

## Organisering af et eksperimentelt fysikkursus i blokstrukturens rammer

Kasper Grove-Rasmussen

Niels Bohr Institutet, Københavns Universitet

### Indledning

Dette projekt er baseret på et undervisningsforløb udarbejdet i samarbejde med lektor Jesper Nygård af kurset “Nano3 – Kvantefænomener i nanosystemer” på Nanoteknologiuddannelsens andet år på Københavns Universitet. Projektet ønsker at undersøge, hvordan det obligatoriske eksperimentelle fysikkursus Nano3 optimalt kan planlægges i blokstrukturens rammer, og hvordan den nye kursusstruktur har forbedret (hypotese) de studerendes indlæringen af tre vigtige kvantefænomener baseret på fire eksperimentelle forsøg.

Først vil overvejelserne i forbindelse med planlægningen af kurset præsenteres, hvor specielt ulemperne i forbindelse med den hidtidige struktur vil blive klarlagt. Dernæst fremlægges evalueringen af omstruktureringen, som bygger på:

- Sammenligning af dette og sidste års studenterevalueringer (spørgesmaer og kommentarer).
- Eksamenskaraktersammenligning mellem dette og sidste år.
- Diskussion af underviseres forbedrede muligheder for at strukturere stoffet.

Sidst vil der med udgangspunkt i dette års kursus gives forslag til yderligere forbedringer af kurset ved at samle op på elementer af kurset, som har virket godt eller dårligt.

Konklusion på denne analyse er, at de studerende er mere glade for kurset og er mere tilfredse med kursets struktur og læringsudbytte. Specielt

sammenhængen mellem de forskellige undervisnings- og læringsaktiviteter gives der positiv feedback på i forhold til tidligere år. Karaktergennemsnittet er (lidt overraskende) en lille smule lavere efter omstruktureringen (7.1 versus 7.8), hvilket dog ikke nødvendigvis behøver at afspejle læringsudbyttet. Faktorer som højere bedømmelsesniveau til eksamen eller forskelligt niveau af de studerende fra år til år kan spille ind. Ydermere har det været nemmere for underviserne, at strukturere stoffet med god sammenhæng mellem teori og de eksperimentelle øvelser. Denne struktur er derfor klart at foretrække, men den vil have sine udfordringer, hvis antallet af de studerende bliver stort (30-50 i modsætning til omkring 20 i år).

## Planlægning og implementering

Kurset har indtil i år været organiseret med et teori- og et eksperimentelt forløb, som kørte uafhængigt af hinanden oprindeligt på grund af for mange studerende (omkring 50) til for få forsøgsopstillinger. Det vil sige, at første forsøgsgang involverede alle fire øvelser påbegyndt af forskellige studentergrupper. Ugen efter øvelsen skulle grupperne aflevere en rapport. Denne opbygning er meget uhensigtsmæssig, idet de studerende højst sandsynlig ikke har haft teorien og de tilhørende opgaver inden forsøget og rapport-skrivningen<sup>1</sup>.

På grund af denne ikke optimale struktur og kritik fra studenterevaluering i 2010, har vi forsøgt at ændre strukturen af kurset for at lave en god sammenhæng mellem teori og eksperimenter. De kritiske studenterevalueringer lød blandt andet:

2010-1: “Jeg er klar over problematikken med koordination af eksperimenterne i forhold til teorien. Men jeg synes virkelig det var et stort problem og svaghed ved kurset, at man ikke havde teorien før rapporterne skal skrives.”

2010-2: “Jeg tror hellere jeg ville have haft presset de syv teoriforrelæsninger ind de første 2 uger af kurset, hvis det så kunne lade sig gøre at nå at have øvelserne efterfølgende..!?”

<sup>1</sup> Om teori før øvelse er en bedre undervisningsrækkefølge til indlæring af nye fænomener er en diskussion i sig selv, men i dette tilfælde vil jeg mene, at den mere traditionelle undervisning med præsentation af det fysiske fænomen herunder teori og herefter udførelsen af forsøget er mest hensigtsmæssigt for indlæringen givet tidsrammen i dette kursus (se også kommentar i konklusionen).

