for de studerende?

Kandidatkursus: Medicinal and Biostructural Chemistry (4. år, obligatorisk)

I løbet af dette kursus introduceres de studerende til metoder og teknikker, som anvendes i biostrukturel forskning. Det drejer sig om forelæsninger og de teoretiske øvelser: "kloning og design af primere" (computerøvelser), samt "modellering af protein-ligand vekselvirkninger" (computerøvelser). Der introduceres en del metoder og teknikker, som benyttes i molekylærbiologi. De studerende skal anvende disse metoder ved andre kurser og/eller under specialeprojektet. Kurset er ikke projektbaseret. Det er styret af eksempler anvendt i lærebogen. Det drejer sig udelukkende om

teoretiske øvelser, da der ikke er faciliteter til at gennemføre øvelser for 180-200 studerende i et molekylærbiologisk laboratorium. Teoretiske øvelser er fleksible, billige og de kan gentages, indtil budskabet er forstået, uden at økonomien løber løbsk.

Kandidatkursus: Structural and computational medicinal chemistry (5. år, valgfrit)

Dette kursus er bygget op omkring et projektarbejde. I starten indøves en række metoder og teknikker gennem forelæsninger og gennem computerøvelser (toolbox øvelser). Når værktøjerne er på plads, starter projektarbejdet. De studerende arbejder sammen i grupper på 2-3 personer, og hver gruppe er tilknyttet en vejleder. Projektet introduceres af en udvalgt videnskabelig artikel. Efter drøftelse med vejlederen lægges der en plan for projektet: hvilke protein-ligand komplekser skal der arbejdes med og hvilke ligander. Samtidig lægges en plan for hvilke beregningsmetoder, der skal anvendes til beregningerne og analyserne. Målet er, at de studerende får et klart indtryk af, hvad de forskellige metoder kan og ikke mindst, hvad de måske ikke skal bruges til.

Kursusevaluering en består af to dele: Fremstilling af poster efterfulgt af mundtlig eksamen. Posteren skal introducere projektet, beskrive metoder, resultater og konklusion. Posteren afleveres fire dage inden en individuel mundtlig eksamination. Eksaminationen starter med, at den studerende har fem minutter til ud fra posteren at præsentere projektet (valg af ligander, metoder etc.). Den resterende del af eksaminationen vil bestå af spørgsmål til de valgte metoder, de valgte komplekser og til resultaterne.

Dette kursus er netop udvidet fra 5 ECTS til 7.5 ECTS, og tiden skal bruges på projektarbejdet - det giver mulighed for mere dybde. Der skal være tid til at arbejde med projektet og ikke kun til at lære at mestre metoderne (dybere forståelse). Der skal introduceres flere metoder (værktøjer), så der reelt skal foretages et valg af metode inden start på projekt. Undervejs i projektforløbet er der indlagt to studenterpræsentationer på max. 5 min. pr. gruppe. Det giver overblik at skulle målrette en kort præsentation, så alle kan følge med i valg af metode og valg af protein-ligand kompleks, selvom de øvrige studerende arbejder på andre projekter.

Projekterne er valgt af vejlederne. Det er oftest emner med relevans for den enkelte vejleders egen forskning. Præsentationerne resulterer ofte i diskussion af de valgte metoder og teknikker mellem de studerende og mellem

vejlederne. Det er dog sjældent, at de studerende kan nå til det punkt, hvor de rent faktisk har lavet undersøgelser, der minder om “rigtig” forskning, men det giver måske nye vinkler og ideer til den videre forskning. Efter at have deltaget i dette kursus er de studerende “dus” med teknikkerne, og de vil kunne udføre reel forskning (som f.eks. et specialeprojekt).

Kandidatspeciale: 6 mdr – 1 år

Den studerende indgår direkte i et forskningsprojekt. Efter en kort oplæring (ca. 1. måned) kan den enkelte klare opgaver på egen hånd. Her arbejder den studerende på mange måder som “forsker”, og deres arbejde benyttes direkte i den videre forskning. Nogle opnår resultater, som bliver en del af en videnskabelig publikation. Sidste del af forløbet benyttes til at skrive specialerapporten. Under denne proces lærer de studerende meget om hvilke krav, der er til formidling af forskning og dokumentation af resultater.

Ph.D.-kurser

Deltagere på disse kurser er alle i gang med egne forskningsprojekter. Det ses tydeligt i deres engagement og selvstændighed. Kurserne er valgt med relevans for egne projekter. Allerede efter få timers introduktion kan kursusdeltagerne udføre forskellige øvelser. Der skal ikke være garanti for succes, da de ph.D.-studerende er vant til, at alt ikke altid forløber som foreskrevet. Undervisning på disse kurser er mindre styret af underviserne. Deltagerne kan selv være med til at planlægge forløbet.

Konklusion

Der er en tydelig sammenhæng mellem antal år tilbragt på studiet og den motivation, refleksion, selvstændighed og nysgerrighed, som udvises af den studerende. Stigende kompetencer for teknik og for metoder medfører gradvist stigende kompetence for forskningsrelaterede opgaver. Dette er ikke uventet. Måske skal vi være bedre til at fortælle om, hvordan de enkelte små trin anvendes i forskningssammenhæng. Nye initiativer og gode ideer til motivering og selvstændiggørelse i de første studieår efterlyses. Antallet

af studerende og kapaciteten i laboratorierne sætter ofte grænser for fleksibilitet og dermed valgmuligheder. Jo mere styring - jo mere kagebog - jo mindre motivation til selvstændig tænkning!

Forskningsbasering tidligt i uddannelsen

Nano-Science og forskningsbaseret undervisning i Kvantemekanik

Kim Splittorff, K. Flensberg, T. Døssing, M. Kjærgaard

Niels Bohr Institutet, Københavns Universitet

Noten her beskriver nogle af de erfaringer med forskningsbaseret undervisning vi har gjort os som praktiserende undervisere. Diskussionen tager udgangspunkt i de praktiske tiltag, vi har implementeret på et andetårskursus i kvantemekanik på fysik ved Niels Bohr Institutet, Københavns Universitet. Vi har arbejdet ud fra følgende udfordring:

Hvis man forstår sin egen forskning, kan man også integrere den i sin undervisning

Med denne udfordring i tankerne har vi søgt at implementere elementer af vores forskning i vores undervisning. Vores motivation for at introducere forskningsbaseret undervisning i kvantemekanik er *at vise de studerende hvor meget de kan*. Således bruger vi forskning både som motivator og indikator. Vores ide er at give de studerende på andet år af fysikstudiet en ide om hvor langt de er kommet i forhold til nogle af de emner, der forskes i på instituttet. I særdeleshed søger vi at give de studerende en oplevelse af at de allerede som andetårsstuderende kan sætte sig ind i aktuelle forskningsresultater. Med forskningsbaseret undervisning sikrer vi samtidig at de studerende bliver trænet i at mestre aktuelt anvendte teknikker og at de samtidig er klar over at dette er tilfældet.

Kurset

Kurset vi her beskriver vores erfaringer fra, er som nævnt et kursus i kvantemekanik. De studerende har før dette kursus haft et introducerende kursus og det er derfor muligt i denne anden del at fokusere på anvendelserne. (Den benyttede lærebog i de to kurser er *Introduction to Quantum Mechanics*, af David J. Griffiths (2004)). Begge kurser var de pågældende år obligatoriske for alle fysikstuderende og nano-fysikstuderende.

Kurset ligger i den syvende blok, dvs halvandet år efter studiestart. Der er typisk i omegnen af 100 studerende tilmeldt kurset.

En normal uge ud af de 8 uger undervisningen løber over ser således ud:

- 2+3+1 Hold-timer per uge (*opdelt efter forberedelse*)
- 2+2 Auditorie-timer per uge

Forskningsbaserede elementer

Den forskningmæssige baggrund blandt vores underviser-team spænder fra nano-science over faststoffysik til højenergifysik.

Fælles for vores forskning er at den primært er af teoretisk karakter. Vi har valgt at forkusere på to forskningsmæssige aspekter:

- Symmetrier
- Aktuel Nano-Science

Symmetrier

Motivationen for at fremhæve og diskutere symmetrier med de studerende er den fundamentale rolle symmetrier spiller for teoretisk højenergifysik. Symmetribetragtninger bruges her både til at forstå eksperimentelle resultater og som grundlaget for at formulere nye teorier.

I kurset har vi valgt primært at bruge symmetrier til at forstå opnåede resultater. Når vi i auditoriet har udledt et vigtigt resultat, søger vi at teste og uddybe de studerendes forståelse af resultatet ved at diskutere *clicker*-spørgsmål, der vedrører symmetrierne. Med *clicker*-spørgsmål refereres til spørgsmål, som de studerende aktivt skal tage stilling til og komme med et svar på.

For eksempel: Hvis den fysiske situation vi har behandlet har rotationsinvarians om z -aksen, så har systemet en symmetri under rotationer omkring denne akse. Dette betyder, at systemet nødvendigvis må give samme respons i x - og y -retningen.

Dette konkrete eksempel blev brugt i auditoriet og var derudover en del af den afsluttende skriftlige eksamen.

Aktuel Nano-Science

Forskning i Nano-science, det vil sige i kvantesystemer, der er af størrelsesordenen en eller flere nanometer, er mere aktuel end nogenside. Vores mål er at formidle en bid af denne højaktuelle forskning i kvantesystemer til de studerende. For at effektuere dette inddrager vi i kurset i to artikler, hhv. (Kuemmeth et al., 2008) og (Petta et al., 2005).

Konkret præsenteres artiklerne til de opdeltede hold-timer (se nedenfor) og de studerende fik selv chancen for at læse artiklerne. For de fleste studerende er dette første gang de læser en aktuel videnskabelig artikel. Denne præsentation af artiklerne gav baggrund for to obligatoriske afleveringsopgaver, hvor centrale resultater fra artiklerne blev udledt.

For alle studerende

Da de ovenfor beskrevne forskningsrelaterede elementer udgør en markant del af undervisningen er det afgørende, at også denne del af undervisningen kan understøtte de studerendes læringsproces.

Vi arbejder i kurset ud fra en opfattelse at *en god studerende, er en studerende der forbedrer sig markant*. Det centrale i denne tilgang er, at den gode studerende forbedrer sig væsentligt *relativt til sit faglige niveau*. Det er således muligt for alle studerende at være gode. Med dette udgangspunkt er det klart at også de forskningsrelaterede elementer af undervisningen skal være tilgængelige uafhængigt af det faglige niveau og således gøre det muligt for *alle* studerende at forbedre sig.

I kurset arbejdede vi med et *nyt koncept* for hold-timerne. Vi valgte at undervisningen på de 3 regneøvelseshold skulle have hver sin målgruppe blandt de studerende. Opdelingen af holdene tog udgangspunkt i 3 forskellige niveauer af de studerendes forberedelsesgrad. Karakteriseringen af de enkelte hold var som følger:

Thomas' Hold: De studerende på dette hold forventes at have læst ugens tekst i bogen og de stillede opgaver, men er ikke kommet godt i gang med at løse dem.

Mortens Hold: Undervisningen er tilrettelagt for studerende, der har arbejdet med ca. halvdelen af opgaverne hjemmefra, men ikke er kommet godt i gang med den anden halvdel.

Saschas Hold: De studerende forventes at have arbejdet med stort set alle opgaver hjemmefra, samt at have identificeret, hvor de evt. har problemer og spørgsmål.

Desuden understregedes det, at der var: *Frit valg mellem hold alt efter "dagsform"*.

For den forskningsbaserede del af undervisningen betød opdelingen at vi kunne lægge forskellige vinkler på forskningsartiklerne. F.eks. kunne vi på det uforberedte hold hjælpe de studerende med at skabe en sammenhæng mellem på den ene side arbejdet med emnerne fra de to artikler, og på den anden side det mere traditionelle studium af kursets lærebogstekst understøttet af mere enkle opgaver. I modsætning kunne vi med det velforberedte hold gå i dybden med de specifikke teknikker, der blev anvendt i artiklerne. På den måde sikrede vi, at alle studerende kunne få et fagligt udbytte af den forskningsbaserede del af undervisningen.

Respons fra de studerende

Da de to forskningsbaserede elementer, symmetrier hhv. Nano-fysik, blev implementeret ret forskelligt (se ovenfor) beskriver vi her de studerendes reaktion på disse to elementer separat.

Symmetrier

At tænke i symmetrier, dvs. at benytte symmetriargumenter, giver de studerende en *dyb forståelse og indsigt*. Som de entydigt giver udtryk for.

Vi bemærkede dog, at der her er en mulig faldgrube, som man skal være opmærksom på. Når vi præsenterede de studerende for et symmetriargument, udtrykte de umiddelbart, at dette var klart og at de nu forstod problemet og løsningen bedre. På den anden side oplevede vi, at de studerende havde svært ved selv at formulere symmetriargumenter.

Symmetribetragtninger udgør for de studerende en helt ny tankegang. For at de aktivt skal kunne gøre brug af denne kræves naturligt en del tilvænning. Det er derfor afgørende at man sørger for løbende at understøtte denne tilvænning.

Nano-Science artikler

De studerende gav en positiv feedback på introduktionen af og arbejdet med de to Nano-Science artikler. Her er et udpluk af de studerendes kommentarer fra den afsluttende studenterevaluering:

“Afleveringsopgaverne var rigtig gode, og de blev interessante, fordi vi læste artikler, som omhandlede det samme. Jeg fik et indtryk af, at jeg lidt var med til at lege med de store :)”

“Det er godt at I bruger aktuelle forskningsartikler som en del af undervisningen. Det er fedt at få noget information om hvordan alt det her kvant rent faktisk bruges i virkeligheden”

“Afleveringerne har været virkelig inspirerende, de har krævet mange timers sved på panden, men har været det værd.”

“Jeg synes de to afleveringer var rigtig gode og relevante. Det var fedt at de forholdte sig til noget rigtig fysik, og jeg synes jeg lærte rigtig meget af at lave dem.”

De studerende kom også med flere konstruktive foreslag til hvordan opgaveformuleringerne kunne forbedres. Vi vil arbejde videre med disse opgaver i det kommende kursus.

Egen evaluering

Vores erfaring efter at have praktiseret forskningsbaseret undervisning som beskrevet ovenfor i to på hinanden følgende år er yderst positive og vi vil som allerede nævnt arbejde videre med at implementere forskningsbaseret undervisning. Det er en interessant proces, ikke blot fra et pædagogisk synspunkt, men også en faglig udfordring, hvilket kan sammenfattes i følgende to punkter:

Vigtigt at gå hele vejen: Det er afgørende for forskningsbaseret undervisning, at de involverede undervisere er klar til at gå i dybden med de berørte forskningsresultater. Den nysgerrighed, forskningen vækker hos de studerende, kan let slukkes, hvis de studerende ikke kan få svar på deres spørgsmål. Det er derfor vigtigt, at man beslutter sig for et afgrænset emne (eller del af artiklerne) og bruger den tid, der er nødvendig for sætte sig ind i resultaterne.

Indsigt på tværs af forskningsfelter: Teamet af undervisere arbejder ikke nødvendigvis alle i det felt, som de forskningselementer der inddrages i undervisningen tages fra. Derfor kan det være en interessant udfordring på tværs af forskningsfelter at hjælpe alle undervisere til at få den nødvendige indsigt i resultaterne og tankegangen.

Undervisningen er på denne vis med til at understøtte forskningen og uddannelsen af de Ph.D. studerende, der arbejder som instruktører. Specielt forståelsen blandt forskerne på instituttet styrkes ved samarbejdet om forskningsbaseret undervisning.

Som en afsluttende bemærkning vil vi gerne fremhæve en vinkel på forskningsbaseret undervisning som så vidt vi ved ikke er blevet fremhævet tidligere: *Forskere er optimale undervisere, fordi de i forbindelse med deres forskning bliver mindet om hvor svært det er at forstå nye emner.* Disse påmindelser kan hjælpe til at formulere nye metoder til at sætte sig ind i komplicerede nye argumentationsformer og giver samtidig en god indsigt i hvor frustrerende processen med at forstå et nyt emne kan være.

Litteratur

- Griffiths, D. J. (2004). *Introduction to Quantum Mechanics*, 2nd udg., Benjamin Cummings.
- Kuemmeth, F., Ilani, S., Ralph, D. C. & McEuen, P. L. (2008). Coupling of spin and orbital motion of electrons in carbon nanotubes, *Nature* **452**: 448–452.
- Petta, J. R., Johnson, A. C., Taylor, J. M., Laird, E. A., Yacoby, A., Lukin, M. D., Marcus, C. M., Hanson, M. P. & Gossard, A. C. (2005). Coherent manipulation of coupled electron spins in semiconductor quantum dots, *Science* **309**(5744): 2180–2184.

En dynamisk balance mellem motivation og frustration

Forskningsbaseret undervisning på første år

Jane Hvolbæk Nielsen

Institut for Fysik, Danmarks Tekniske Universitet

På det første år af Fysik og Nanoteknologi uddannelsen på DTU møder de studerende, som de fleste andre første års studerende inden for naturvidenskab, grundlæggende matematik, mekanik og termodynamik. Men derudover møder vores studerende et kursus, der på sin helt egen måde motiverer de studerende til at yde en stor indsats og belønner dem med et fagligt overblik og et fagligt engagement, som sætter præg på resten af deres studium. Kurset er forskningsbaseret ved at inddrage emner fra forskning og ved at give de studerende mulighed for at lave målinger direkte på forskningsudstyr (se også Nielsen et al., 2008).

