

Undervisningsformer i laboratorieundervisning i Instrumentel Analytisk Kemi - et 2. års kursus på Farmaceutuddannelsen

Christian Janfelt

Institut for Farmaci og Analytisk Kemi, FARMA, Københavns Universitet

Forord

Denne projektrapport tager udgangspunkt i kurset “Instrumentel Analytisk Kemi”, som jeg underviste i foråret 2009. Jeg var en af seks lærere, som forestod den praktiske del af laboratorieundervisningen, dvs. gennemførelsen af øvelserne og retningen af rapporter. Jeg har således ikke været direkte involveret i planlægningen eller udformningen af kurset (som kursusansvarlig el.lign.), men har naturligvis undervejs og siden gjort mig mine tanker om udformningen af kurset og det er i høj grad disse, som denne rapport baserer sig på. Pga. et udlandsophold i perioden september 2009 til februar 2010 og planlagt barselsorlov i perioden april til juni 2010, har jeg ingen undervisning i det kommende års tid og denne rapport skrives derfor på baggrund af undervisning, som fandt sted umiddelbart før opstarten af KNUD-projektet. Til gengæld har det omhandlede kursus også været udgangspunkt for mit forprojekt i KNUD, samt reflektionspapiret fra den praktiske del af adjunkt-pædagogikum, som begge blev skrevet mens jeg underviste kurset i foråret 2009, og disse tre rapporter belyser dermed tilsammen flere sider af kurset.

Forprojektet beskæftigede sig især med de studerendes opfattelse af, hvordan et sådant kursus skal skrues sammen, mens reflektionspapiret omhandlede den daglige undervisning og de situationer der opstår. Denne rapport vil i højere grad betragte kurset fra oven og komme med overvejelser om undervisningsformer og øvelsessammensætninger, især med fokus på balancen med de tekniske og indholdsmæssige aspekter i øvelserne (dvs. *“hvordan får man instrumenterne til at virke?”* vs. *“hvordan fungerer de?”* og *“hvad kan de bruges til?”*). Dette vil ske under inddragelse af eksemp-

ler fra den didaktiske litteratur på opbygningen af lignende kurser rundt omkring i verden.

Laboratorieøvelser i Instrumentel Analytisk Kemi (A26-2)

Denne rapport omhandler undervisningen på A26-2, som er laboratoriedelen af kurset i "Instrumentel Analytisk Kemi" på 2. år af farmaceutuddannelsen på Københavns Universitet. Laboratoriedelen, som udgør 5 ECTS-point og følges som 18 øvelsesdage á 4 timer, suppleres af A26-1, som er en forelæsningsrække på 19 forelæsninger (svarende til 3 ECTS-points) og udgør den teoretiske baggrund for øvelseskurset. Det samlede kursus består ved godkendelse af rapporter fra laboratorieøvelserne, samt en 4-timers skriftlig eksamen, hvis indhold i høj grad baserer sig på laboratoriearbejdet.

Det særlige ved dette kursus sammenlignet med andre lignende kurser er, at det følges af en hel årgang på farmaceutstudiet - typisk ca. 200 studerende - som i løbet af 14 uger skal igennem de samme øvelser, som involverer brugen af avanceret apparatur, hvoraf hver type kun forefindes i få eksemplarer i undervisningslaboratoriet. Tilrettelæggelsen af kurset er således i lige så høj grad en øvelse i logistik som i didaktik og analytisk kemi.

I løbet af de 18 øvelsesgange skal de studerende gennemføre 13 øvelser samt et projekt. De 13 øvelser falder indenfor forskellige områder af instrumentel analytisk kemi, og ikke to øvelser benytter sig af det samme apparatur. Fordelen ved dette er naturligvis, at de studerende opnår eksperimentel erfaring med et stort antal instrumentelle analytiske teknikker, mens ulempen er at en relativ stor del af deres tid i laboratoriet går med at lære nyt apparatur at kende, og denne tid går naturligvis fra den tid de har til at lave målinger og opnå et mere tilbundsående kendskab til de eksperimentelle teknikker og apparaturet.