2010-3: “Jeg synes at det ville være smartere at ligge mere teori først.. især omkring de enkelte forsøg.. for så først senere at udføre dem... det var svært at forstå øvelserne ordentligt før efter at vi havde lavet dem.. og det var helt klart ikke optimalt.”

Kursusuge/tema	Man (8:15-12 D411)	Tir (13:15-17 D317)	Fre (8:15-12 A110)	Øvelse
<b>Båndstruktur</b> #1 (31.-4.Feb)	Baggrundsstof	Baggrundsstof	Baggrundsstof	Øvelse A: Fabrikation
<b>Kvante Hall effekt</b> #2 (7.-11. Feb)	Teori Øvelse B	Teori Øvelse B	Teori Øvelse B	Øvelse A: Fabrikation
<b>Øvelsesuge (B)</b> #3 (14.-18 Feb)	Intro Øvelse B: Måleopstilling, rapporter, pre-lab note			Øvelse B: Kvante Hall Effekt
<b>Kvanteøer</b> #4 (21.-25. Feb)	Teori Øvelse C		Teori Øvelse C	
Friuge				
<b>Øvelsesuge (C)</b> #5 (7.-11 Mar)	Intro Øvelse C:			Øvelse C: Kvanteøer
<b>Kvantepunkt kontakt</b> #6 (14.-18. Mar)	Teori Øvelse D		Teori Øvelse D	
<b>Øvelsesuge (D)</b> #7 (21.-25. Mar)	Intro Øvelse D: Nano3 opsamling			Øvelse D: Kvantepunktkontakt
<b>Læseuge</b> #8 (28.-1. Apr)	- Læsefri -	- Læsefri -	Spørgetime 9:15 A110	
<b>Eksamensuge</b> #9 (4.-8.)			Tor og Fre: Mulige eksamensdage, D411	

**Figur 15.1.** Skema for den nye struktur af Nano3, et eksperimentelt fysikkursus.

Figur 15.1 viser kursusplanen for Nano3 (i blok 3, 2011), som prøver at implementere ovenstående pointer med i alt fire eksperimentelle øvelser (A-D) a hver fire timer. Da blokstrukturen kun strækker sig over otte uger, og der skal være en uge efter hver af øvelserne til at udarbejde i alt tre rapporter, er det ikke muligt at reservere en hel uge til hvert eksperiment. I stedet valgte vi, at udføre eksperiment A uden for timeblokkene reserveret til Nano3 (sådan en løsning kræver dog at de studerende er imødekommende – det viste sig heldigvis ikke at være et problem). Det kunne også kun lade sig gøre, da eksperiment A ikke inkluderer væsentlig teori, og at der i dette tilfælde ikke skal udarbejdes en selvstændig rapport. De sidste tre øvelser fik derimod hver reserveret en øvelsesuge, hvor de studerende i grupper af tre til fire personer kunne vælge formiddage (8-12) eller eftermiddage (13-17) til eksperimentet. Med 19 personer og fem hold fungerede valg af tidspunkter overraskende problemfrit.

Sideløbende med eksperiment A kunne vi derfor starte med et intenst teoriforløb med generel baggrundsteori for kurset i uge et. Dernæst forløb de næste seks uger med en uges forberedende teori til det eksperiment, som alle studerende ville gennemføre den følgende øvelsesuge. For at kunne forberede de studerende optimalt på ugens eksperiment holdt vi stadig lektioner mandag formiddag i øvelsesugerne med fokus på den mere praktiske del af eksperimenterne. I de uger med rapportskrivning reducerede vi antallet af timer til to tredjedele for at de studerende havde mulighed for at arbejde grundigt med rapporterne. Den overordnede kursusplan for Nano3 kan ses i Figur 15.1, hvor de mørkegrå felter repræsenterer øvelsesuger.

Det skal også nævnes, at Nano3 i år havde 13 blokke med forelæsninger og regnetimer af hver to timer (se figur 15.1). Dette skal sammenlignes med 2010, hvor der kun var otte tilsvarende blokke <sup>2</sup>.