Kurset er indholdsmæssigt og strukturelt anderledes end typiske første års kurser, og det faglige niveau er punktvis på højde med kurser sidst på bacheloren. Det overordnede mål for kurset er at give de studerende nogle videnskabelige udfordringer ud over de sædvanlige samt at invitere dem inden for i forskningsuniverset.

Kursets form og indhold er opstået som svar på et grundlæggende spørgsmål: "Hvad motiverer os som forskere?". I vores svar indgik for eksempel at man skal kunne se en mening med de eksperimenter eller beregninger man laver, at man gerne ser resultaterne indgå i en større sammenhæng, at der er et klart mål og at der er perspektiver, der rækker fremad. Kurset er etableret i troen på at hvis det motiverer os som forskere, så motiverer det nok også de studerende. Kurset har nu kørt syv gange, og fra formelle kursusevalueringer og uformelle diskussioner med de studerende kan vi konkludere at kurset virker efter hensigten: De studerende motiveres til at arbejde hårdt, de opnår et højt fagligt niveau inden for de udvalgte emner og de får et godt fagligt overblik. Når kurset kører, er det helt afgørende

at underviseren evner at balancere mellem at motivere og frustrere de studerende.

For at undgå at kurset indeholder for meget underholdning og for lidt faglighed, skal der inden for hvert forløb defineres en række centrale begreber, som indlæres. Disse begreber uddeles ved starten af forløbet, så de studerende kan bruge dem som retningslinjer, når de i de følgende fire uger modtager en masse information på højt niveau. Det giver dem noget konkret at holde sig til, og dette har vist sig at være meget vigtigt for at opretholde fokus og faglighed. I forbindelse med udarbejdelsen af de centrale begreber giver det også læreren anledning til nøje at overveje, hvad de studerende skal (og kan) lære og hvad de blot skal opnå kendskab til.

I det følgende vil jeg kort beskrive kursets overordnede struktur og gå i dybden med et af elementerne i kurset, nemlig måleteknik, hvor vi blandt andet lader de studerende arbejde sammen med forskere allerede halvvejs på deres første år.

Struktur og indhold

Kurset hedder "Introduktion til Fysik og Nanoteknologi". Det forløber over første og andet semester og udgør i alt 15 ECTS point. Kurset er obligatorisk og godt 60 studerende følger kurset samtidigt. I efterårs- og forårs-semesterne er der i gennemsnit fire timers undervisning pr. uge inden for dette kursus. Forårs- og efterårs-semesterne er opbygget på samme måde med tre emner, som hver især forløber over fire uger. Emnerne er¹: Kulstof nanorør (september), Hydrodynamik og lab-on-a-chip teknologi (oktober-november), Optiske fibre (november-december), Halvleder nanostrukturer (februar), Magnetisme og harddisk teknologi (marts-april), Brint som et energilag (april-maj).

I den mellemliggende såkaldte 3-ugers periode, som er tre sammenhængende uger i januar, har de studerende kun undervisning i dette kursus og op til 40 timer pr. uge er skemalagte. Det overordnede emne for denne periode er måleteknik. I det følgende vil jeg fokusere nærmere på det måletekniske forløb.

Hvert emne undervises af en forsker, der har særlig interesse i og/eller forskningsaktiviteter indenfor netop dette emne. Der kan indgå elementer som forelæsninger, gruppeopgaver, computer simuleringer og eksperimentelle øvelser i forløbene. Det er op til den enkelte forløbsansvarlige at

¹ De nævnte emner er fra 2009-2010 perioden

planlægge detaljerne i undervisningen givet de beskrevne rammer, og der er derfor en vis variation i opbygningen af forløbene. Alle emner afsluttes med en rapport, der afleveres i grupper på 2-3 studerende, hvor det skal være muligt at identificere den enkeltes bidrag. Den samlede individuelle karakter for kurset gives på baggrund af alle forløbsrapporterne (vejledende vægtning 60 %) og en mundtlig eksamen (vejledende vægtning 40 %) efter det første år. Flere af forløbene benytter sig af de glimrende eksperimentelle faciliteter, vi har til rådighed i vores studenterlaboratorium, Nanoteket².

Måleteknik og forskning?

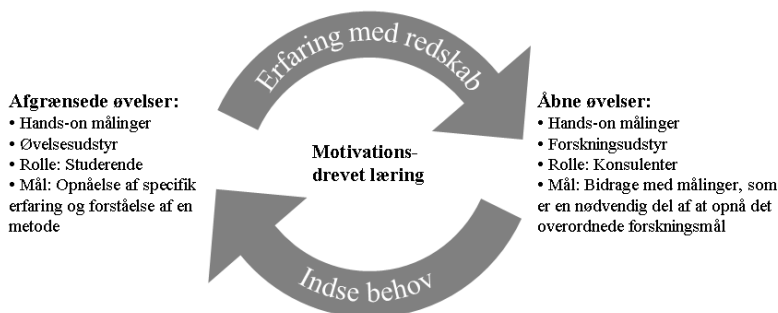
Godt kendskab til måleteknik er en forudsætning for at kunne udføre god eksperimentel forskning. Men normalt bruges forskningen ikke aktivt i forbindelse med undervisning i måleteknik. Måleteknik handler om at lære, hvordan man måler korrekt, og en traditionel undervisning vil lægge vægt på at træne den korrekte metode. Oftest vælger man at tilrettelægge øvelser med en vis lighed til madopskrifter: “Gør følgende og så får du det ønskede resultat”. Men får man så virkelig som underviser det ønskede resultat? Man opnår i hvert tilfælde at de studerende har udført nogle bestemte handlinger, men om de rent faktisk forstår hvorfor de har udført dem er en ganske anden sag. For at lave den gode måling skal man jo vælge det rigtige udstyr og kunne forholde sig kritisk til målingen – og begge dele kræver indsigt i fysikken bagved.

I dette kursus har vi valgt at motivere de studerende til at se relevansen og nødvendigheden af at lære måleteknik ved at lade dem arbejde som konsulenter på forskningsopstillinger samtidig med at de korrekte målemetoder indøves og fysikken bag målingen indlæres ved parallelle aktiviteter. Der er en vekslen mellem øvelser (kaldet afgrænsede øvelser), der har et klart mål om at opnå specifik erfaring og forståelse af en bestemt målemetode og så øvelser (kaldet åbne eller ikke-afgrænsede øvelser), hvor de studerende bidrager med målinger til at et overordnet forskningsmål opnås af forskerne. Denne vekslen mellem forskellige øvelsestyper er illustreret i figur 12.1. Den enkelte studerende foretager i løbet af kurset adskillige omløb i denne cirkel med motivations-drevet læring som resultat.

I forbindelse med arbejdet med de åbne øvelser giver vi de studerende en konsulentrolle, og de får til opgave at analysere forskningsopstillingen måleteknisk, foretage nogle konkrete og relevante målinger og komme med

² Læs mere på www.nanoteket.fysik.dtu.dk

forslag til måletekniske forbedringer på baggrund af deres erfaringer fra resten af kurset. Denne opgave kaldes en konsulentopgave i det følgende.



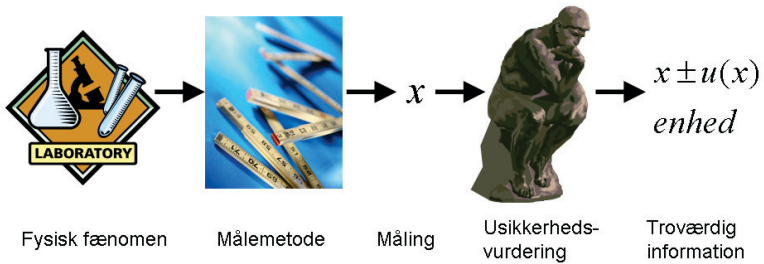
Figur 12.1. Dynamisk vekslen mellem afgrænsede og åbne øvelser i et første års kursus på Fysik og Nanoteknologi på DTU. I forbindelse med en åben øvelse på forskningsudstyr vil de studerende indse nødvendigheden af at være i stand til at anvende forskellige måleteknikker, og ved de afgrænsede øvelser indøves og trænes brugen af konkrete måleteknikker under vejledning. Dette giver de studerende vigtig erfaring, som de kan bruge næste gang de laver en åben øvelse. Cirklen gennemløbes flere gange i løbet af kurset med motivations-drevet læring som resultat.

Parallelt med de afgrænsede og de åbne øvelser er der forelæsninger med illustrative demonstrationsforsøg om kredsløbsteori (jævnspænding og vekselspænding) og om fysikken bag og brugen af kapacitoren, spolen, dioden, transistoren og sensorer generelt. Disse suppleres af regneøvelser tæt knyttet til forelæsningerne.

Usikkerhedsvurdering

Usikkerhedsvurdering udgør en særdeles vigtig færdighed, og emnet indgår derfor som en lige så vigtig del af kurset som selve måleteknikken. En troværdig og brugbar måling er jo først etableret, når man også kan vurdere med hvilken præcision, man kan angive sit måleresultat med. Figur 12.2 illustrerer hvordan man via flere trin kommer fra et fysisk fænomen til en troværdig information på baggrund af måling og usikkerhedsvurdering. Denne færdighed trænes derfor også i kurset gennem forelæsninger og

regneøvelser, og det er et krav til afleveringen i kurset, at der laves usikkerhedsvurdering på konsulentopgavens målinger. De forskere, de møder i forbindelse med konsulentopgaven har i mange tilfælde ikke udført stringent usikkerhedsvurdering på deres målinger, men har nærmere en fornemmelse opnået gennem års erfaring af hvor præcis opstillingen kan måle. Her kan de studerende så som konsulenter bidrage med vigtig viden til forskerne.



Figur 12.2. Illustration fra forelæsningen om usikkerhedsvurdering. Her forklares hvorfor både valg af korrekt målemetode og korrekt brug af denne samt en evne til at vurdere usikkerhed på ens måling er nødvendige trin for at opnå troværdig og brugbar information.

Eksempler på konsulentopgaven

I hold af to, vælger de studerende en konsulentopgave blandt ca. 30 forskellige opgaver. Opgaven foregår på forskningsudstyr med relation til fysik og nanoteknologi forskningen på DTU. Her er vist nogle eksempler:

- Mål sammensætningen af kendte materialer på nano- og mikrometer-skala ved hjælp af elektronmikroskopi
- Mål den fotoinducerede ledningsevne af halvlederen GaAs på picosekund tidsskalaen ved brug af terahertz spektroskopi
- Mål dispersionen for en kommerciel glas-fiber lavet af silica
- Bestemt tætheden af atomare trin på en enkrystal af ruthenium ved brug af skanning tunnel mikroskopi
- Mål vandfluxen og konduktiviteten af membraner til brug i biomimetiske vandrensningssystemer

- Mål Raman spektra for farve-molekyler vedhæftet sølv nanopartikler og bestem vibrationerne af molekylerne
- Karakteriser et elektrokemisk system ved hjælp af impedans spektroskopi

Udover titlen får de studerende en kort beskrivelse af udstyret og det ønskede eksperiment, de overordnede mål med forskningen og information om hvem de skal kontakte. Herefter skal de selv tage ansvaret for at få udført deres konsulentopgave.

Afslutning af konsulentopgaven

Som afslutning på konsulentopgave afleverer de studerende en rapport og en poster om de målinger og usikkerhedsvurderinger, de har lavet. Til sidst i 3-ugers forløbet afholder vi en regulær poster session, hvor hvert hold skal fremlægge deres poster for tre besøgende hold. Alle studerende er i fuld gang i de fire timer, der er afsat. De studerende er meget engagerede i denne session, og de forklarer og fortæller ivrigt om netop deres målinger og oplevelser til deres medstuderende. Det er helt afgørende at alle konsulentopgaver er forskellige, da de studerende tager deres eget projekt til sig og føler et ejerskab og et ansvar for det, og de får derved muligheden for at være eksperterne på netop dette område over for deres medstuderende. De studerende får ved poster sessionen også mulighed for at se hvad der foregår i bredden inden for fysik og nanoteknologi på DTU, og konsulentopgaverne får derved også et studievejledende element i sig. Efterfølgende hænges posterne op på instituttet, hvor de studerende har deres daglige gang, og både dem selv, andre studerende og besøgende studerer dem ivrigt i året der følger.

Motivation versus frustration – en dynamisk balance

Kurset er som beskrevet forskningsbaseret på en sådan måde at forsknings-emner og forskningsudstyr inddrages, og at det er forskerne, der underviser. Mange af emnerne og målinger er på et højere niveau end der traditionelt arbejdes på i løbet af første år på universitetet. Vi har valgt denne model for at udfordre og dermed motivere vores studerende, og som nævnt har vi haft succes med dette. Vi er dog meget opmærksomme på, at der er en dynamisk balance mellem motivation og frustration, som hele tiden skal justeres undervejs. De studerende vil gerne udfordres, men der skal være rimelighed i

udfordringen. De skal kunne opnå målene ved hårdt arbejde – det må ikke blive umuligt eller håbløst. På den anden side må det heller ikke blive for let og få karakter af underholdning. Så kurset stiller store krav til både de studerende og til lærerne.

Til sidst skal det nævnes at vores studerende bruger meget tid på kurset – i perioder måske mere end den normerede tid, hvilket kan gå ud over de andre kurser. Det er derfor vigtigt at der koordineres med sideløbende kurser for eksempel med hensyn til afleveringsdatoer, og at kurset indgår på en integreret måde i studiet. Der er dog også positive effekter på parallelkurserne i form af generelt mere motiverede studerende, der allerede på første år får indsigt i hvad den viden, de tilegner sig kan bruges til.

Samarbejdspartnere

Kurset er et resultat af principielle diskussioner med Karsten Wedel Jacobsen (DTU Fysik) og et løbende samarbejde med de forløbsansvarlige siden kursets start i 2004: Thomas Bligaard (DTU Fysik), Henrik Bruus (DTU Nanotech), Mikkel Fougt Hansen (DTU Nanotech), Claus Schelde Jacobsen (DTU Fysik), Niels Asger Mortensen (DTU Fotonik), Jesper Mørk (DTU Fotonik), Jens K. Nørskov (DTU Fysik), Karsten Rottwitt (DTU Fotonik), Jakob Schiøtz (DTU Fysik) og Tejs Vegge (Risø DTU).

Litteratur

Nielsen, J. H., Vegge, T. & Andersson, P. H. (2008). Undervisning i “ingeniørarbejde”, *Dansk Universitetspædagogisk Tidsskrift* **2008**(6): 26–32.

Om brug af enkle eksperimenter i begynderundervisningen i fysik

Peter Ditlevsen

Niels Bohr Institutet, Københavns Universitet

Fysik er en eksperimental videnskab. Vores teorier og modeller skal ultimativt kunne prøves ved eksperimenter eller observationer. Omvendt danner eksperimenter og iagttagelser i forskningen grundlag for nye teorier og modelbygninger. Derfor har eksperimenter traditionelt indgået i fysikundervisningen i folkeskolen, gymnasiet og på universitetet.

I gymnasiet har eksperimentet i undervisningen typisk udviklet sig til en fast form med teoretisk indledning, udførelse af et standard eksperiment efter en skabelon og afrapportering i form af den obligatoriske “fysikrapport”.

På Københavns Universitet har eksperimenterne i begynderundervisningen haft forskellige former gennem tiden med større eller mindre vægt på selvstændige projekter. Denne undervisning er foregået parallelt med men uafhængigt af de traditionelle forelæsninger og regneøvelser. Der har således ikke været nogen direkte sammenhæng imellem den teoretiske undervisning og laboratorieøvelser. Fokus i eksperimenterne har derfor i høj grad været “indlæring af eksperimental praksis”, altså hvorledes et eksperiment bør udføres, dataopsamling og behandling, elimination af fejlkilder, bedømmelse og beregning af måleusikkerheder osv. Altsammen gode og relevante kompetencer i fysikuddannelsen.

Den store didaktiske udfordring i denne opsplnitning i teori og eksperiment har været, at de studerende har svært ved at se sammenhængen imellem de to, og især svært ved at forstå relevansen af eksperimenterne. Et typisk eksempel fra begynderundervisningen er måling af fart og acceleration ved bevægelse ned ad et skråplan. Eksperimentet findes i varierende former med forskellige instrumenter til tidsmålinger og dataopsamling,

generelt for eksperimentet gælder, at fokus ikke er på det fysiske fænomen: Acceleration i tyngdefeltet, som er langt under det faglige niveau i den sideløbende teoretiske undervisning. Fokus er udelukkende på selve måleteknikken. Denne form for undervisning får sædvanligvis ikke god bedømmelse af de studerende.