For overhovedet at gøre det muligt i løbet af en 4-timers undervisningsgang at lære et nyt instrument at kende, er der til hvert instrument skrevet en SOP (Standard Operating Procedure), som giver en hurtig gennemgang i brugen af det pågældende instrument (Denne SOP er i princippet ikke specifik for den pågældende øvelse, men vil også kunne anvendes af andre brugere af instrumentet, dvs. i et andet kursus, til forskning o.lign.). Der er desuden skrevet en relativt detaljeret øvelsesvejledning, som trin for trin fortæller de studerende hvad de skal gøre. Det er dog overladt til de stude-

rende selv at finde ud af visse ting, såsom fremstilling af fortyndinger mv. Hver øvelse slutes af med udfyldelsen af et rapportskema, som sikrer at de studerende kommer omkring forskellige aspekter ved øvelsen.

Til sidst i kurset skal de studerende gennemføre et projekt, som består i kvantificeringen af aktivt stof i et præparat. De studerende skal finde forskrift for denne analyse ved litteratursøgning i farmakopeerne, skrive deres egen forsøgsvejledning, gennemføre analysen og skrive en rapport over den. I projektet arbejder de med instrumenter, de tidligere har benyttet, og metoderne og databehandlingen minder meget om dele af de forudgående øvelser.

Om indlæringsmålene på kurset

Indlæringsmålene (ILO) for kurset lyder som følger:

Den studerende kan efter gennemførelse af kurserne (lab + forelæsning) deltage i:

- *Udvikling og anvendelse af analytisk kemiske metoder i relation til udvikling af lægemiddelstoffer*
- *Identifikation og kvalitetsvurdering af lægemiddelstoffer og hjælpestoffer*
- *Kemisk kvalitetssikring og kontrol af lægemidler*

Der ligger en pointe i udtrykket *deltage i* (i modsætning til f.eks. *forestå* eller *gennemføre*), idet kurset er et generelt kursus på 2. år, som følges af alle studerende på studieordningen. Der er således ikke tale om et kursus til uddannelse af specialister i lægemiddelindustrien, og de studerende forventes altså ikke selvstændigt at kunne forestå de listede opgaver efter kursets afslutning, men alene at have tilstrækkelig indsigt til at kunne indgå i samarbejde med andre på området. Som sådan er de tre punkter både fornuftige, tilstrækkelige og realistiske, dog med en undtagelse: Det er næppe realistisk at forvente, at den gennemsnitlige studerende efter at have fulgt kurset er særligt trænet i *udvikling* af analysemetoder, idet projektet (og da slet ikke øvelserne) i kurset ikke omhandler udvikling af en analysemetode, men alene implementeringen af en allerede udviklet metode beskrevet i farmakopeerne. Dette skal på ingen måde ses som en mangel på et 2. års kursus som dette, men snarere som et enkelt eksempel på at målbeskrivelsen måske er lidt rigeligt ambitiøs.

“The greatest enemy of understanding is coverage”

Det er naturligvis et grundvilkår for et kursus i instrumentel analytisk kemi, at der bruges relativt meget tid på at lære instrumenterne at kende (sammenlignet med mere basal analytisk kemi, såsom titreringsøvelser med buretter, som alt andet lige er enklere at benytte), men i hvor høj grad dette er tilfældet, afgøres selvfølgelig af kursets opbygning. I nærværende kursus har ambitionen været at de studerende skulle stifte bekendtskab med en lang række af instrumenter og teknikker, og som sådan er det imponerende at man i dette kursus, trods et volumen på ca. 200 studerende, har fået dem alle til at arbejde med avanceret forskningsapparatur, såsom massespektrometre, atomabsorptions-spektrofotometre, kapillarelektroforese mv. Prisen for dette er, at øvelserne bliver meget kagebogsbaserede med et fravær af egentlig projektbaseret undervisning.