Denne iagttagelse fik mig til at overveje, om ikke bøtten kan vendes således at de studerendes eksperimenter snarere kan understøtte og styrke den teoretiske forståelse af begreberne og de fysiske sammenhænge. Eksperimenterne skal have en meget mere direkte forbindelse med den øvrige fysikundervisning. Dette fordrede to ændringer: for det første måtte de fysiske eksperimenter have en mere åben problemformulering og de studerende skulle have mulighed for en mere undersøgende tilgang. For det andet skulle eksperimenterne udføres i mere direkte sammenhæng med den teoretiske undervisning. Den første del blev udviklet i den indledende undervisning i klassisk mekanik, mens begge dele indgår i min nuværende undervisning i kurset “Termodynamik og Statistisk Fysik” i tredje blok på første studieår. Jeg vender tilbage til dette.

Klassisk fysik: Den harmoniske oscillator

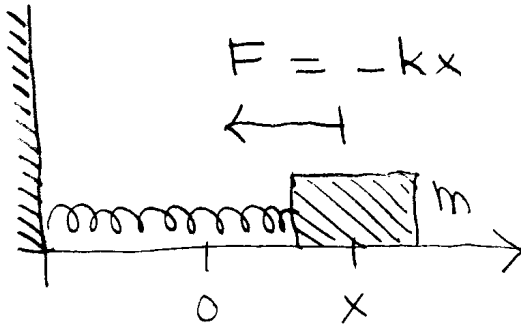
For at illustrere ideerne er den klassiske fysik ideel, derfor vi jeg give et eksempel herfra: Et af de fundamentale systemer, som behandles indgående er den harmoniske oscillator, som i ideel form beskriver enhver form for svingning. Newtons anden lov løses for dette system, der består af en fjeder og et lod.

Det fysiske problem er det første og mest simple eksempel på en differentiaalligning, de studerende møder. Fra løsningen af denne ligning fås en sammenhæng imellem svingningsfrekvens ω , loddets masse m og fjederens fjederkonstant k :

$$\omega = \sqrt{k/m}.$$

For at opnå fortrolighed med denne formel får de studerende udleveret en æske med fjedre, lodder, en vægt og en lineal. Opgaven lyder: “Læreren starter et stopur, bestem hvornår der er gået to minutter”. Denne opgave, som løses i grupper af 3-5 studerende og afrapporteres som en lille eksperimental-log på kursus-hjemmesiden, bør ikke tage meget mere end ca. 30 minutter.

I løsningen af denne opgave indgår en række overvejelser: (1) Fjederkonstanten findes ved at måle den statiske udtrækning i tyngdefeltet. (2)



Figur 13.1. Den skematiske fremstilling af den harmoniske oscillator i form af fjeder og lod forbundet til en væg og glidende på et gnidningsfrit underlag, hvor tyngdekraft og underlagets normalkraft ophæver hinanden. Dette er en idealisation, hvor svingningen i det konkrete forsøg, foregår i lodret retning.

Tyngdekraften indgår ikke i bestemmelsen af svingningstiden. Hvorfor? (3) Hvad er sammenhængen imellem svingningstid og svingningsfrekvens? De dygtigste studerende vil kunne udfolde opgaven yderligere: (4) Hvad bestemmer nøjagtigheden i tidsmålingen? (5) Hvad er en optimal kombination af lod (let/tungt) og fjeder (blød/stiv)? (6) Hvorledes indgår fjederens masse? (7) Hvorledes fungerer et mekanisk vækkeur? osv.

Det traditionelle læringssetup for dette eksperiment ville være en “køgebogs”-beskrivelse af et eksperiment, hvor enten forskellige fjedres fjederkonstanter er specificeret, eller hvor fjederkonstanten måles ved påhængning af lodder med forskellige masser, en lineær sammenhæng imellem fjederens udstrækning og massen etableres (tegnes på millimeterpapir), bedste rette linje indtegnes og hældningskoefficienten måles, eventuelt estimeres måleusikkerhederne på måling af k , som senere med ophøbningsloven adderes med usikkerheden på måling af massen til sammenligning med måling af svingningstiden. Denne måles, frekvensen udregnes efter en formel og ω^2 plottes imod k og imod $1/m$ for forskellige værdier af k og m ,

således at den teoretiske fysiske sammenhæng eftervises. Dette afrapporteres i en fysikrapport. Denne opgave løses typisk på 3-4 timer inklusive rapportskrivningen.

Læringsindholdet i denne traditionelle eksperimentelle øvelse er helt relevant i forhold til at forstå den eksperimentelle metode til eftervisning af fysiske sammenhænge, god laboratorieteknik, usikkerhedsberegninger og skriftlig rapportering. Hvilket iøvrigt i høj grad i indhold og niveau minder om den gymnasiale undervisning på mat-fys-linjen før sidste gymnasierform. Det u hensigtsmæssige i dette setup er dels at "laboratorietræningen" fylder uforholdsmæssig meget, hvilket kan skygge for forståelsen af den fysiske sammenhæng, som undersøges. Dels er dette eksperiment fra forskningsfronten på Galilei's tid! Moderne eksperimenter, relevant for nutidens forskning, som i højere grad motiverer studerende til eksperimentel "forskning", kræver længere tids arbejde og fordybelse. Denne undervisning foregår uafhængigt i længerevarende projektarbejde.

Fysik 3: Termodynamik og statistisk fysik

Dette kursus er det tredje grundkursus på fysikuddannelsen, som følges af over hundrede studerende. Nye grundlæggende fysiske begreber som tryk, temperatur, indre energi, arbejde, varme, mikro- og makrotilstande, reversible og irreversible processer samt entropi introduceres og lovmæssigheder som idealgasligningen samt termodynamikkens første og anden hovedsætninger udledes. Disse begreber og lovmæssigheder og sammenhængene imellem dem er meget abstrakte for de studerende. Et af læringsmålene er således at få konkretiseret begreberne og at opnå "fysik forståelse" for implikationerne af de fysiske love.

Termodynamikken udvikledes som en del af den klassiske fysik op igennem det 19. århundrede, før teorien om atomer. Den tilhørende matematik er meget avanceret og det helt centrale begreb entropi blev fundet som en matematisk konsekvens af teorien, som var ganske vanskelig at fortolke. Med den moderne kvantefysik med atomer og diskrete kvantetilstande udvikledes også den statistiske fysik, der giver en langt mere fyldestgørende og forståelig fysisk forklaring på de termodynamiske love. En didaktisk overvejelse har derfor været at introducere den termiske fysik "ahistorisk". Dette sker ved fra første færd at indføre den statistiske fysik også inden de studerende introduceres for kvantefysikken. Bruddet med det traditionelle historiske narrativ har været meget hensigtsmæssigt. Dog afhænger succes-

sen altid af potentielt anvendeligt lærebogsmateriale (med mindre læreren engagerer sig i det enorme arbejde, det er selv at forfatte et sådant). En glimrende lærebog (Kittel and Kroemer, 2000), blev anvendt et enkelt år. Denne lærebog har tidligere været anvendt på tredje studieår, men viste sig at være for avanceret til førsteårsundervisningen. Det er lykket at finde en glimrende lærebog (Schroeder, 2000) på et passende niveau med denne moderne tilgang.

Formålet med at indføre eksperimenter i dette kursus er at udbygge og understøtte forståelsen af de fysiske begreber og sammenhænge introduceret i forelæsningerne. For i bedst muligt omfang at opnå denne sammenhæng, er undervisningen arrangeret i to ugentlige sessioner af fire timers varighed. Den første session består en times introducerende forelæsning efterfuldt af to timers eksperimenter og endelig en opsamlende times forelæsning. Den anden session består af tre timers traditionelle holdopdelte regneøvelser efterfulgt af en times forelæsning. Forelæsningerne forsøges holdt med udpræget grad af interaktivitet, som beskrevet i (Mazur, 1997). Eksperimenterne foregår under mere eller mindre kaotiske forhold i grupper af 4-5 studerende i forelæsningsauditoriet og i tilstødende gangarealer. De fysiske rammer er desværre for nuværende ikke gearede til meget andet end "røv-til-sæde" undervisning!

Eksperimenterne

Den direkte sammenhæng imellem forelæsninger og eksperimenter sætter snævre begrænsninger for, hvornår eksperimenterne skal udføres. Disse foregår bedst parallelt for samtlige studerende. Dette står i modsætning til den almindelige praksis, at studerende i grupper benytter laboratorier og udstyr på forskellige tidspunkter spredt ud over ugen. I dette tilfælde vil der ofte være nogle studerende, der udfører et givet eksperiment før ugens forelæsning, mens andre studerende udfører det efter forelæsningen. Omvendt stiller undervisningen krav om, at det eksperimentelle udstyr findes i tilstrækkeligt mange eksemplarer til, at alle grupper kan arbejde parallelt. Eksperimenterne må derfor designes, så de kan udføres relativt billigt. Dette er i god tråd med (1) ideen om, at forsøgene er så simple ("køkkenbordsagtige") som muligt, hvilket kan inspirere de studerende til en mere legende tilgang. Samtidig skal eksperimenterne (2) designes, så de udføres med tilstrækkelig nøjagtighed, at de viser de ønskede sammenhænge meningsfuldt, typisk med en fejl- eller usikkerhedsmargin på under 5-10 %. Disse

to modstridende fordringer stiller overraskende store krav til designet. Nogle specifikke problemer i den termiske fysik er at opretholde tilstrækkelig god varmeisolation for den observerede substans. Dette kommer for eksempel til udtryk ved det faktum at varmekapaciteten for en gas er så meget mindre end for enhver beholder den indeholdes i. Derved kan idealgassens temperaturudvikling i en given process domineres af varmeudveksling med omgivelserne frem for, at vise den teoretisk bestemte sammenhæng. Et eksempel på et delvist mislykket eksperiment er gastermometeret, hvor en beholder med luft nedsænkes i henholdsvis isvand, vand ved stuetemperatur og en elkedel med kogende vand. Trykket i beholderen måles med et stempel fastholdt med lodder. Med de fejlkilder, som udstyret har (varmetab, udsivning af luft ved stemplet osv.), måles det absolutte temperaturnulpunkt til ca. $-700\text{ }^{\circ}\text{C}$! Dette resultat gør naturligvis forsøget uegnet, fordi fokus bliver på fejlkilder fremfor det fysiske indhold i idealgasligningen.

Eksempel: Bestemmelse af Poissons konstant

Et eksempel på et vellykket forsøg er et klassisk forsøg til måling af Poissons konstant (forholdet imellem varmekapaciteten for en gas ved konstant volumen og varmekapaciteten for en gas ved konstant tryk). Forsøgsoplægget er gengivet i Appendiks nedenfor. I dette enkle forsøg, som udføres på ca ti minutter foregår der en adiabatisk udvidelse (en udvidelse uden varmeudveksling med omgivelserne) af en mængde luft i en plastikdunk, som til at begynde med har et lille overtryk. Dette er efterfulgt af en opvarmning til ligevægt med omgivelserne. Dunken er forbundet med et vandfyldt U-rør. Højdeforskellen mellem de to vandsøjler i U-røret måles før og efter de to processer er udført. Dette er indirekte trykmålinger, og de studerende stilles en række opgaver, hvor de regner sig igennem sammenhænge, som ender med at en måling af antallet af frihedsgrader i gassen (di-atomig atmosfærisk luft) er bestemt (se Appendiks). Eksperimentet er således en kombineret forsøgs- og regneopgave. Den knytter direkte an til og konkretiserer det forelæste stof. Denne opgave er ikke så åben i sin formulering som andre af kursusforsøgene (se link nedenfor).

Eftertanke

De studerende har igennem de sædvanlige kursusevalueringer udtrykt stor tilfredshed med denne nye undervisningsform. Det er naturligvis positivt,

men i sig selv ikke nødvendigvis en nøjagtig indikator for den gode læring. Vigtigere er at eksamensresultaterne har været gode. Der er ikke sket ændringer i eksamensformen, som er traditionel formativ fire timers skriftlig eksamen i “standardopgaver”. Typisk indgår en teoretisk problematik relateret til et af eksperimenterne i en opgave, formuleret som en sædvanlig eksamensopgave. Formålet med inddragelsen af eksperimenterne i eksamen er ikke direkte testning af udbyttet af arbejdet med eksperimenterne. Det er alene for at markere vigtigheden af arbejdet med disse på lige fod med teoriforståelsen. Der er ikke prioriteret undervisningsressourcer til at udføre en egentlig summativ evaluering af de studerendes forsøgslogs som en del af bedømmelsen.

Det er min opfattelse at den “hands-on” forståelse af fysikken, som forsøgene giver, konkretiserer de abstrakte begreber og derfor giver en dybere forståelse af stoffet. Denne afspejler sig også i håndteringen af de traditionelle teoretiske opgaver. Dette er naturligvis ikke et validt grundlag for evaluering, medmindre der udføres flere tests i den angelsaksiske empiriske tradition. Den del af undervisningsevalueringen har ikke været prioriteret højt.

Den blanding af forelæsningsener, eksperimenter og regneopgaver som er beskrevet her, kan på nogle punkter ses som en “back to basics” genopfindelse af den (gode) klasseundervisning som foregik på den traditionelle mat-fys-linje i gymnasiet “da far var dreng”. De væsentlige forskelle er de ydre begrænsninger holdstørrelser på 100 + studerende giver, men mere væsentligt, at det faglige niveau, trods alt, er højere. Her er den væsentlige didaktiske udfordring at sikre, at de studerende opnår en tilsigtet læring af og fordybelse i de fysiske forhold, som udspiller sig i “legen” med forsøgene.

Litteratur

- Kittel, C. and Kroemer, H. (2000). *Thermal Physics*, 2 udg., W. H. Freeman and Company, New York.
- Mazur, E. (1997). *Peer Instruction: A User's manual*, Prentice Hall,, Upper Saddle River, New Jersey.
- Schroeder, D. V. (2000). *An Introduction to Thermal Physics*, Addison Wesley Longman, New York.

Oplæg til eksperimenter:

Tak til lektor emeritus Malte Olsen for hjælp og inspiration til udarbejdelse af forsøgene.

http://www.gfy.ku.dk/~pditlev/undervisnings_eksperimenter

Film: “Fysik på 1. klasse”:

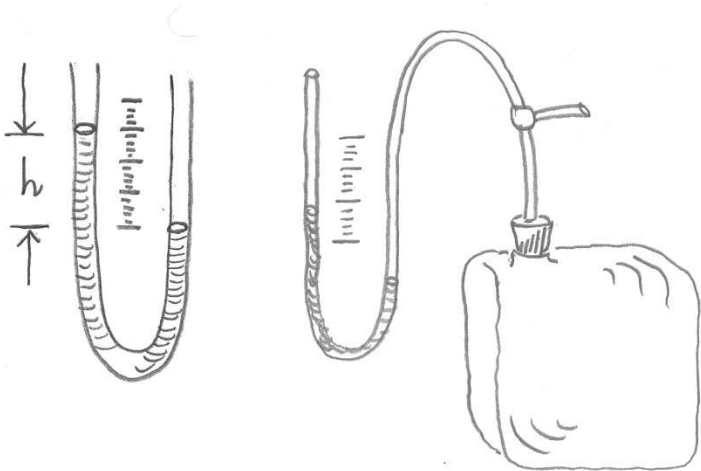
http://www.nbi.ku.dk/sciencexplorer/laes_fysik/fysik_paa_foerste_klasse/video/

Appendix

Adiabatisk proces og antallet af frihedsgrader i en idealgas.

I dette eksperiment vil vi få førstehåndskendskab til adiabatiske processer. Vi vil udføre en (tilnærmelsesvis) adiabatisk proces efterfulgt af en varmeudveksling med omgivelserne. På denne måde vil vi også opnå en måling af antallet af frihedsgrader, f , i gassen, som vi måler på.

Vi skal undersøge en gas (atmosfærisk luft) i en beholder (en 10 liters plastikdunk). Trykket i beholderen måles ved hjælp af et U-rørsbøjlet stykke plastikslange og en målestok, som vist på figuren.



Eksperimentet består af to skridt:

Skridt 1 Først pustes der luft i dunken, således at der er et overtryk svarende til ca 25 cm vandsøjle. Vent så til temperaturen er udlignet, og noter den nøjagtige placering af de to vandsøjler. Højdeforskellen kalder vi h_1 . Denne tilstand (1) for gassen er givet ved (p_1, V_1, T_1) . Rumtemperaturen benævnes T_0 og er altså den samme som T_1 .

1. (repetition fra sidste uge) Hvad er sammenhængen imellem trykforskellen $p_1 - p_0$ (hvor p_0 er det ydre atmosfæretryk) og højdeforskellen h_1 på de to vandoverflader i U-røret?

Vi vil nu benytte, at der gælder

$$pV^\gamma = \text{konstant} \quad \text{hvor} \quad \gamma \equiv \frac{f+2}{2}$$

for en adiabatisk proces. (Som vi skal se på onsdag er $\gamma = C_p/C_V$.)

2. Udded heraf en sammenhæng imellem trykket p og temperaturen T af formen $p^\alpha T^\beta = \text{konst}$ for en adiabatisk proces i en ideal gas.