Trods de detaljerede øvelsesvejledninger opstår der alligevel problemer undervejs. Det er helt naturligt og en del af spillet, når man arbejder med avancerede instrumenter (ofte med en omfattende og meget lidt overskuelig software), men når man hver gang skal sætte sig ind i et nyt instrument og i alt kun arbejder med det i 4 timer før man rykker videre til det næste, så går relativt meget tid med at lære instrument og software at kende, og der er dermed mindre tid til målinger og databehandling, som ellers er essensen i analytisk kemi. Symptomet på dette er de spørgsmål, man får som underviser: *“Hvordan får jeg sat en måling i gang?”*, *“Hvorfor får jeg ikke noget signal?”* - alle faktuelle spørgsmål, frem for konceptuelle spørgsmål (*“Hvorfor bliver de chromatografiske toppe så brede?”*, *“Hvorfor giver dét stof større signal?”* etc.), som har mere at gøre med forståelsen af emnet. Det viste sig også i svarene på en undersøgelse vi lavede som del af førnævnte forprojekt, hvor vi til udsagnet *“Når jeg går hjem fra en øvelse, forstår jeg altid, hvad jeg netop har lavet”* kun fik 38 % til at svare *“overvejende enig”*, og 0 % svarede *“helt enig”*. Dette tyder på, at en del af opmærksomheden under en øvelse går på simpelthen at få instrumentet til at makke ret, og der ikke altid er overskud til at forståelsen kan følge med eller til at *“undres i tide”* og stille de intelligente spørgsmål undervejs. Heldigvis erklærer 82 % af de studerende sig enige i, at de forstår det når de har lavet rapporten, men det ville måske være ønskeligt om noget af denne forståelse meldte sig allerede mens de stod i laboratoriet.

Dette forhold er sandsynligvis en følge af kagebogstilgangen i kurset. Hvis det ikke stod så detaljeret forklaret hvad de studerende skulle gøre, ville de være tvunget til at opnå en større grad af forståelse for at kunne

gennemføre øvelsen. Prisen ville utvivlsomt være, at det ikke ville være muligt at dække så mange teknikker i laboratoriet i løbet af kurset. En undersøgelse fra år 2000 af undervisningen i instrumentel analytisk kemi i USA viste, at det generelt var således at mere end dobbelt så mange emner blev behandlet i forelæsninger som i laboratoriet (Girard and Diamant; 2000), uden dog at kunne konkludere, om dette skyldes mangel på tid eller manglende laboratoriefaciliteter. Til sammenligning må vi sige, at vi her har et kursus hvor usædvanlig mange emner undervises i laboratoriet, hvilket ligger i tråd med traditionerne for et stort omfang af laboratorieundervisningen på Det Farmaceutiske Fakultet. Det skal desuden anføres som begrundelse for det store antal øvelser, at de giver en god støtte ved den skriftlige eksamen, idet en omhyggelig deltagelse ved laboratorieøvelserne kan gøre det ud for stort set hele eksamensforberedelsen.

Men under alle omstændigheder er der altså en konflikt imellem grundigheden med hvilken et emne gennemgås og hvor stort et område der kan dækkes, og denne konflikt er den samme, uanset om undervisningen foregår i et laboratorium eller i et klasselokale. Eller som det også formuleres af Biggs og Tang: "*The greatest enemy of understanding is coverage*" (Biggs and Tang; 2007). I den resterende del af rapporten vil vi se på, hvordan lignende kurser er opbygget andre steder og se hvilke elementer, der kunne være brugbare i nærværende kursus.

PBL-undervisning i instrumentel analytisk kemi

Der er en række eksempler i litteraturen på kurser indenfor instrumentel analytisk kemi, som er blevet opbygget efter en PBL-skabelon (Problem Based Learning) (Adami; 2006; Kalivas; 2005; Lanigan; 2008; Larive; 2004). På Idaho State University (Kalivas; 2005) indleder de kurset med at lade de studerende gruppevis udarbejde SOPs for alle instrumenter. Dette arbejde strækker sig over 5 uger, og hver gruppe ender som instrumentansvarlig for det pågældende instrument og skal som sådan stå til rådighed for de øvrige grupper, der senere får brug for at arbejde med instrumentet. Forfatteren til artiklen trækker en parallel til verden udenfor universitetet, hvor det er ganske almindeligt at blive pålagt en sådan opgave, når et nyt instrument anskaffes. De resterende 7 uger af kurset går med en analyse af en specifik prøve. De studerende vælger selv apparatur til opgaven og skal opstille et detaljeret *proposal* for analysen indeholdende bl.a. forsøgsplan og budget (heri indgår også priserne på apparatur mv.). Det understreges at

ikke alle analyser lykkes pga. forskellige omstændigheder, men at det blot lærer de studerende, at “*fejltagelser er noget man kan lære af, og ikke noget man skal frygte*”.

På University of Trieste (Adami; 2006) har de lavet et lignende kursus, som kun følges af typisk ca. 15 studerende. I dette kursus lægges der også vægt på den del der ligger forud for analysen, nemlig samplingen, og igen gennemføres der forsøgsplanlægning med fokus på et særdeles begrænset antal teknikker. På University of Kansas (Larive; 2004) har de taget skridtet fuldt ud og gennemført PBL, som var det en opgave i en privat virksomhed med *managers* (ældre studerende), *upper management* (den kursusansvarlige) og *consultants* (eksterne folk fra industrien, offentlige laboratorier mv.), og igen er der tale om ét stort projekt, hvor de studerende kun kommer i berøring med én eksperimentel teknik.

Det sidste eksempel er fra University of Detroit Mercy (Lanigan; 2008), hvor de har udviklet *Method development*, som de beskriver som en mellemting mellem PBL og “traditionelle kokebogsmetoder”. Her lader de studerende designe deres egne målinger, men på en sådan måde at de forskellige grupper arbejder koordineres og kan sammenlignes, hvorved en teknik kan prøves af på et større antal prøver og med et større antal parametre. Ulempen er dog, at der derfor kun undervises i én teknik ad gangen, hvilket lægger en voldsom begrænsning på antallet af studerende der kan undervises. I det hele taget er det kendetegnende for stort set alle PBL-kurserne, at de studerende kun kommer i berøring med et meget begrænset antal teknikker, og at der er meget få studerende på det pågældende kursus (typisk 6-15 studerende i alt).

Eksempler på anden undervisning indenfor området

I den helt anden ende af skalaen er der eksempel på, hvordan kapillarelektroforese kan introduceres til studerende allerede på første år i forbindelse med det syntesekursus, som alle kemistuderende følger (Welder and Colyer; 2001). I det pågældende eksempel afleverer de studerende simpelthen deres prøver til en laborant, som med et instrument med autosampler er i stand til at behandle prøver fra 40-48 studerende i løbet af en 4-timers undervisningsgang. Det nævnes, at en gruppe studerende evt. kan være til stede i de 10 minutter, det tager at sætte en kørsel i gang.

Andre steder i litteraturen kan man se eksempler på laboratorieøvelser indenfor forskellige teknikker, som man kan implementere i sit eget kur-

sus, dog uden at der i disse øvelser lægges op til den helt store forandring af hidtidige pædagogiske tilgange til laboratorieøvelser. I et eksempel fra *Journal of Chemical Education* har forfatterne lavet en øvelse, hvor man med LC-MS bestemmer massen af et protein. Som sådan er det en øvelse, som godt kunne indgå i vores kursus (som det fremgår af artiklen: “*Students are amazed at how fast the molecular weight of a protein can be determined using LC-MS*”, og hvilken lærer vil ikke gerne gøre studerende “*amazed*”), men som de fleste artikler af den slags forholder den sig ikke til sværhedsgraden i omgangen med instrumentet - hvor meget kan de studerende på egen hånd, og hvordan undgår man at al opmærksomheden går på at få instrumentet til at virke?