Skridt 2 Nu løftes proppen af i ganske kort tid (ca. 1 sekund), hvorefter proppen sættes i igen. Denne tilstand (2), lige efter at proppen er sat i er givet ved (p_2, V_2, T_2) . (Volumenet V_2 er vi ikke specielt glade for, siden det inkluderer en ukendt mængde gas, som er lukket ud af beholderen).

3. Hvad er trykket, p_2 , umiddelbart efter vi har sat proppen i ?

4. Argumenter for at processen (1) \rightarrow (2) er tilnærmelsesvis adiabatisk.

5. Tror I, at T_2 er større end, lig med, eller mindre end T_1 ?

6. Efter at proppen er sat i igen ændrer trykket sig, som det fremgår af de to vandsøjler, langsomt. Hvorfor?

Tilstanden (3) som opnås, når vandsøjlerne ikke længere bevæger sig er givet ved (p_3, V_3, T_3) . Mål den nøjagtige placering af vandoverfladerne. Højdeforskellen kalder vi h_3 . Nu har vi målt h_1 og h_3 , hvorved forsøget er fuldført!

7. Hvad er sammenhængen imellem p_2 , T_2 , p_3 og T_3 ?

8. Nu bliver det nok lidt svært. Vi vil gerne knytte målingen af h_1 og h_3 til f . Vis at:

$$\left(1 + \frac{\rho g h_1}{p_0}\right)^{1-\gamma} = \left(1 + \frac{\rho g h_3}{p_0}\right)^{-\gamma}$$

Vink: Start med at bruge svaret fra pkt 2. ovenfor.

9. Det udtryk I lige har bevist, skrigger på at blive approximeret vha. lidt matematiske tricks, for eksempel: $x^a = y \Leftrightarrow a \log(x) = \log(y)$, og endelig $\log(1+x) \approx x$ for $x \ll 1$. Læg mærke til at g og p_0 går ud i denne approximation! Undersøg i jeres aktuelle tilfælde, hvor stor en fejl, der introduceres ved rækkeudviklingen af logaritmefunktionen.

10. Hvad bliver måleresultatet for f ? Sammenlign med den teoretiske forudsigtelse, og diskuter hvilke forhold og usikkerheder, der fører til eventuel forskel på målingen og den teoretiske værdi.

Forskningsbaseret uddannelse af undervisere

Pædagogisk uddannelse af forskere der underviser og undervisere der forsker

Frederik Voetmann Christiansen^{†,‡}

[†] Institut for Farmakologi og Farmakoterapi, Københavns Universitet

[‡] Institut for Naturfagernes Didaktik, Københavns Universitet

Adjunktuddannelserne på universiteterne i Danmark har efterhånden fundet relativt stabil form, der både følger de krav der stilles i stillingscirkulæret (Notat om stillingsstruktur, 2007), og (omtrent) også de supplerende retningslinjer der blev udstukket af Rektorkollegiet i 1997 (Rektorkollegiets sekretariat, 1997).

Stillingscirkulæret stiller krav om at der i til stillingskategorierne 'adjunkt' og 'forsker'¹ indgår supervision og teoretisk opkvalificering, og at forløbet munder ud i en udtalelse om de undervisningsmæssige kvalifikationer. Rektorkollegiets anbefalinger bestod bl.a. i at uddannelsen skulle have et omfang på mindst 250 timer, dog sådan at den samlede undervisningsbelastning for adjunkten ikke oversteg 50%. I et internationalt perspektiv har Danmark lagt sig fast på en ret omfattende og ambitiøs model for pædagogisk uddannelse af videnskabeligt personale.

Af samme grund har det har taget sin tid at få opbygget uddannelserne – ikke mindst fordi de enheder der skulle forestå uddannelsen i mange tilfælde ikke fandtes i forvejen. Københavns universitet har først i år vedtaget ensartede retningslinjer for fakulteterne, der fastsætter minimumskrav for omfanget og sikrer at adjunkterne over en bred kam faktisk får supervision og teoretisk opkvalificering i et omfang der indfrier ambitionerne (Uddannelsesstrategisk sekretariat, 2010).

¹ Stillingskategorien 'forsker' er først kommet til efter fusionsrunden. Der opereres nu med tre stillingskategorier på adjunktniveau: Adjunkt, forsker og postdoc. Kun de to førstnævnte skal følge adjunktpædagogikum.

Så langt, så godt – og også på høje tid når man tager i betragtning at aldersfordelingen de fleste steder på universitetet peger på et forestående generationsskifte. Potentialet for at adjunktuddannelserne virkelig kan bidrage til bedre uddannelse er (dermed) rigtig stort. Og det virker faktisk: Det er en fornøjelse at konstatere, at rigtig mange af de lærere vi har haft på kurset er med til at sætte nye dagsordner for undervisningen på deres fag, modtager undervisningspriser, bliver vice-institutedere (for undervisning) osv. Det skal ikke forstås sådan at jeg/vi vil tage æren for disse menneskers bedrifter – fortjenesten er alene deres. Men jeg tror helt bestemt at adjunktforløbet i kraft af dets omfang og længde gør noget ved deltagerne, om ikke andet, at det giver dem tid til at reflektere over og få fokus på kvaliteten i deres egen undervisning.

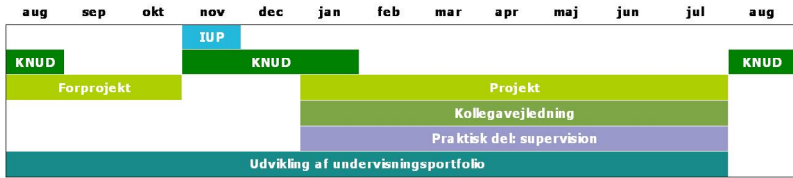
Malurt i bægeret

I den “indkøringsperiode” der har været fra midten af halvfemserne til i dag er der imidlertid også sket noget med universiteterne, som truer den positive udvikling for uddannelserne. Mest heftigt inden for de sidste 5-6 år. Det skyldes ikke den ofte kritiserede nye universitetslov og de nye ledelsesformer på universitetet, men de nye finansieringsformer der er blevet dominerende, hvor “enheden mellem forskning og undervisning” for alvor er kommet under pres. Jeg har beskrevet dette mere i dybden andetsteds (Christiansen, 2010), hvor jeg spørger, om forskningsfinansieringen er blevet uddannelsernes værste fjende?

På adjunktuddannelsen på SCIENCE-FARMA-LIFE på KU oplever vi *ceteris paribus*, at der kommer færre adjunkter relativt til postdoc’er og at flertallet af deltagerne nu er postdoc’er på trods af at kurset ikke er obligatorisk for dem at følge kurset, mens det er det for adjunkter.

Dette er udtryk for at flere af forskningsmidlerne kommer fra fonde, EU, forskningsråd eller private firmaer og er øremærkede til forskning. Samtidig er basismidlerne generelt faldende og en stor del af basismidlerne bruges til samfinansiering af eksterne forskningsprojekter. Derfor ansætter fakulteterne kun ganske få adjunkter, men mange postdoc’er.² Lad os lige gøre klart, hvad forskellen på de to kategorier er:

² For at give en fornemmelse for voldsomheden af denne udvikling kan nævnes, at det relative antal adjunkter på KU-SCIENCE er faldet med 79% i perioden 2005-2010, mens antallet af postdocs er steget med 360%. Antallet af lektorer er faldet med 16%. Tendensen med færre adjunkter og langt flere postdocs er den samme på de øvrige fakulteter (FARMA, LIFE), men er ikke helt så voldsom.



Figur 14.1. Skematisk oversigt over adjunktuddannelsen. Uddannelsen strækker sig over et helt år. Der skrives 2 projekter, følges et teoretisk kursus (KNUD), og gives supervision (praktisk del). Sideløbende udvikler deltageren egen undervisningsportfolio.

Adjunkt: videreuddannelsesstilling, hvor hovedopgaverne er forskning [...] og forskningsbaseret undervisning (med tilhørende eksamensforpligtelser). Stillingen kan foruden forskning og forskningsbaseret undervisning omfatte vidensudveksling med samfundet. Hertil kan i begrænset omfang komme varetagelse af andre opgaver.

Postdoc: Post doc.-stillingen er en tidsbegrænset videnskabelig stilling. Stillingsindholdet vil normalt overvejende være forskning. Hertil kommer undervisning i et vist omfang. Desuden kan i begrænset omfang komme varetagelse af andre opgaver. Universitetet fastlægger den nærmere fordeling mellem de forskellige opgaver. Vægtningen mellem de forskellige opgaver kan variere over tid. I stillingen indgår ikke pædagogisk opkvalificering. Ansættelse som post doc. kan derfor ikke alene kvalificere til ansættelse som lektor/seniorforsker. (Notat om stillingsstruktur, 2007)

Hvor adjunker således har temmelig meget undervisning (dvs. op mod halvdelen af tiden), har postdoc'erne som hovedregel kun relativt begrænset undervisning (som hovedregel højst ca. 10%).

For at kunne deltage i adjunktpædagogikum kræves at man har undervisning svarende til mindst 100 timer (inkl. forberedelse) og forskellige typer undervisningsopgaver. For adjunkterne er dette ikke et problem – de har rigelig undervisning at tage af. Mange postdocs har vanskeligt ved at leve op til disse to krav – som regel lykkes det dog gennem forhandling at få skabt fornuftige supervisionsforløb.

Selvom de fleste postdoc'er på kurset er rigtig dygtige og også engagerede, betyder den beskedne undervisning de har at der er visse dele af adjunktpædagogikum de har vanskeligt ved at forholde sig til (Christian-

sen, 2010). Nedenfor er gengivet målbeskrivelsen for adjunktuddannelsen og med kursiv markeret nogle af de forhold som postdoc'erne (alt andet lige) har vanskeligere end adjunkterne ved at forholde sig til, da de som ofte ikke har ansvar for længerevarende forløb. Den kursiverede tekst markerer elementer der rækker ud over tilrettelæggelsen af enkeltstående undervisningsseancer.

Adjunktuddannelsens mål er adjunkterne efter afslutningen af forløbet kan tilrettelægge, gennemføre og evaluere undervisning på en måde, som støtter de studerendes læring bedst muligt i forhold til fagenes formulerede læringsmål, og at adjunkterne kan bidrage til udviklingen af fagets og institutionens uddannelser.

- Kan *planlægge, gennemføre og efterbearbejde undervisning* inden for hendes eller hans faglige område rettet mod studerende på de videregående uddannelser.
- Har et *repertoire af forskellige undervisnings-, eksamens- og evalueringsformer*, og har en forståelse af hvilke muligheder, begrænsninger, styrker og svagheder de forskellige former har med hensyn til indhold, læringsmål, deltagere og institutionelle rammer.
- *Kan begrunde sine valg af indhold, arbejds-, undervisnings- og evalueringsformer på et universitetspædagogisk, fagdidaktisk og lærings-teoretisk vidensgrundlag, herunder en viden og forståelse af betydningen af deltagerne og deres forudsætninger.*
- Kan reflektere over de studerendes læreproces i relation til undervisningen, kan vurdere de studerendes faglige niveau i forhold til læringsmål, og kan tilrettelægge passende faglige udfordringer for de studerende.
- Kan korrigere og tilpasse undervisningen undervejs, så den bedst muligt fremmer de studerendes læring inden for de givne rammer.
- Kan reflektere over såvel egen som andres undervisning under inddragelse af relevant universitetspædagogisk litteratur, og kan observere andres undervisning, og *bruge denne refleksion og observation af undervisningen til at bidrage konstruktivt til udvikling af sin egen undervisning og undervisningen på uddannelsen som helhed.*
- *Kan deltage i udviklingen af kursusmoduler, kurser, eller hele uddannelser, og som en del af dette [...]*
- *Har et universitetspædagogisk grundlag for at kunne indgå i diskussioner af uddannelsernes udvikling, kvalitetssikring, og af de ydre rammer og [...]*

I og med at postdoc'erne har mindre undervisning, er det vanskeligt for dem at forholde sig til f.eks. spørgsmål om kursustilrettelæggelse, uddannelsesstilrettelæggelse, eksamensformer mv. Typiske undervisningsopgaver

for hhv. adjunkter og postdocs, sammen med beskrivelser af typiske projektemner er gengivet nedenfor.³:

- **Adjunkt:**
 - *Typiske undervisningsopgaver:* Varetagelse af større del af kursus, omfattende undervisning forelæsninger, øvelser, vejledning mv. Nogle gange hovedansvar for kursus alene eller som del af kursusteam.
 - *Typiske projektemner:* Tilrettelæggelse af eller nyt eller evaluering af eksisterende forløb/kursus, udvikling af nye opgaveformater osv.
- **Postdoc'er:**
 - *Typiske undervisningsopgaver:*
 - Enkeltstående forelæsninger, enkeltstående øvelser – typisk undervisning der er “tæt på eget forskningsområde”.
 - *Typiske projektemner:* Brug af interaktive former i undervisningen (f.eks. peer-instruction, summemøder osv).

Konklusion

Udviklingen på universiteterne i forhold til nye lærere går i retning af:

- At mange nye lærere underviser mindre, men til gengæld (ofte) i emner der er tættere på eget forskningsfelt.
- Det betyder — alt andet lige — at de pædagogisk/didaktiske virkemidler de kan tage i brug er relativt begrænsede i forhold til adjunkter der (oftere) kan planlægge længere forløb, har indflydelse på eksamen, målbeskrivelse osv.
- Det handler ikke om manglende vilje, men om stillingskategorier.
- De nye finansieringsformer på universiteterne har betydet at færre adjunkter og flere postdocs. Imidlertid er det pædagogikumsystem man har opbygget over 15 år gearet til at deltagerne faktisk har tilpas meget undervisning til at kunne forholde sig til de undervisningsopgaver man stilles overfor som lektoransat.

Den positive udvikling for at højne kvaliteten af uddannelserne som satsningen på adjunkt-pædagogikum har været, risikerer at blive løbet over

³ Eksempler på projekter fra deltagerne kan ses på:
www.ind.ku.dk/publikationer/knud

ende af en voldsom ændring i universitetets og samfundets strukturering af forskningen og en negligering af betydningen af undervisningen.

Perspektivering

I 1997 – samme år som Rektorkollegiet lavede sine anbefalinger vedrørende adjunkt-pædagogikum – beskrev Michael Gibbons hvordan nye forskningsformer havde og ville finde vej til universitetet (såkaldt Modus 2-forskning). Han skriver bl.a.:

Fremtidens modeller synes at fordrer en relativt smal kerne af permanent fuldtidsansatte, sammen med en langt større periferi af øvrige eksperter, som er knyttet til universiteterne på forskellig måde. Universiteterne vil være nødt til at eksperimentere med en meget bredere vifte af ansættelseskontrakter og til at acceptere, de ikke direkte ejer de menneskelige ressourcer, som de har brug for. Fremtidens rektorer⁴ på universiteterne vil udmærke sig i kraft af deres evne til at forvalte den intellektuelle kapital på en måde, som maksimerer målsætningen for institutionen, men som ikke forudsætter, at enhver ansat er fuldtidsansat. Hvordan vil disse “andre” klare sig inden for universitetsmiljøet? Hvordan vil deres bidrag blive anerkendt? Bliver de forfremmet? Og i overensstemmelse med hvilke kriterier? Hvad kommer de til at koste? Hvilken relation vil de få til studerende? Skal de undervise? Dette er nogle af de spørgsmål, som det er nødvendigt at stille, men det forekommer mig klart, at de ikke kan besvares uden at ændre substantielt på universitetets natur. (Gibbons, 1997/2007)

Dette forekommer mig at være en ret præcis beskrivelse af situationen i Danmark år 2010. Vi mangler fortsat svarene.

Litteratur

Christiansen, F. V. (2010). Er forskningsfinansieringen blevet uddannelsens værste fjende? – om den økonomiske udviklings betydning for undervisningen og den pædagogiske udvikling på universitetet, *MONA* 2010(2): 60–70.

⁴ Oversættelsen anfører hér vice-rektorer, men rektorer må vist være den korrekte oversættelse (Vice-Chancellor).

Gibbons, M. (1997/2007). Hvilken slags universitet? Forskning og undervisning i det 21. århundrede, i J. E. Kristensen, K. Elstrøm, J. V. Nielsen, M. Pedersen, B. V. Sørensen & H. Sørensen (red), *Ideer om et universitet*, Aarhus Universitetsforlag, Århus, pp. 217–229.

Notat om stillingsstruktur (2007). Notat om stillingsstruktur 2007 for videnskabeligt personale ved universiteter. CIR nr 9427 af 13/06/2007.

Rektorkollegiets sekretariat (1997). Pædagogisk uddannelse af adjunkter på de højere uddannelsesinstitutioner. Journalnummer 1996-2066-01. Kopi kan fås ved henvendelse til Danske Universiteter eller FVC.

Uddannelsesstrategisk sekretariat (2010). Sagsnotat vedr. retningslinjer for adjunktpædagogikum på Københavns Universitet. Sag 402-0013/10-7160, dokument nr. 1822086.

Forsknings- og udviklingsprojekter i læreruddannelsen i matematik

Mette Andresen

NAVIMAT, University College Capital

I det følgende præsenteres et konkret forsøg på at etablere nye rammer for generering af fagdidaktisk viden i og omkring matematiklæreruddannelsen. Forsøget foregik i Nationalt Videncenter for Matematikdidaktik (NAVIMAT) hvor en klynge af samtidige forsknings- og udviklingsprojekter blev organiseret i *Projektforum* der skulle fungere som lærende fællesskab for deltagerne.

NAVIMAT

NAVIMAT blev etableret pr. 1. Januar 2008 på en treårig bevilling fra UVM. Etableringen af NAVIMAT fulgte anbefalingerne fra det faglige udvalg i matematik nedsat af undervisningsministeren i efteråret 2005 med Mogens Niss som formand. Alle de daværende pædagogiske CVU'er stod bag ansøgningen og der var indgået samarbejdsaftaler med Aalborg Universitet, Københavns Universitet, Roskilde Universitet og Danmarks Pædagogiske Universitetsskole ved Århus Universitet. Kernen i ansøgningen til UVM var en klynge forsknings- og udviklingsprojekter formuleret af undervisere på læreruddannelserne i matematik. I flere tilfælde var projekterne formuleret som opfølgning eller fortsættelse af tidligere gennemførte forsknings- og udviklingsprojekter. Selvom projekterne tog nye og relevante emner op adskilte ingen af projekterne sig kvantitativt eller indholdsmæssigt fra traditionelle seminariprojekter.

NAVIMAT har i perioden 2008 – 2010 blandt meget andet forestået og 50% medfinansieret gennemførelsen af 13 af disse forsknings- og ud-

viklingsprojekter. Projekterne involverede omkring 35 deltagere fra 6 af landets 8 University Colleges (UC'er, som dannedes ved fusion af bl.a. C-VU'erne). Projekterne var formuleret i overensstemmelse med den almindelige praksis på læreruddannelsen og som udgangspunkt gennemført af de der havde formuleret dem, nogle i samarbejde med matematiklærere fra lokale folkeskoler og deres elever. UC-projektdeltagerne var frikøbt mellem 1600 og 350 timer, (650 timer i gennemsnit) fra UC'et for at gennemføre deres projekt. I alt lagde deltagerne 11.631 frikøbte arbejdstimer i disse projekter, desuden har bl.a. konsulenter fra NAVIMAT brugt arbejdstimer.

Projekterne var formuleret indenfor 6 indsatsområder, som NAVIMAT havde fælles med de tilsvarende nationale videncentre for læsning og naturfag, nemlig:

- Professionsbacheloruddannelse af lærere, med udvikling af nye undervisningsmaterialer (1 projekt)
- Efter/videreuddannelse af lærere (1 projekt)
- Kompetenceudvikling af professionshøjskole-medarbejdere på læreruddannelserne (8 projekter)
- Udvikling af folkeskolens undervisning i matematik, samt børns matematiske udvikling i dagtilbud (1 projekt)
- Partnerskaber med aftagere samt rådgivning af myndigheder (1 projekt)
- Internationalt samarbejde (1 projekt)

I seminarieverdenen har udviklingsarbejde traditionelt været gennemført i mere eller mindre projektlignende forløb, og viden og erfaringer derfra har informeret og beriget læreruddannelsen ved at ligge som baggrundsviden i undervisningen hos de seminarielærere der havde deltaget i projektet. I visse tilfælde er det endvidere lykkedes at delvist formalisere, dele og sprede denne viden i en bredere kreds af kolleger, som derved også har fået mulighed for dels selv at trække på den nyudvundne viden i egen undervisning, dels at lade sig inspirere i eget udviklingsarbejde og i egen professionelle udvikling generelt.

Projektforum

I ansøgningen til UVM blev NAVIMAT's opgave blandt andet beskrevet sådan:

Gennem samspil mellem udviklingsviden, forskningsviden og praksisviden, skal NAVIMAT producere, organisere, vurdere og formidle matematikdidaktisk viden samt opfange nye indsats-, problem- og vækstområder. Opgaverne løses i nært samarbejde med universitetsmiljøerne i Aalborg, Aarhus, Roskilde og København.

NAVIMAT arbejder for at

- udvikle dansk matematikundervisning gennem forskningssamarbejde og udviklingsarbejde
- styrke matematiklæreres professionelle udvikling og status, herunder de fagdidaktiske miljøer på skoler og uddannelser
- udvikle læringsmiljøer, der bidrager til en alsidig matematikundervisning, som støtter elevernes opbygning af matematikkompetencer
- udvikle evaluering og evalueringsformer i praksis
- medvirke ved udvikling, vurdering og implementering af nationale læseplaner i samspil med praksis.
- udvikle kritisk analyse af bøger og materialer til matematikundervisning
- støtte udviklingen af matematikundervisning for elever med særlige muligheder og behov.
- bidrage til dialog og udvikling af viden om overgange mellem forskellige trin i uddannelsessystemet
- formulere strategier og varetage policyrådgivning for området

I svarskrivelsen fra UVM, hvor ansøgningen imødekommes med 85% af det ansøgte beløb, stod blandt andet:

“Videncenterpanelet vurderer, at ansøgningen er faglig bæredygtig og godt forankret i uddannelsesmiljøerne. Det imidlertid en svaghed, at kompetencerne, gennem den decentrale struktur, samtidig bredes ud til alle de involverede institutioner og miljøer. Med henblik på at samle og udvikle spidskompetencer inden for matematikfagdidaktik, anbefales derfor, at organisationen omkring videncentret strammes op. Endvidere anbefales det, at brugersiden (f.eks. kommuner) inddrages meget mere i videncentrets aktiviteter, herunder bidrager til finansieringen.”

Med svarskrivelsen forblev NAVIMATs kommissorium uændret i forhold til ansøgningens beskrivelse, med de to forbehold at organisationen omkring videncentret skulle strammes op og at 'brugersiden', for eksempel kommuner, skulle inddrages meget mere i aktiviteterne, herunder bidrage til finansieringen.

På denne baggrund blev NAVIMAT's medfinansiering af 'kerneprojekterne' gjort betinget af, at det enkelte projekt indgik i *Projektforum*. Foru-

den UC – projektdeltagerne fra kerneprojekterne og konsulenter fra NAVIMAT omfattede Projektforum et team af 4 – 6 matematikdidaktiske universitetsforskere fra partneruniversiteterne RUC, DPU, KU, og AAU. Forsker-teamet skulle give råd og sparring til deltagerne og i visse tilfælde holde oplæg men var ikke tilknyttet de enkelte projekter som egentlige vejledere. I Projektforum var der arrangeret fælles aktiviteter i form af 5 årlige heldagsseminarer med eksterne oplæg fastlagt i samråd med deltagerne (bl.a. om matematiklærerkompetencer, udvikling af en professionsdidaktik for matematiklærere, skrivekursus, om lektionsstudie metoden o.a.), med præsentation af de enkelte projekter til kommentering og sparring fra forsker-teamet og fra de øvrige deltagere (to gange årligt, ved opstart og under midtvejsevalueringen) og med gruppearbejde om fælles temaer, med ét eller to projekter i hver gruppe. Desuden varetog NAVIMAT's konsulenter i Projektforum opgaven at stå for evaluering og kvalitetssikring af de enkelte projekter undervejs i forløbet og ved afslutningen af hvert projekt.

Ny fagdidaktisk viden i NAVAMAT's Projektforum

Centerlederens beslutning om at benytte (blandt andet) Projektforum som redskab til den pålagte opstramning var delvist inspireret af arbejdet med udvikling af lærende fællesskaber i forskellige former, blandt andet på Universitetet i Agder (i projekterne LCM og KUL, rapporter findes på <http://fag.hia.no/lcm/>). Desuden var Projektforum egnet som forbindelsesled i NAVIMAT's aktiviteter, både geografisk og på andre måder, idet arbejdet i NAVIMAT har inddraget og udnyttet nogle af resultaterne fra Eva's evaluering af videncentrene: *Videncentre på erhvervsakademier og professionshøjskoler*. I EVAs evalueringsrapport beskrives to idealtyper af videncentre, uddannelseshus og videnhus (Danmarks Evalueringsinstitut, 2009, p. 76–77). Efter beskrivelsen står følgende om deres funktioner:

Et uddannelseshus vil i højere grad fokusere på kompetenceudvikling blandt medarbejdere og på konkrete forbedringer af grunduddannelserne med nyt input udefra. Heroverfor vil et videnhus have en større styrke i forhold til at fremme innovation og nytænkning på regionalt og nationalt niveau ved at fremme viden inden for et særligt felt med behov for at bygge bro mellem forskning og praksis.

I NAVIMAT blev EVAs skelnen mellem *videnshus* og *uddannelseshus* brugt både til at beskrive og til at strukturere centrets aktiviteter, sådan at

uddannelseshus-aktiviteterne overvejende lå på regionalt plan og videnshus-aktiviteterne overvejende på nationalt plan. *Projektforum* kunne spille en dobbelt rolle i denne forbindelse: Det enkelte projekt havde en uddannelseshus funktion i kraft af sit indhold, af deltagernes individuelle og kollegiale kompetenceudvikling og forankringen af det enkelte projekt i undervisningspraksis (på læreruddannelsen hhv. i grundskolen), mens projekterne tilsammen udgjorde en del af fundamentet for NAVIMATs videnshus funktion, der har den ” *primære målsætning at systematisere og udvikle viden på et område så denne viden kan finde praktisk anvendelse i sektoren og i uddannelserne i fremtiden*” (Danmarks Evalueringsinstitut, 2009, p. 77).

Projektforum skulle give den enkelte deltager mulighed for kompetenceudvikling med sigte på:

- At den enkelte projektdeltager kunne få en øget faglig og (matematik-) didaktisk indsigt i eksisterende viden som resultat af gennemførelsen af eget projekt
- At den enkelte projektdeltager skulle udvikle sine matematikdidaktiske spidskompetencer med henblik på
 - At gennemføre det fulde forløb af et givet projekt, inkl. evaluering, dissemination og valorisering
 - At vurdere og udvikle kvaliteten i forsknings- og udviklingsprojekter indenfor området
 - At udvikle rollen som mentor henholdsvis peer-supervisor i kollegial sammenhæng indenfor feltet

Dermed ville Projektforums uddannelseshus funktion kunne medvirke til at samle og øge matematikdidaktisk spidskompetence i læreruddannelsesmiljøet.

Projektforum var derudover tiltænkt en videnshus funktion, idet udviklingen af Projektforum modellen også havde til formål at organisere væksten i den eksisterende professionsviden på to niveauer:

- På individniveau, i form af øget erfaring og indsigt, fostring og forfølgelse af nye idéer etc. både hos UC-projektdeltagerne og i forskerteamet.
- Et forventet ’eksternt afkast’ i form af viden som ikke er individuel, det være sig forskningsviden, professionsviden, udviklingsviden, praksisviden eller...

Væksten i professionsviden i og fra Projektforum, både individuelt og som ’eksternt afkast’, skulle ligge indenfor de felter der svarer til niveauerne for kompetenceudvikling hos UC medarbejderne:

- Vidensvækst indenfor enkeltprojekternes indholdsmæssige områder (indsatsområderne)
- Vækst i viden om kvaliteter ved matematikdidaktiske forsknings- og udviklingsprojekter, altså en udvidet projektkompetence på meta-niveau
- Øget viden om, hvordan en sådan viden tilvejebringes dvs. viden og kompetencer på professionsdidaktisk niveau

Kilderne til denne vidensvækst i Projektforum skulle være:

- Erfaringer fra og refleksioner over deltagelse i det enkelte projekt
- Delte erfaringer og refleksioner opstået ved interaktion under Projektforums møder, altså en synergetisk vækst i viden og forståelse af mere generel art
- Matematikdidaktisk teori forstået som eksisterende, fælles professionsviden, formidlet på de fælles seminarer og videreudviklet ved gennemførelsen af projekterne

Resultater og erfaringer

Projektforum er blevet fulgt og evalueret som model af en ekstern evaluator fra DPU (Ejersbo, 2010). Desuden blev der etableret en form for følgeforskningsgruppe bestående af fire forskere indenfor læring, pædagogik og didaktik, bl.a. fra DPU. Gruppens såvel som evaluators arbejde indgår i en samling forskningsessays der er under udgivelse i NAVIMAT regi (arbejdstitel: Lærerviden og viden om lærere, redigeret af M. Andresen).

Sammenfattende kan man ikke sige, at deltagerne for alvor tog idéen til sig om Projektforum som et gensidigt forpligtende, lærende fællesskab. Vi noterede os for eksempel, i forbindelse med evaluering og i følgegruppen, at projektdeltagerne ikke i praksis udviste den store interesse for at få kendskab til de andres projekter, til trods for at det er et helt almindeligt at underviserne på læreruddannelsen selv stiller krav til deres studerende om at fungere i responsgrupper for hinanden, give gensidig feed-back etc.

Selvom det ved starten af Projektforums andet år blev specielt fremhævet som en forudsætning for at modtage projektstøtte fra NAVIMAT, at deltagerne forpligtede sig til at deltage aktivt i Projektforum, og selvom indholdet og organiseringen af blandt andet et to-dages seminar imødekom deltagerens ønsker, var der alligevel mange afbud til møderne. Vi så eksempler på grupper der deltog i seminarerne indtil de havde fremlagt deres

eget projekt og modtaget sparring, idéer og råd etc., hvorefter gruppen forlod seminaret med deres eget store tids- og arbejdspress som undskyldning. En projektdeltager meldte endog afbud til sparringsseminaret med den begrundelse, at vedkommende allerede modtog rigelig sparring fra sin vejleder.

Selve projekterne havde en tendens til at 'vokse' og være mere ufokuserede end forskningsprojekter almindeligvis er, og enkelte projekter var truet af 'data-døden', ved ikke at have tilstrækkeligt skarpt fokus under indsamling og konstruktion af data i de indledende faser. Dette i kombination med en skridende tidsplan og nye, pludseligt pålagte undervisningsforpligtelser i de senere faser hvor bearbejdning, refleksion og konklusion var planlagt at skulle finde sted vanskeliggjorde arbejdet i flere tilfælde, og enkelte projekter måtte aflyses p.gr.a. sådanne ændrede vilkår, sygdom etc.

I den anden ende af skalaen var der velplanlagte og gennemarbejdede projekter der mundede ud i resultater og svar på deres egne indledende spørgsmål, som ganske givet vil kunne komme andre i miljøet omkring læreruddannelsen til gode.

Inddragelsen af didaktisk teori i de enkelte projekter har været meget varierende, fra enkelte projekter der byggede på eksplicit formuleret teori til så godt som teoriløse 'erfarings'-projekter.

Sigtet med projekterne kan opsummeres i: Udvikling af modeller for undervisnings- og lærerudviklingspraksis, partnerskab med kommuner etc., internationalisering og implementering af specifikke didaktiske teorier eller idéer.

Vidensgrundlag

I Projektforum havde projekterne en 'light'-forskningstilknytning gennem kontakten med forskerteamet. Idéen var at deltagerne skulle mere på banen i forhold til hinandens projekter og at deres egen viden og erfaringer, skulle i spil i alle projekterne i højere grad end det traditionelt er tilfældet. Denne forestillede situation kan sammenlignes med diskussion i klassen frem for et-vejs kommunikation fra læreren. Men vi kunne konstatere at mange af deltagerne i høj grad ville have foretrukket en vejlednings-lignende situation hvor en af forskerne formidlede eksisterende didaktisk teori som var skræddersyet til deres projekt. End ikke deltagerne fra projekter der drejede sig om udviklingen af lærende fællesskab blandt skolelærere tog (i særlig høj grad) aktivt del i udviklingen af fællesskabet i Projektforum. Under

diskussionerne i plenum forekom det jævnligt, at deltagernes og deres kollegers egne erfaringer gav vægt til argumenter og havde en status som var sammenlignelig med etableret didaktisk teori. En del af projekternes resultater var selv ganske sent i forløbene på beskrivende niveau eller formidling af erfaringer

Det ligger lige for at sammenligne den funktion det traditionelle udviklingsarbejde havde, nemlig at tilvejebringe en del af underlaget for seminarieundervisningen, med forskningens tilsvarende rolle for tilvejebringelsen af dele af underlaget for universitetsundervisningen, som jo pr. definition er forskningsbaseret. Skellene mellem disse to adskilte men i en vis forstand 'parallelle' verdener er under nedbrydning med CVU dannelsen, indførelsen af professionsbacheloren og den tilhørende akademisering af de mellemlange videregående uddannelser, efterfulgt af etableringen af professionshøjskolerne. Spørgsmålet om afgrænsningen af professionshøjskolernes uddannelser i forhold til universiteternes aktualiseres og der sættes fokus på hvad der karakteriserer professionsbachelor- hhv. universitetsbachelor uddannelserne. Kravet om forskningstilknytning var et vigtigt element i akademiseringen af professionsbacheloruddannelserne.

Konklusion

Erfaringerne fra Projektforum viser at viden på forskellige niveauer kan genereres i den samme kontekst. Det viser, at 'akademisering' ikke skal tolkes som indlejring i en bestemt kontekst, nemlig i et miljø hvori indgår forskere, men snarere som en proces der stiler mod at indfri veldefinerede krav til indhold og form. Det tredelte vidensbegreb som indgår i den formelle beskrivelse af NAVIMAT, nemlig opdelingen i forskningsviden, udviklingsviden og praksisviden, bør heller ikke tolkes som indlejring i forskellige institutionelle rammer men nyttiggøres som redskab til at udvikle og nuancere forsknings- og udviklingsprojekter i en veldefineret taksonomi.