Netop dette spørgsmål er omdrejningspunktet for en anden artikel (Malina and Nakhleh; 2003) og forfatterne diskuterer i denne, hvordan man skal tilrettelægge sin (relativt traditionelle) undervisning efter ønsket udbytte. Det omhandlede kursus, som følges af 70-80 studerende, minder i sin placering på studiet meget om nærværende kursus, og forfatterne gør sig præcis de samme observationer, som ovenfor for vores kursus: “*students were preoccupied with physically manipulating the instrument rather than with conceptual thinking*”. Forfatterne har to væsentlige pointer i undervisningen af et sådant instrumentelt kursus med mange studerende. Dels skal man vælge sine instrumenter og tilrettelægge øvelserne efter, hvad man mener de studerende bør lære. Det vil sige, at hvis man ønsker, at de studerende blot skal lære at lave en måling, skal man vælge et instrument der er enkelt (dvs. ret automatiseret) at bruge uden for mange muligheder, så de studerende kan koncentrere sig om selve målingen, men ønsker man at de studerende skal forstå, hvordan instrumentet fungerer, så er ovennævnte automatiserede instrument faktisk en hindring, og de studerende ville da være bedre hjulpet af et mere kompliceret instrument, som fordrer en større grad af forståelse i brugen af dette. Det lyder lidt pudsigt, men det er sådan set blot en konsekvens af, at de fleste studerende hopper over hvor gærdet er lavest, og til deres eget bedste må man engang imellem sørge for ikke at gøre det for nemt at vælge denne vej. Den anden pointe er, at man som underviser må sørge for at de studerende tænker konceptuelt allerede i laboratoriet og ikke først når de sidder hjemme og skriver rapport. Dette kan f.eks. fremmes ved, at man som underviser stiller dem konceptuelle spørgsmål mens de laver øvelsen, og de således tvinges til konceptuel tænkning i laboratoriet.

Instrumenter på storskærm

Igennem de sidste 20 år er der sket en stor udvikling i prøvehåndteringen og betjeningen af instrumenter, således at det meste af betjeningen foregår fra en computer, når først prøverne er sat på plads i instrumentets autosampler. Denne udvikling er udnyttet i et kursus på College of New Jersey (Allison; 2008), hvor de har lavet et såkaldt *Mass Spectrometry Theatre* ved at slutte en computerbetjent GC-MS til en storskærm. I stedet for traditionel undervisning med grupper á 2-3 studerende ved instrumentet, underviser de nu 15 studerende ad gangen og det går på skift mellem de studerende at betjene instrumentet. Fordelen ved denne undervisning er, at én underviser på den måde kan undervise 15 studerende ad gangen i samme teknik.

Man kan da trække på den underviser, som kender det pågældende instrument allerbedst (i modsætning til vores kursus, hvor de 6 undervisere tilknyttet et kursus hver forestår samtlige 13 øvelser), hvilket giver mulighed for en meget mere afvekslende og improviseret undervisning end den kogebogsbaserede, man typisk er bundet til når de studerende i små hold gennemfører øvelsen på egen hånd. Undervisningen foregår i dialog med hele klassen, under indflydelse af de studerendes forslag og spørgsmål undervejs. Der er således ikke tale om en demonstration af instrumentet, hvor de studerende er passive tilskuere, men dialogbaseret undervisning, hvor alle får gavn af de spørgsmål der diskuteres. Ved at underviseren hele tiden er til stede i betjeningen af instrumentet, kan man netop sikre sig mod at al opmærksomheden går på at få instrumentet til at fungere, så der også bliver tid til at diskutere instrumentets virkemåde og resultaterne, efterhånden som de fremkommer. Det er klart, at visse instrumenter egner sig bedre til denne undervisningsform end andre, og at denne form ikke egner sig til at helt kursus, men den kan med fordel anvendes på et mindre antal instrumentelle teknikker, hvor betjeningen af instrumentet er relativt kompliceret.