Det er indlysende, at den eksisterende kultur og tradition omkring seminarie-udviklingsarbejde er rodfæstet og stærk, og det vil kræve både flere ressourcer og, især, mere tid at ændre den med sigte på at nå de mål der var opstillet for denne del af NAVIMATs arbejde.

Litteratur

- Danmarks Evalueringsinstitut (2009). Videncentre på erhvervsakademier og professionshøjskoler. ISBN (www) 978-87-7958-493-8.
- Ejersbo, L. (2010). Evaluering af Projektforum: Et læringsfællesskab om og med projekter i matematiklæring.

IT som facilitator af forskningsbasering

Forskningsbaseret undervisning i online kurser

Christian Bugge Henriksen

Institut for Jordbrug og Økologi/Miljø, Ressourcer og Teknologi, Københavns Universitet

I onlinekurserne Environmental Management in Europe samt Climate Change Impacts, Adaptation and Mitigation, der udbydes af det Biovidenskabelige Fakultet ved Københavns Universitet, anvender vi en pædagogisk metode, som gør det muligt for de studerende at samarbejde online i grupper med kritisk analyse af bl.a. vandrammedirektivets implementering i EU medlemslandene, samt nationale klimatilpasningsstrategier. De studerendes rapporter om disse emner er af en sådan kvalitet at de vil kunne danne baggrund for videnskabelige artikler.

Online undervisning på LIFE

På det Biovidenskabelige Fakultet (LIFE) ved Københavns Universitet har vi siden 2002 arbejdet strategisk og målrettet med at udvikle online undervisning og vi udbyder nu årligt otte online kurser på kandidatniveau (se figur 16.1). De tidlige erfaringer viste at traditionel online undervisning, der primært er baseret på selvstudium og hvor evt. forelæsninger uploades på nettet, ikke fungerede tilfredsstillende. Der var således et stort frafald og en manglende opnåelse af læringsmål og det blev klart for os at det var nødevendigt med en anden pædagogisk tilgang som i højere grad var tilpasset en undervisningsform hvor man ikke møder de studerende ansigt til ansigt. Vi indhentede derfor betydelige erfaringer i pilotprojekter i 2005, hvor vi udviklede en pædagogisk metode, der bygger på den britiske professor Gilly Salmons five-stage model (Salmon, 2004; Monty & Olsen, 2006). Gilly Salmons model bygger på de sociale læringsteorier,

med udgangspunkt i et konstruktivistisk/socialkonstruktivistisk syn på læring. Model lægger vægt på at motivere de studerende til at deltage aktivt samt fremme interaktionen mellem deltagere i læreprocessen. Fordelen ved denne model er, at den skaber engageret dialog på et højt fagligt niveau. Underviserens primære rolle er at facilitere de studerendes tilegnelse af ny viden, i særdeleshed ved at fremme videnskabelse i mindre grupper. Resultaterne af pilotprojekterne var lovende de studerende var aktive, deres eksamensresultater var gode og de var tilfredse med kurset. Efterfølgende fik flere undervisere mod på at udvikle online kurser, en proces der fortsat er i fuld gang.

Kursus	Institut	ECTS	Blok
Animal Health Economics	Produktionsdyr og Heste	8	4
Applied Socio-Economics in Tropical Forestry	Skov & Landskab	7.5	1
Applied Statistics for Researchers and Developers	Grundvidenskab og Miljø	6.0	-
Climate Change Impacts, Adaptation and Mitigation	Jordbrug og Økologi	15	3+4
Disease Outbreak Management	Produktionsdyr og Heste	5	-
Environmental Management in Europe	Agriculture and Ecology	15	1+2
Food Safety – Chemical and Microbiological	Veterinær Sygdomsbiologi	7.5	4
Participatory Forest Management	Forest & Landscape	7.5	2

Figur 16.1. Online kurser på LIFE

Tværfaglige online kurser i miljøforvaltning og klima

Online kurserne Environmental Management in Europe (EME) samt Climate Change Impacts, Adaptation and Mitigation (CCIAM) bygger videre på erfaringerne fra pilotprojekterne.

Begge kurser er tværfaglige 15 ECTS kandidatkurser, de er 100 % online (bortset fra to dages introduktion på LIFE eller via webcam), der deltager hvert år mellem 50-70 studerende fra hele verden, heraf 5-15 efteruddannelsesteams. I begge kurser består lærerkæfterne af tværvidenskabelige

undervisereteams (EME: LIFE, SLU, BOKU, UHOH; CCIAM: LIFE, Science, Jura, DMI, UC Berkeley, ANU). Online undervisningen er baseret på en videreudvikling af Gilly Salmons 5-trinsmodel med tests diskussioner, og sidst men ikke mindst, gruppeopgaver hvor de studerende forsker som en del af undervisningen.

Kurserne er struktureret i 17 moduler af en uges varighed samt en uge til eksamen og de studerende inddeles i grupper med hver 12-15 studerende og en tilknyttet assistent. Hver modul består af en introduktion, et formål og et læringsmål, en kort studievejledning, fem øvelser som kaldes for "E-lessons" (i Gilly Salmons model e-tivities) samt online læringsressourcer. Deltagelse i E-lessons bidrager med 50% til den endelige karakter mens den afsluttende skriftlige eksamen bidrager med de resterende 50%. De fem E-lessons består af hhv. multiple-choice tests, diskussioner og gruppeopgaver.

Multiple-choice tests er selvkorrigerende tests hvor de studerende individuelt kan afprøve om de har opnået den viden som er angivet i læringsmålet. Der er typisk to multiple-choice tests i hvert modul.

Diskussioner er skriftlige asynkrone diskussioner i et online diskussionsforum, hvor de studerende arbejder sammen om at besvare et spørgsmål eller løse en opgave stillet af underviseren. Der er typisk tre diskussioner i hvert modul, men kun én diskussion i de moduler hvor de studerende arbejder på gruppeopgaverne.

Gruppeopgaverne består af to opgaver hvor de studerende i hver opgave over fem uger arbejder sammen i mindre grupper 40% af tiden (svarende til to E-lessons hver uge). I sammensætningen af de mindre grupper lægges der vægt på at de studerende bidrager med hver deres ekspertise til løsning af komplekse tværvideenskabelige problemstillinger.

Forskningsbaseret undervisning i EME og CCIAM kurserne

Niveaet i online diskussionerne øges i løbet af hvert kursus, og reel forskningsbaseret undervisning, hvor der konkret udføres forskning som en del af undervisningen opnås i gruppeopgaverne hvor de studerende udarbejder rapporter af en sådan kvalitet at de vil kunne danne baggrund for videnskabelige artikler.

I EME kurset udarbejde de studerende to gruppeopgaver om hhv. vandrammedirektivets implementering i EU og stakeholdere ved COP15 i København.

- I gruppeopgaven med vandrammedirektivets implementering i EU udarbejder hver gruppe en poster med analyse af river basin management plan mht. status for water bodies, protected areas, recovery costs for water services, exemptions from environmental objectives, transboundary issues, public consultation, samt opfyldelse af vandrammedirektivets krav.
- I gruppeopgaven med stakeholdere ved COP15 i København udarbejdes en grupperapport med analyse af en udvalgt stakeholder gruppe ved COP15 mht. stakeholder beskrivelse, COP15 mål og strategi, COP15 aktiviteter, COP15 positioner samt COP15 resultater

I CCIAM kurset udarbejder de studerende to grupperapporter om hhv. nationale klimatilpasningsstrategier og strategier til reduktion af drivhusgasemissioner.

- I gruppeopgaven om nationale klimatilpasningsstrategier udarbejdes en grupperapport på med beskrivelse af de væsentligste effekter af klimaændringer, beskrivelse af klimaændringernes effekter på økonomien, analyse og evaluering af klimatilpasningsstrategier mht. økosystemer og biodiversitet, jordbrug og skovbrug, vandressourcer samt menneskers sundhed.
- I gruppeopgaven med reduktion af klimaændringer udarbejdes en grupperapport på med analyse af potentialet og omkostningseffektiviteten af forskellige drivhusgasreducerende tiltag, herunder biologisk og uorganisk kulstofbinding, vedvarende energi og atomkraft, samt energi effektivitet og reduceret forbrug.

På baggrund af gruppeopgaven om vandrammedirektivet (EME kurset) er vi i øjeblikket ved at skrive en videnskabelig artikel, hvor vi analyserer og evaluerer Vandrammedirektivets implementering i de forskellige EU medlemslande, og på baggrund af gruppeopgaven om klimatilpasningsstrategier (CCIAM) er vi ved at skrive en videnskabelig artikel, hvor vi analyserer og evaluerer nationale tilpasningsstrategier i hhv. udviklingslande og udviklede lande.

Hvordan muliggøres forskningsbaseret undervisning i online kurser?

For at muliggøre forskningsbaseret undervisning i online kurser har vi anvendt en pædagogisk model som skaber et progressivt stillads for de stude-

rendes læring, hvor der lægges vægt på etableringen af et online læringsfællesskab, stærke underviser teams, inspirerende diskussioner, samt anvendelsen af constructive alignment og peer assessment.

E-lessons er bygget op efter Gilly Salmons fem-trins model så udfordringerne passer til de studerende undervejs i forløbet. Den første E-lesson er et motiverende velkomstbrev fra den kursusansvarlige underviser, som de studerende skal svare på med et par enkelte ord, for at fortælle at de er vel ankommet og klar til at gå i gang med kurset (trin 1). Meget hurtigt er de studerende i gang med flere E-lessons i grupperne, som skal socialisere dem sammen (trin 2) og hvor de erfarer at det er effektivt og værdifuldt at udveksle informationer i et socialt netværk online (trin 3). I de efterfølgende E-lessons begynder de studerende så at skabe ny viden sammen (trin 4) og forholde sig kritisk til denne viden (trin 5). Det er på trin 5 at vi kan begynde at tale om reel forskningsbaseret undervisning, hvor de studerende forsker som en del af undervisningen.

For at understøtte etableringen af et online læringsfællesskab etableres en virtuel familie, E-family, og alle involverede i kurset omtales som familiemedlemmer i denne virtuelle familie. E-family består således af den kursusansvarlige underviser som kaldes E-dad, assistenter som kaldes hhv. E-sisters og E-brothers, de studerende som kaldes E-kids og underviserne som kaldes E-professors. Ved at opbygge et online læringsfællesskab hvor de studerende føler sig trygge frigøres det kreative potentiale hvorfra forskningsbaseret undervisning kan lade sig gøre.

For at sikre den forskningsfaglige tyngde etableres underviser teams med internationale eksperter indenfor hver deres område. Der er op til tre undervisere i et modul af en uges varighed. Nogle teams er sammensat af en underviser fra Københavns Universitet og en underviser fra en anden institution, f.eks. University of California (Berkeley). Disse team kommunikerer via mail og webcam. Underviserne er generelt blevet evalueret meget positivt af de studerende, og således er der for alle underviserne som gennemsnit mellem 84% og 87% af de studerende som enten er enige eller meget enige i at underviserne stimulerede dem til akademisk refleksion og var i stand til at kommunikere klart og præcist.

For at kurset fungerer og leder hen imod arbejdet med gruppeopgaverne er det vigtigt at online diskussionerne er inspirerende at deltage i og fagligt udfordrende for de studerende. Alle diskussioner starter med at underviseren stiller en opgave der skal løses eller et fagligt spørgsmål, som skal diskuteres sammen med de øvrige studerende i gruppen på baggrund af den læste online litteratur.

For at sikre de studerendes motivation anvendes constructive alignment og peer assessment. Det er ikke obligatorisk at tage online multiple-choice tests og deltage i online diskussionerne, men aktiv deltagelse i E-lessons bidrager med 50% til den endelige karakter.

I de to gruppeopgaver styrer de studerende selv hvordan de arbejder sammen, og bliver efter opgavernes afslutning bedt om at bedømme hinandens indsats. Hvis de medstuderende er meget enige eller enige i at den studerende har bidraget tilfredsstillende til gruppeopgaven får den studerende maksimum point for opgaven, Hvis de medstuderende er uenige i at de studerende har bidraget tilfredsstillende til gruppeopgaver får den studerende ingen point for opgaven. Hvis de medstuderende er meget uenige i at den studerende har bidraget tilfredsstillende til gruppeopgave så mister den studerende retten til at gå til eksamen. Der har vist sig at vi med denne form for peer-assessment kan undgå de "free-riders" man ofte ser ved gruppeopgaver.

Spørgsmålene i den afsluttende skriftlige eksamen bygger videre på kursets multiple-choice tests, diskussioner og gruppeopgaver og bidrager dermed til at de studerende bedømmes ud fra det de arbejdet med i købet af kurset. Aktiv deltagelse i gruppeopgaverne er en forudsætning for at kunne gå til eksamen, og resultaterne fra en peer assessment de studerende imellem (efter samme model som Kench et al., 2009) anvendes til at afgøre hvem der har deltaget aktivt.

Perspektivering

På baggrund af vores erfaringer med forskningsbaseret undervisning fra E-ME og CCIAM kurserne ser vi muligheder for at udvikle tilsvarende forskningsbaserede online kurser, hvor der arbejdes videre med at udvikle den progressive pædagogiske model. Udover etableringen af et online læringsfællesskab, stærke underviser teams, inspirerende diskussioner, samt anvendelsen af constructive alignment og peer assessment kunne man forestille sig at inddrage online practicals, hvor de studerende udfører eksperimentelt arbejde online.

Litteratur

Kench, P. L., Field, N., Agudera, M. & Gill, M. (2009). Peer assessment of individual contributions to a group project: Student perceptions, *Radio-*

graphy **15**: 158 – 165.

Monty, A. & Olsen, C. S. (2006). Hvordan bliver studerende aktive i fjernundervisning?, *Tidsskrift for universiteternes efter- og videreuddannelse* **2006**(8).

URL: http://forskningsnettet.dk/sites/forskningsnettet.dk/files/File/LOM/monty_olsen_8.pdf

Salmon, G. (2004). *E-moderating: The key to teaching and learning online*, Taylor and Francis, London.

URL: www.e-moderating.com

Interaktive computermodeller i forskningsbaseret undervisning

Jesper Bruun

Institut for Naturfagernes Didaktik, Københavns Universitet

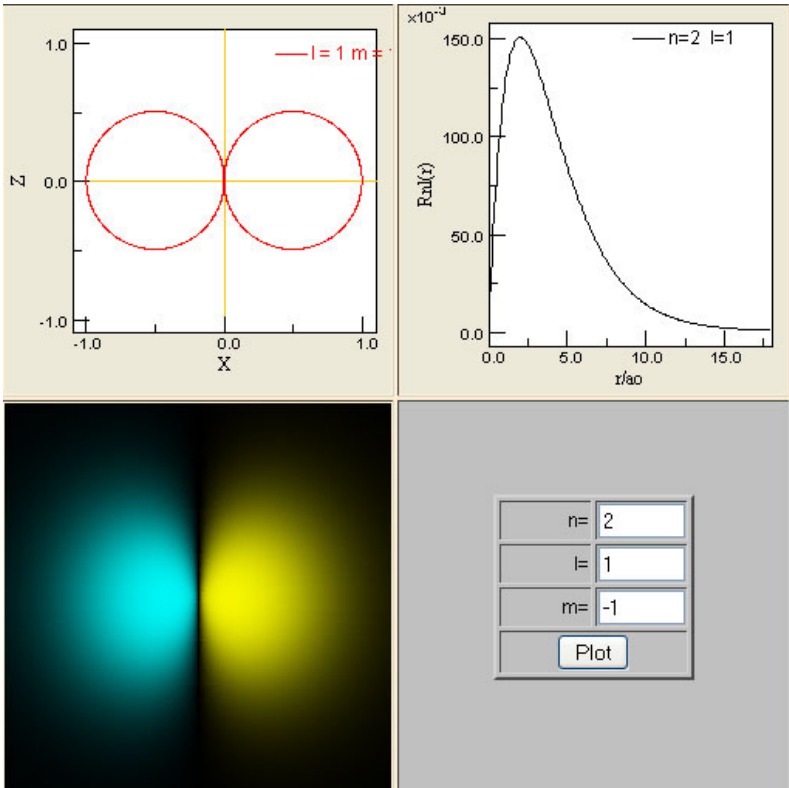
Med interaktive computermodeller er det muligt for studerende at arbejde med mere avancerede modeller, end hvis de arbejdede med en normal lærebog. Det betyder ikke, at computermodeller med et magisk slag omformer dårlig undervisning til god undervisning. Som med alle andre undervisningsværktøjer bør man overveje, hvornår og hvordan sådanne modeller skal bruges og hvornår andre værktøjer vil være bedre for de studerendes læringsudbytte.

En begrundelse for at lade studerende arbejde med interaktive computermodeller er, at de kan designes til at give en nem tilgang til noget som er svært at forstå. Tanken bag er, at de studerende hurtigt bringes i en situation, hvor de kan afprøve deres forståelser af stoffet, komme med forudsigelser og afprøve forudsigelserne.

Netop computermodeller giver mulighed for at studerende arbejder kombineret med animationer, grafer, formler, og en kvalitativ begrebslig forståelse. Det er muligt at en af de rigtig store styrker ved computermodeller er, at kombinationen mellem f. eks. animation og graf gør, at man kan oversætte fra noget der minder om den virkelige verden (animationen) til en videnskabelig repræsentation (grafen). Ved at tilføje muligheden for at pille ved animationen, interaktionen, giver man som underviser mulighed for at lave forskningslignende processer.

De følgende tre eksempler er hentet fra forfatterens arbejde som underviser på kurset *Introduktion til Atomfysik* i 2007, fra forfatterens speciale (Bruun, 2008) og fra arbejdet som phd-studerende i fysikdidaktik.

Bølgefunktioner for brintatomet



Figur 17.1. I denne javasimulering repræsenteres den kvantemekaniske matematiske beskrivelse af brintatomers mulige tilstande. En vigtig funktionalitet, som ikke vises her er, at det er muligt at aflæse relevante størrelser på alle grafer ved at klikke på dem med musen. Især i nederste venstre hjørne, hvor der ikke er akser, er det en vigtig funktion. Yderligere kan man højreklikke på de tre grafer og få vist dem i et separat vindue, hvor størrelsen kan ændres. (Kilde: <http://webphysics.davidson.edu/faculty/dmb/hydrogen/default.html>)

Modellen *Hydrogen Atom Wave Functions* (figur 17.1) er et eksempel på en computermodel, som blev brugt i kurset *Introduktion til Atomfysik* (på fysikstudiets tredje år) i 2007.

Bølgefunktionerne for brint kan bruges til at finde sandsynligheden for at finde en elektron, givet at brintatomet er i en bestemt kvantemekanisk tilstand. Bølgefunktionerne er ret komplicerede, og det kan være en udfordring blot at skrive dem op. De har generelt formen

$$\psi_{nlm}(r, \theta, \phi) = \sqrt{\left(\frac{2}{na_0}\right)^3 \frac{(n-l-1)!}{2n((n+l)!)^3}} e^{-\rho/2} \rho^l L_{n-l-1}^{2l+1}(\rho) Y_l^m(\theta, \phi)$$

hvor $\rho = \frac{r}{na_0}$. Funktionerne $L_{n-l-1}^{2l+1}(\rho)$ og $Y_l^m(\theta, \phi)$ er i sig selv komplicerede, så det er svært at danne sig et overblik over, hvad funktionerne indebærer, når man blot kigger på funktionsudtrykkene. På trods af at funktionerne er komplicerede, skal studerende hurtigt kunne danne sig et overblik over, hvordan de opfører sig i de rumlige koordinater r , θ og ϕ , når man varierer n , l , og m .

En af opgaverne var at bruge graferne af den radielle del af bølgefunktionerne til at udlede en regel for antallet af radielle nulpunkter. Ideen med sådan en opgave er, at de studerende udforsker modellen. Når de udforsker modellen er det tanken at de samtidig lærer om, hvordan bølgefunktionerne opfører sig. Denne kompetence, altså at kunne udforske en ny funktions egenskaber, er en del af det at forske i fysik. Funktionen er ny for de studerende, og det vil være en udfordring for de fleste at plote funktionerne. Derfor kunne målet med at bruge sådan en computermodel være at de studerende fik en genvej til at arbejde på en forskningslignende måde.

Man kan både forestille sig en undervisning hvor man brugte denne computermodel på en ikke-udforskende måde og én hvor den var en del af en forskningsbaseret tilgang. Opgaven med at finde antallet af radielle nulpunkter kunne formuleres meget lukket, således at de studerende nærmest bare fulgte en kagebog. Men den kunne også formuleres mere åben med en opgave der fokuserede på funktionernes egenskabers betydning i en bredere ramme, for eksempel i eksperimentel sammenhæng, i en videreudvikling af teorien eller i en anden form for anvendelse af bølgefunktionerne. Ideen er at komme udover at den opgave man stiller, kun har betydning inden for den ofte meget snævre faglige kontekst som en uge i et kursus repræsenterer.

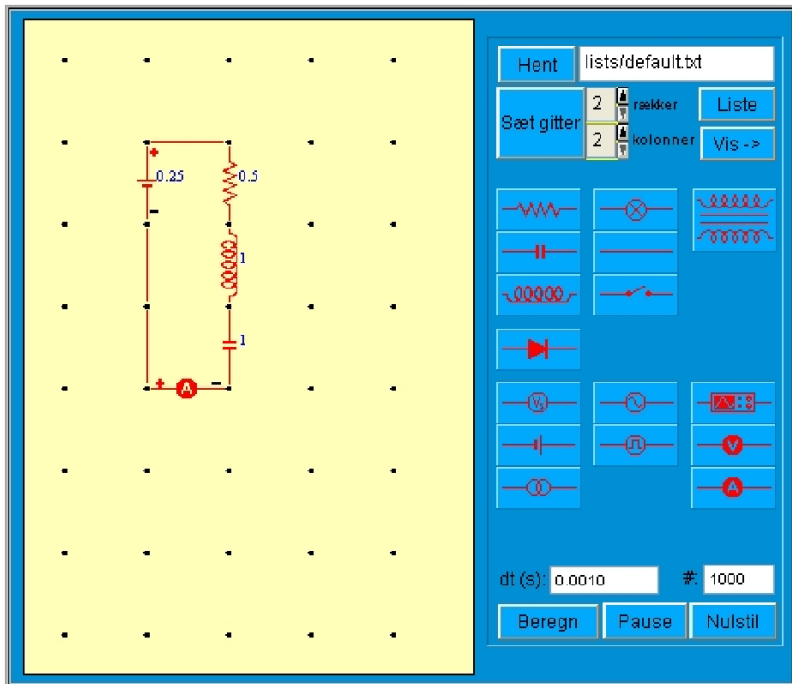
Den ovenstående model er interaktionsmæssigt ret simpel. Det er muligt at plotte en funktion og aflæse forskellige værdier. Den øgede brugbarhed i forhold til en papirversion ligger dels i at man på ret lidt plads kan afbilde rigtig mange forskellige funktioner¹, dels i at brugeren kan bruge musen til at hjælpe med præcise aflæsninger på graferne.

Kredsløbsbyggeren

Denne computermodel blev brugt på et gymnasium til at forberede de studerende på at arbejde eksperimentelt med kredsløb. Eleverne gav udtryk for at ledningerne gjorde eksperimenterne uoverskuelige, og læreren var bekymret for at de ville gå glip af de læringsmæssige pointer forbundet med det eksperimentelle arbejde. Kredsløbsbyggeren blev introduceret som en brobygning mellem den teoretiske forståelse og det eksperimentelle.

Computermodellen gør det muligt for studerende at bygge kredsløb, og det er også muligt at lave prædefinerede kredsløb, som de studerende arbejder med. Figur 17.2 viser et serielt RLC-kredsløb², og her er det muligt at plotte grafer, som viser den tidlige udvikling af strømstyrken og spændingen over kapacitoren. Man bygger et kredsløb ved at trække det relevante element ind på en plads. Når man er tilfreds med sit kredsløb, beder man computeren om at regne.

Modellen i figur 17.2 giver den studerende mange muligheder for at træffe beslutninger. De kan gøre mange ting som er relevante for kredsløbsteori. De studerende kan i princippet designe deres egne kredsløb, teste hypoteser og komme frem til (for dem) ny erkendelser. Det er let at bygge kredsløbet med musen, og det er også lige til at få grafer frem af relevante størrelser. Men de mange muligheder nødvendiggør også, at underviseren tænker på, hvordan de studerende kan guides i en fornuftig retning. Ellers kan de så at sige fare vild i alle mulighederne.



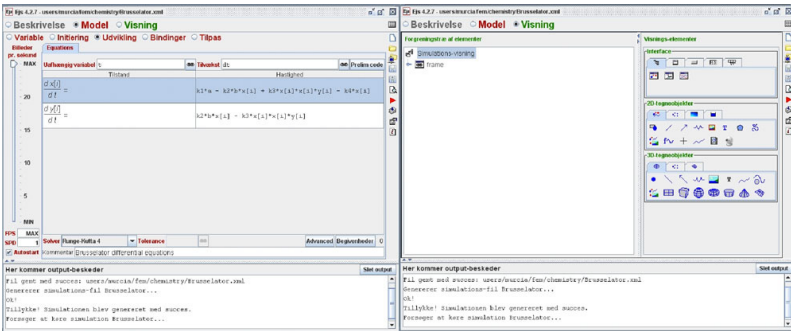
Figur 17.2. kan bruges til at lave diagrammatiske tegninger af kredsløb. Figuren viser et RLC-kredsløb, hvor en modstand, en sole og en kapacitor er i serie. De er forbundet til en jævnstrømskilde og der er sat et amperemeter til. Modellen kan blandt andet vise grafiske repræsentationer af den tidslige udvikling af strømstyrken og spændingen over kapacitoren. (Kilde: http://orbitbastx.systime.dk/fileadmin/files/orbit_ba_stx/elektricitet/elektromb5_1.htm)

Nemme javasimulationer

I nogle naturvidenskabelige fag er det en nødvendighed at kunne programmere sine egne simulationer, det vil sige at ændre på computermodellernes præmisser. Programmet *Easy Java Simulations* (EJS) kan bruges til at give

¹ I en lærebog ville det kræve rigtig mange sider at plote så mange funktioner på hver deres graf.

² De studerende arbejdede ikke med RLC-kredsløb, men de er medtaget her for at vise, at modellen også dækker universitetsstof.



Figur 17.3. Til venstre ses et screenshot af modelvinduet. Her er opstillet en differentialligning. I visningsvinduet til højre knytter man differentialligningen til en visning. Man kan for eksempel lave grafer der afbilder relevante størrelses indbyrdes afhængighed, men det er også muligt at lave en animation, hvor stiliserede objekters bevægelse er betinget af differentialligningerne. (Kilde: <http://www.um.es/fem/EjsWiki/>)

studerende adgang til at lave simulationer uden at skulle forholde sig til et programmeringssprog.

Uden at gå i dybden med hvordan EJS rent faktisk bliver brugt, skal det blot nævnes, at selve ideen er at undervisere kan bruge programmet til at udvikle færdige computermodeller *à la* de to første eksempler, men også for eksempel at udvikle ufærdige computermodeller, som de studerende skal gøre færdige. Figur 17.3 viser to arbejdsvinduer. I modelvinduet til venstre er der defineret to differentialligninger. Til højre ses vinduet hvor man arbejder med visningen af modellen. Her kan man for eksempel indsætte grafer, knapper og animerede objekter. Beskrivelsesvinduet kan bruges til at beskrive modellen, til kommentarer mellem udviklere og til at stille opgaver.

Man kan igen bemærke, at forudsætningen for den store frihed som sådan et redskab giver er, at man skal kunne og ville bruge friheden til noget. De studerende skal kunne arbejde med de former for repræsentationer som redskabet forudsætter. Samtidig skal opgaven engagere eleverne i en hensigtsmæssig løsningsstrategi.

Repræsentationsformer og opgavetyper

I et naturvidenskabeligt fag som fysik har man mulighed for at bruge forskellige repræsentationsformer til at forstå et givent problem. Repræsentationer kan ses som de ting man som udøver af naturvidenskab tænker med. Kredsløvslovene kan for eksempel skrives som formler, plottes som en grafer, illustreres i diagrammer, og bruges i eksperimenter. Computermodeller kan bruges til at lade studerende arbejde med "traditionelle" repræsentationsformer på en ny måde som i eksemplet med brintatomets bølgefunktioner. De kan også bruges til at lave nye repræsentationsformer, der bygger bro til vigtige repræsentationsformer, som er ideen med kredsløvsbyggeren. Man kan også udnytte computermodeller til at udforske mere utraditionelle repræsentationsformer eller kombinationer af nye og gamle repræsentationsformer i undervisningen. *Easy Java Simulations* er et eksempel på det, fordi de dels kan bruges til at lave animationer, som studerende kan arbejde med og dels kan bruges som en vej ind i at programmere simulationer.

Repræsentationer kan ses som ting man tænker med, men det at arbejde med en repræsentationsform behøver ikke at betyde, at den studerende tænker sig om. Det er selvfølgelig muligt at arbejde uengageret med computeranimationer, ligesom med alle andre repræsentationsformer. De studerendes engagement afhænger af mange ting, men det er nok ikke urimeligt at antage, at der er en sammenhæng mellem opgavens beskaffenhed og den studerendes motivations for at løse opgaven. Forskellige typer af opgaver kan engagere forskellige studerende, og det er op til underviseren at vurdere hvilke opgavertyper der egner sig til et kursus og dets studerende.

Uden at dette skal være en gennemgang af alle mulige opgavertyper, kan det dog alligevel være givtigt at se på, hvilke typer opgaver der kan være i spil i de ovenstående eksempler. Arbejdet med bølgefunktionerne har karakter af at lede efter og udlede sammenhænge i modellen. Målet er at de studerende erfarer nogle af de egenskaber, som bølgefunktionerne har i undervisningsform, man måske kunne kalde guidet forskningslignende undervisning.

Kredsløvsbyggeren giver mulighed for at stille de studerende designopgaver. Det kan eventuelt bruges som en forberedelse til et virkeligt eksperiment, hvor de studerende får til opgave at lave et kredsløb der opfylder et eller flere kriterier. Sådant en opgave kan stilles i en narrativ form, hvor de studerendes løsning på opgaven bygges ind i en historielignende struktur. Hvis man som underviser gerne ville have at de studerende lærte om RLC-

kredsløb, kunne man sætte det i en kontekst som handlede om at bygge en radio, som havde betydning for nogen andre eller dem selv. Det kunne være en historie om at være på en øde ø og have komponenterne til at bygge radioen, men det kunne også være mere konkurrencepræget og handle om at bygge den bedste radio.

Det vigtige er at undervisere hele tiden vurderer, hvordan deres opgaver sørger for, at de studerende lærer det, de skal lære. Computersimulationer giver mulighed for at stille opgaver, der ville være sværere eller måske umulige at gå til for de studerende, hvis de ikke havde simulationerne. De kan altså være en genvej til en forståelse af svært stof, som gør at de studerende hurtigere kan arbejde med mere avancerede problemstillinger.

Nyttige links

- Brintatoms bølgefunktioner kan findes her:
<http://webphysics.davidson.edu/faculty/dmb/hydrogen/default.html>
- Kredsløbsbyggeren med instruktioner på dansk:
http://orbitbastx.systime.dk/fileadmin/filer/orbit_ba_stx/elektricitet/elektromb5_1.htm
- Easy Java Simulations hjemmeside:
<http://www.um.es/fem/EjsWiki>
- En hjemmeside (gymnasiefysik) med en masse små animationer:
<http://www.walter-fendt.de/ph14e/>
- Denne side har links til en masse computermodeller, men den er lidt rodet:
<http://webphysics.davidson.edu/applets/applets.html>
- En række computermodeller relevante for astronomi:
<http://www.astro.ubc.ca/~scharein/applets/>

Litteratur

Bruun, J. (2008). *Krop og Computer i Fysikundervisningen*, Institut for Naturfagenes Didaktik.

Posterpræsentationer

Professionsbacheloruddannelse med forskningstilknytning

– Eksempler og muligheder

Kathrine Eriksen^{†,‡} og Thomas Lausten[†]

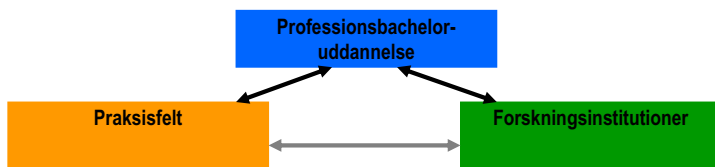
[†] Bioanalytikeruddannelsen, University College Sjælland

[‡] VISUEL – Videncenter for Sundhed, Ernæring og Læring, University College Sjælland

Baggrund

Professionshøjskolernes tilknytningskrav

Professionshøjskoleloven (Undervisningsministeriet, 2009a) fastslår, at professionshøjskolerne skal “sikre, at uddannelsernes videngrundlag er karakteriseret ved professions- og udviklingsbaseret, bl.a. gennem samarbejde med relevante forskningsinstitutioner” (§3 stk. 3) og i §5 stk. 2 uddybes: “Professionshøjskolerne og universiteterne skal samarbejde strategisk og konkret. Professionshøjskolen skal endvidere samarbejde med andre relevante forskningsmiljøer og med de erhverv og professioner, som professionshøjskolernes uddannelser retter sig mod.” Professionsbacheloruddannelserne er i deres virke således udspændt i et krav om samarbejde på to fronter:



Kompetencekrav til professionsbachelor

I den danske kvalifikationsrammes krav til professionsbachelorers kompetencer knyttet til handlingsrummet (Undervisningsministeriet, 2008) fastslås, at nyuddannede professionsbachelor skal "kunne håndtere komplekse og udviklingsorienterede situationer i arbejds- eller studiesammenhænge." I forhold til at understøtte denne kompetenceudvikling hos de professionsbachelorstuderende, synes det interessant at udforske Professionshøjskolelovens krav om dobbelttilknytning i direkte relation til undervisningen. Endvidere at udfolde praksis- og forskningstilknytningen, ikke blot i separate læringsrum, men samtidigt.