Computersimuleringer af måleinstrumenter

Der er igennem de senere år blevet udviklet en del simuleringsprogrammer indenfor analytisk kemi, bl.a. indenfor titrering (Timmers et al.; 2003) og gaschromatografi (Zimmerer et al.; 2003). Programmerne har den fordel, at de studerende på relativt kort tid kan prøve virtuelle instrumenter af ved at regulere forskellige parametre og øjeblikkeligt derefter se betydning af disse på skærmen. På Dresden University of Technology (Zimmerer et al.; 2003) bruges dette i en øvelse i gaschromatografi, hvor de studerende

optimerer størrelserne på kolonnetemperaturen og gas-flow'et, mens de på skærmen kan se, hvad det gør ved retentionstiderne, top-højderne og top-bredderne. De optimerede parametre bruges siden i en øvelse på en rigtig gaschromatograf.

Idéer til ændring af undervisningen i A26-2

Der kan siges mange gode ting om PBL og de PBL-baserede kurser, der her er omtalt, er sikkert alle gode og inspirerende. Det er dog svært at se, hvordan man skulle komme i bare i nærheden af at lave noget lignende på et kursus som dette, der følges af 200 studerende. Selvfølgelig har vi et tilsvarende større antal lærere tilknyttet kurset, men det særlige ved ægte PBL-undervisning er jo, at de studerende selv finder på projekterne og at arbejdsgangen - og da slet ikke facit - derfor ikke er kendt på forhånd. Det stiller særdeles store krav til underviserens ekspertise at kunne vejlede på et projekt, som man ikke helt ved hvor bevæger sig hen og hvad ender med. Det er derfor svært som kursusansvarlig på et kursus som dette med et stort antal undervisere, der jævnligt udskiftes, at skaffe tilstrækkelig med undervisere, der kan gennemføre denne type undervisning.

Ligeledes er formålet med dette kursus også, at de studerende kommer i berøring med et stort antal eksperimentelle teknikker, hvilket heller ikke ville kunne lade gøre med PBL-undervisning, uanset mængden af kvalificerede undervisere. PBL har dog stadigvæk sin plads i undervisningen indenfor området, dog nok snarere på et senere og mere specialiseret kursus, som følges af et mindre antal studerende. Denne fordeling blev brugt på Kemisk Institut på Københavns Universitet, hvor ca. 30 studerende fulgte det traditionelle kursus i analytisk kemi (AK1), mens det videregående kursus (AK2), der blev undervist som PBL-kursus, kun blev fulgt af ca. 10 studerende.

Med de rammebetingelser, der er for nærværende kursus (antal studerende, områder der ønskes dækket etc.), er det derfor svært at lave nogen revolutioner i undervisningen, men i den kontinuerlige udvikling af kurset er der mange små tiltag, bl.a. inspireret af ovennævnte artikler, som kunne implementeres.

Det ville være en god idé at give de studerende adgang til simuleringssprogrammer, som kunne gøre dem klogere på betydningen af de forskellige parametre i en øvelse i f.eks. chromatografi eller elektrokemi. Kvaliteten af simuleringssprogrammet ville dog være stærkt afgørende for i hvor høj grad,

at simuleringer ville skulle supplere eller erstatte rigtige eksperimenter, og det er nok især i de studerendes forberedelse forud for øvelserne at de ville have deres berettigelse.

Man bør efter min mening overveje, om det er hensigtsmæssigt at dække så mange teknikker eksperimentelt, eller om et par af dem med fordel kunne henlægges til den "tørre" undervisning i kurset. Til undervisning i disse teknikker kunne man udlevere nogle eksperimentelle data, som de studerende skal arbejde med, evt. suppleret med en videooptagelse af, hvordan resultaterne er kommet til verden. På den måde undgår de studerende at forvirres over betjeningen af et meget kompliceret instrument, som de sandsynligvis aldrig kommer til at bruge igen siden, men får alligevel et indtryk af, hvad instrumentet kan bruges til og hvordan analysen foregår. Den tid, som spares i laboratoriet på den pågældende øvelse, kunne så udnyttes til at gå mere i dybden med nogle af de andre teknikker der arbejdes med. Dette ville betyde en væsentlig ændring i forholdet mellem den tid de bruger til at komme i gang med et instrument, og den tid de bruger på det faktiske analysearbejde, hvilket sandsynligvis kunne give plads til mere konceptuel tænkning.