Problemstilling

På baggrund af ovenstående synes en didaktisk udforskning af følgende spørgsmål således relevante for professionsbachelorniveauet:

Hvorledes kravet om dobbelt-tilknytning af professionsbacheloruddannelsernes virke kan udfoldes i direkte relation til undervisningen?

Herunder:

Hvorledes kravet om samspil med såvel praksisfeltet som forskningsverdenen udfoldes i forhold til den konkrete undervisning?

Og hvorledes denne dobbelt-tilknytning kan udfoldes på en vis, hvor de studerendes kompetenceudvikling jf. kvalifikationsrammen understøttes af et samspil med forsknings-og praksisfeltet?

Professionsbachelorprojektet som case

Professionsbacheloruddannelsernes afsluttende bachelorprojekt (PBA-projektet) er et oplagt nedslag (af flere) for en udforskning af ovenstående.

Dobbelt-tilknytning i praksis: Bioanalytikeruddannelsen

Bioanalytikeruddannelsen

Bioanalytikeruddannelsen er en 3½-årig professionsbacheloruddannelse indenfor sundhedsområdet (Undervisningsministeriet, 2001, 2009b). Bio-

analytikere analyserer biologisk materiale — primært på hospitalslaboratorier.

Tilknytning til praksisfeltet: Godt 1/3 af uddannelsen er klinisk undervisning (praktik). Der samarbejdes med praksisfelt om indhold i og sammenhæng mellem uddannelsens teoretiske og kliniske elementer. Udviklingsopgaver defineret og udført i samarbejde med praksisfeltet udgør grundlaget for PBA-projektet, der afslutter uddannelsen.

Tilknytning til forskningsinstitutioner: Uddannelsens medarbejdere samarbejder i forbindelse med udviklingsopgaver med forskningsinstitutioner. UC indgår overordnede samarbejdsaftaler. Forskningslitteratur inddrages i undervisningen. Undervisningselementer varetages af gæstelærere fra forskningsinstitutioner.

Samtidig dobbelttilknytning: I relation til PBA-projektet har vi forsøgt at arbejde med at udfolde en samtidig dobbelttilknytning: Med udgangspunkt i en problemstilling fra praksisfeltet arbejder PBA-studerende, vejledere fra uddannelsesinstitution og praksisfelt sammen med repræsentanter fra forskningsinstitutioner.

Et eksempel — resistensproblematikker i klinisk mikrobiologi

Løbende projekter i samarbejde med Klinisk mikrobiologisk Afd. Sygehus Syd, Region Sjælland og DTU med fokus på resistensudvikling og udvikling af analysemetoder til resistenspåvisning i det bioanalytiske arbejde. Der arbejdes pt. med aftale om forskningstilknytning og fondsstøtte til nyt projekt med fokus på udvikling af methicillin-resistens hos koagulase-negative stafylokokker (KNS) med represseret *mecA*-gen med henblik på fremtidig implementering af kliniske analysemetoder til bestemmelse af methicillin-sensitive KNS. Delelementer af projektet vil kunne udføres som PBA-projekter.

Fremtidsperspektiver — invitation til samarbejde

Fremadrettet vil vi på UCSJ Bioanalytikeruddannelsen Næstved arbejde på at igangsætte udviklingsprojekter, hvortil der kan etableres bachelorprojekter med dobbelt tilknytning. Vi arbejder således på at indgå samarbejdsaftaler med forskningsinstitutioner. Samspillet er interessant af flere årsager: Dels kan vi som uddannelsesinstitution agere medspiller i re-

lationen mellem bioanalytikerprofessionens praksisfelt og relevante forskningsfelter og dermed bidrage til udvikling af såvel profession som uddannelse. Dels er en sådan dobbelt tilknytning af PBA-projekter i en naturvidenskabeligt orienteret professionsbacheloruddannelse et interessant didaktisk forsknings- og udviklingsfelt, som vi — i samarbejde med naturvidenskabsdidaktiske forskningsmiljøer gerne vil udfolde og udforske jf. problemstillingerne opridset her.

Litteratur

- Undervisningsministeriet (2001). Bekendtgørelse om bioanalytikeruddannelsen. BEK nr 235 af 30/03/2001.
- Undervisningsministeriet (2008). Bekendtgørelse om akkreditering og godkendelse af erhvervsakademiuddannelser og professionsbacheloruddannelser mv. BEK nr 684 af 27/06/2008. “Den danske kvalifikationsramme” kan findes som bilag 4 hertil.
- Undervisningsministeriet (2009a). Bekendtgørelse af lov om professionshøjskoler for videregående uddannelser. LBK nr 849 af 08/09/2009.
- Undervisningsministeriet (2009b). Bekendtgørelse om uddannelsen til professionsbachelor i biomedicinsk laboratorieanalyse. BEK nr 652 af 29/06/2009.

SLUSE – an innovative fieldbased learning and research approach

Torben Birch-Thomsen[†], Ole Mertz[†], Andreas de Neergaard[‡] og Kristine Juul[‡]

[†]Department of Geography and Geology, University of Copenhagen

[‡]Department of Agricultural Sciences, University of Copenhagen

[‡]Department of Environmental, Social and Spatial Change, University of Roskilde

Introduction

This paper discusses the implementation and experiences of an academic capacity building programme at universities in Denmark, southern Africa and South-East Asia for the promotion of sustainable land use and natural resource management. In 1998 three Danish universities (see figure 19.1) received funding from the Danish Government for the establishment of the Danish University Consortium for Environment and Development on Sustainable Land Use and Natural Resource Management (DUCED SLUSE).

During 1999 and 2000 consortia were established in Malaysia (MUCED SLUSE) and Thailand (TUCED SLUSE), and in late 2001 funding was given for the implementation of a collaboration between four southern African universities: SACUDE SLUSE (see figure 19.1). After end funding (in 2007) collaboration has additionally been established with universities in Cambodia and Indonesia.

DUCED SLUSE (Denmark)	University of Copenhagen (UC)
	Roskilde University Centre (RUC)
	Royal Veterinary and Agricultural University (RVAU). Now Faculty of Life Sciences, University of Copenhagen
MUCED SLUSE (Malaysia)	University Malaysia Sarawak (UNIMAS)
TUCED SLUSE (Thailand)	Kasetsart University
	Chiang Mai University
	Maejo University
SACUDE SLUSE (southern Africa)	University of Natal/ Pietermaritzburg
	University Durban Westville
	University of Swaziland
	University of Botswana

Fig. 19.1. University Partners in SLUSE. University of Natal and University of Durban Westville now merged to University of KwaZulu Natal

SLUSE Objectives

- to promote joint education and research across institutions, regions and disciplines.
- to develop interdisciplinary environmental postgraduate curricula at universities in Denmark (see Figure 19.2), Malaysia, Thailand and southern Africa;
- to assist in the empowerment of communities through the teaching and research activities as well as fostering partnerships with a range of stakeholders.
- to enhance the human capacity within participating countries in the above areas.

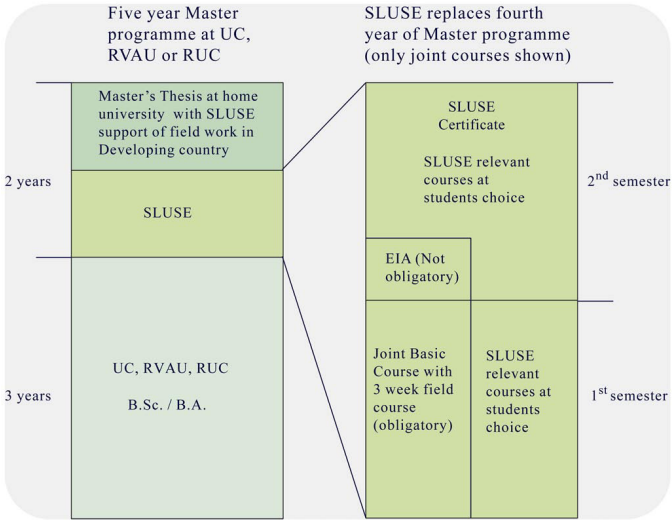


Fig. 19.2. Structure of Danish Master's education and the SLUSE programme



Fig. 19.3. Students interviewing villagers in South Africa

Activities and Collaboration

The SLUSE consortia have several main points of collaboration:

- The development of a three week field course jointly organized by the different consortia during which interdisciplinary groups of students from all three Danish Universities visit southern Africa, Malaysia or Thailand and work together in the field with groups of African or Asian students. Between the four consortia, over 1000 Master students have registered for SLUSE degrees.
- Joint teaching and curriculum development by staff from the different consortia universities;
- Development of joint research projects. As a direct result of SLUSE 8 research projects in SE Asia and southern Africa have been developed and funded. These projects investigated sustainable land use and natural resource management issues through interdisciplinary and problem-oriented approaches.



Fig. 19.4. Student group work at University of Natal/Pietermaritzburg in South Africa

The SLUSE framework

The basic premise for the approach implemented by the SLUSE consortia is the acknowledgement that natural resource management cannot be adequately studied and understood from a mono-disciplinary point of view. Furthermore, the practical knowledge obtained from field experiences can, at the same time, educate and qualify researchers and benefit recipient communities. The synergy of practical and theoretical knowledge can produce both academic qualifications and practical solutions that will enhance sustainable land use, as illustrated in the SLUSE model (see Figure 19.5).

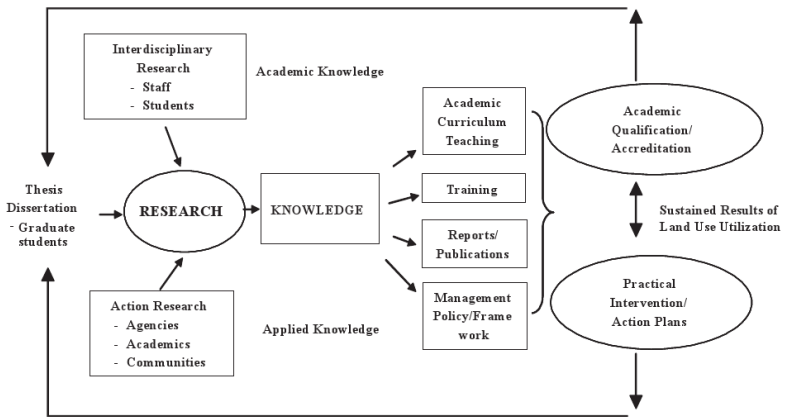


Fig. 19.5. Diagram developed jointly by SLUSE consortia partners.

For further information on the SLUSE project see www.sluse.dk
 All photographs by Torben Birch-Thomsen.



Fig. 19.6. Students measuring farmer's field size in Sarawak, Malaysia.

References

- de Neergaard, A., Birch-Thomsen, T., Juul, K. and Magid, J. (2008). Tværfaglig innovationsstyrkelse eller akademisk Babelstårn: Hvordan studerende fra 3 universiteter, 6 fagretninger og 25 lande kvalificerer sig til et internationalt arbejdsmiljø, in J. Stolt and C. Vintergaard (eds), *Tværfaglighed & Entrepreneurship*, Centertryk, Holbæk, pp. 74 – 84.
- Hill, T. R., Traynor, C. H., Birch-Thomsen, T., de Neergaard, A., Bob, U., Manyatsi, A. M. and Sebegu, R. J. (2008). Clear the Mind of Pre-conceived Ideas and Get Your Hands Dirty! An Approach to Field-based Courses: The SLUSE-southern Africa Experience., *Journal of Geography in Higher Education* **32**(3): 441–457.
- Oksen, P., Magid, J. and de Neergaard, A. (2009). Thinking Outside the Box: Interdisciplinary Integration of Teaching and Research on an Environment and Development Study Programme, *Interdisciplinary Science Review* **34**(4): 309 – 326.
- Traynor, C. (ed.) (2005). *The SLUSE model of natural resource management: From theory to practice through field-based training? Experiences from southern Africa*, SACUDE-SLUSE, University of KwaZulu-Natal, Pine Town, South Africa. 142 Pages.

How to utilise interdisciplinary backgrounds

Nana Quistgaard

Department of Science Education, University of Copenhagen

Research questions

- How can we as teachers design our course and teach so that variation in student background may be in the game and exploited?
- Which tools are at hand?

Teaching students with interdisciplinary backgrounds...

Some of us teach the courses designed for students with different academic backgrounds. Such a course is *Science Communication*, offered to all students at the Faculty of Science.

I and my colleagues who teach in this course are therefore in front of students who read such diverse disciplines as biology, computer science, nanotechnology, geology, etc. . .

This implies potential difficulties and my errand of this project is to investigate how variations in academic background influence the course and how variation can be better exploited and used actively.

Similar problems exist probably in all courses where students have a varied academic background. This project is therefore relevant to all who teach such courses.

Using focus group interviews

- The focus group interview is selected as an appropriate method

- Two interviews are conducted with a total of ten students divided into six and four
- Four different academic backgrounds are represented in each interview
- An interview guide based on McCracken's (1988) grand-tour questions are used
- Interviews are transcribed analysed with a hermeneutic and ad hoc approach (Kvale, 1997, p. 201)

Methods

Grand-tour questions

- Entrepreneurial issues with the aim to get students to talk
- Questions formulated openly

Hermeneutic ad hoc analysis

- Review of transcript to get an overall impression
- Look for contrasting and similar expressions and compare these to the full text
- Look for patterns and relate these to the entire interview to verify whether the identified patterns make sense.

Interdisciplinary backgrounds are appreciated by students

“Different statements expressed by students from different disciplines are valuable in discussions and group work”

“Group work in interdisciplinary groups is more interesting and fruitful than in mono-disciplinary groups”

“Fellow students with different backgrounds bring in angles which I had never even considered”

“When people have different backgrounds, it is easier to be aware of which words you yourself go and use and which you believe that all people understand”

“I think it was refreshing for once to meet someone from the other subjects”

“One ends up being very professional chauvinistic. It was fun to be inspired by others”

How to utilise interdisciplinary backgrounds?

Three main ideas emerged from the interviews

Specifically to address the different backgrounds

This could be done in various ways, when discussing a particularly topic, e.g. a biology- related topic. For instance, the teacher could encourage all of the expert students (in this case the biology students) to comment on the work presented by the different groups excluding their own.

Also, the teacher could encourage a sort of battle between the different groups of students when discussing e.g. a biology-related communication product or issue by specifically asking the computer science students, the biology students, the nanotechnology students etc. what they think of this product or issue and why.

Develop group work containing different backgrounds multidisciplinary aspects

Each task should contain some biology, some computer science, some nanotechnology , some geology etc. enabling the group to approach the task from different angles.

This should allow the students to contribute with their particular expertise and also to force them to involve in fields other than their own.

Getting students with different backgrounds to interview each other and write an article

Form groups of two students with different backgrounds and give them the task to each make an article based on an interview with the other about his or hers particularly field.

This idea could enable the interviewing student to practice the interview-method and the interviewee to practice how to phrase and angle ones own topic when communicating with layman. Both of these activities are part of the ILOs of the course and at the same time exploit the varied academic backgrounds.

For further information, see Quistgaard (2010).

References

- Kvale, S. (1997). *InterView – en introduktion til det kvalitative forskningsinterview*, Hans Reitzels forlag, København.
- McCracken, G. (1988). *The Long Interview*, Vol. 13 of *SAGE University Paper Series on Qualitative Research Methods*, SAGE, London.
- Quistgaard, N. (2010). How to utilise interdisciplinary backgrounds, in F. V. Christiansen, C. Rump and L. Degn (eds), *Improving Science Teaching and Learning*, Pedagogical projects 2009, vol. 1 nr. 1, Department of Science Education, University of Copenhagen.
URL: <http://ind.ku.dk/publikationer/knud>

“Forskningsbaseret undervisning” bruges ofte som nøglebegreb for kvalitet i universitetsuddannelser. Tilsvarende er der i professionsuddannelserne et krav om at uddannelserne er baseret på ny viden fra forskningsfelter, der er relevante for den enkelte uddannelse. Men hvad ligger der dybest set i disse begreber om “forskningsbaseret undervisning” og “forskningsrelateret undervisning”, hvad er forskellen på begreberne, og hvilken betydning har disse krav egentligt for de studerendes læring?

IND's skriftserie

- Nr. 16** Evaluering af Matematik C på stx og hhx – erfaringer fra det første år efter gymnasireformen (2007)
- Nr. 17** Den naturfaglige evalueringskultur i folkeskolen (2008)
- Nr. 18** Didactics as Design Science – peer reviewed papers from a PhD-course at the University of Copenhagen (2010)
- Nr. 19** Exhibit Engineering – a new research perspective (2010)
- Nr. 20** The Anthropological Theory of the Didactical (2011)
- Nr. 21** **Forskningsbaseret undervisning – realiteter og potentialer (2011)**

Øvrige www.ind.ku.dk/skriftserie

ISSN: 1602-2149