Ligeledes kunne brugen af video udstrækkes til at omfatte forberedelse af en øvelse, f.eks. ved at de studerende inden de går ned i laboratoriet, ser en lille film på kursushjemmesiden, som giver en introduktion til instrumentet. Det kunne forhåbentlig også hjælpe de studerende hurtigere i gang og give plads til flere tanker om det essentielle i analytisk kemi.

Desuden ville idéen om et *Mass Spectrometry Theatre*, dvs. instrumentel undervisning med storskærm, være velegnet i et kursus som dette, evt. i kombination med en forelæsning om den pågældende teknik. Man skal dog ikke undervurdere vanskelighederne med at implementere dette og det er nok noget, der skal prøves igennem nogle gange før det kører tilfredsstillende. Med denne metode kan man sikre sig, at alle studerende har været igennem de væsentligste aspekter, og den fælles gennemgang af instrumentet kunne evt. danne udgangspunkt for videre arbejde med instrumentet i mindre grupper.

Endelig er der det, som vi nok bestræber os på i den daglige laboratorieundervisning, men ikke altid får gjort nok ved, nemlig at snakke med de studerende under øvelserne. Vi skal være mere pågående med spørgsmål til de studerende, mens de laver øvelserne og sikre os, at de forstår hvad det er de er i gang med, jf. artiklen af Malina and Nakhleh (2003). Når dette ikke altid lykkes så godt, hænger det sammen med at der tit er travlt med at svare på akutte faktuelle spørgsmål ("*Instrumentet virker ikke!*" etc.), og

der derfor fra undervisernes side heller ikke altid er tid til at nå til det konceptuelle niveau, fordi meget af tiden går med problemløsning i stedet for undervisning. Det kan selvfølgelig ikke undgås i et kursus som dette, men det er klart, at omfanget af dette problem hænger nøje sammen med netop det faktum, at de studerende hver gang starter på at lære et nyt instrument og en ny teknik at kende, jf. diskussion ovenfor. I et tilsvarende kursus på DTU med ca. samme antal øvelsestimer når de studerende kun igennem det halve antal teknikker, men gengæld har de to øvelsesgange til hver øvelse, hvilket giver tid og ro til noget mere fordybelse. En sådan ændring ville dog næppe have de studerendes opbakning. I undersøgelsen til forprojektet svarede erklærede 56 % af de studerende sig uenige i udsagnet *“Valgfrihed i øvelserne (f.eks. udvælgelse af 8 ud af 14 mulige øvelser) ville være en god ting”*, og 68 % erklærede sig enige i udsagnet *“Jeg ville være ked af en sådan valgfrihed, da den ville betyde, at jeg dermed ikke ville komme i berøring med ligeså mange eksperimentelle teknikker som i kursets nuværende form”*.

Nu skal man passe på med altid at indrette undervisning, som de studerende helst ser den, men jeg mener dog at deres holdning også har betydning, når man skal lægge balancen mellem antallet af øvelser og omfanget af de enkelte øvelser, og at der er grænser for hvor drastiske ændringer der skal laves på kurset i sin nuværende form. Vi bør holde os for øje, at formålet med kurset ikke er at uddanne specialister, men at give de studerende en indsigt i hvordan instrumentel analyse foregår, samt at give dem et overblik over de tilgængelige teknikker, og den rolle udfylder kurset trods alt udmærket allerede i dag.

All contributions to this volume can be found at:

http://www.ind.ku.dk/publikationer/up_projekter/2009-2-1/

The bibliography can be found at:

http://www.ind.ku.dk/publikationer/up_projekter/kapitler/2009_vol2_nr1_bibliography.pdf/