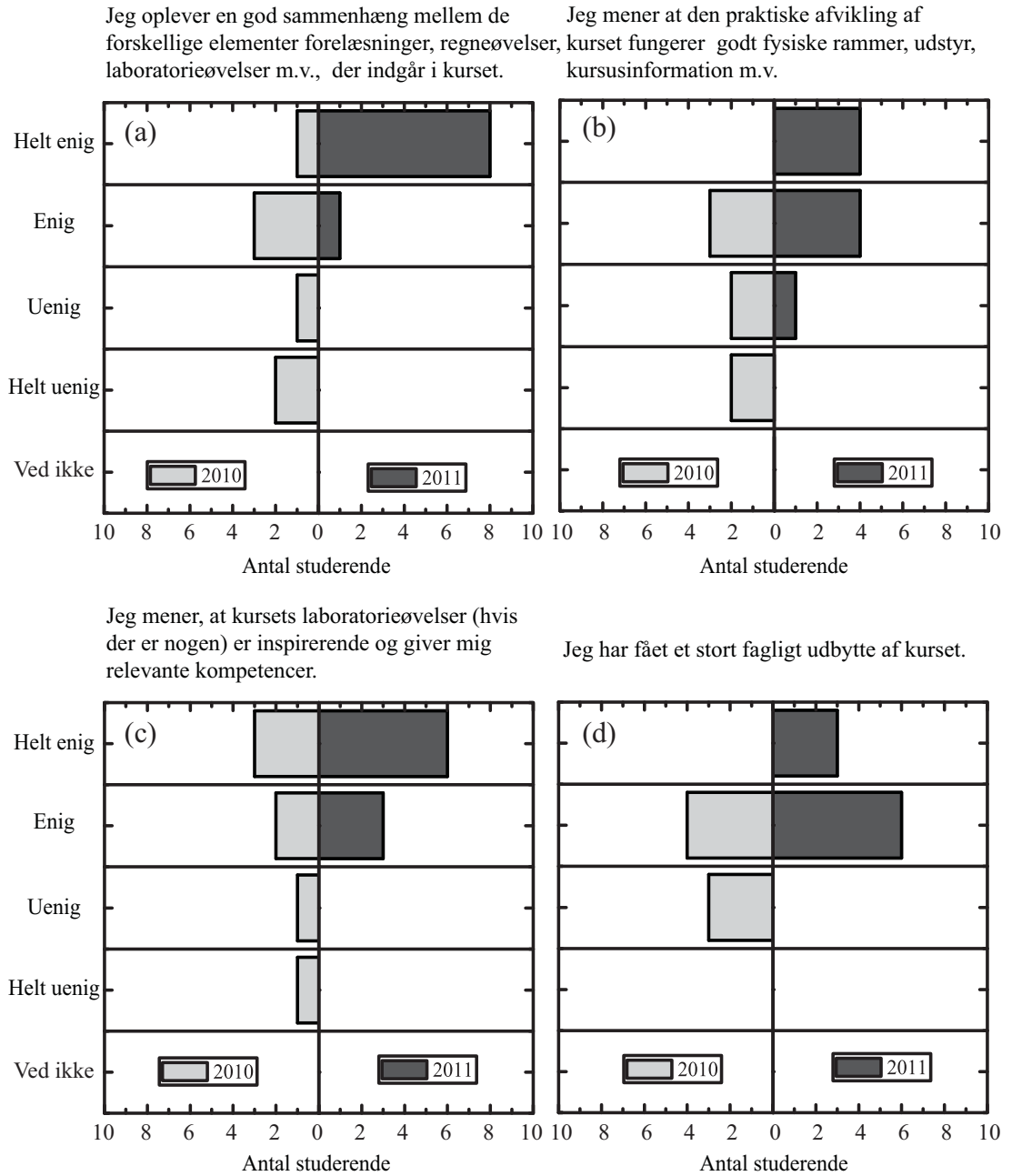
## Effekt af omstruktureringer

### Studenterevalueringer

Den ovenfor beskrevne omstrukturering af kurset ligger tæt op af de studerendes ønsker, og hvad vi tænkte ville være hensigtsmæssigt. Det vil derfor være interessant at sammenligne dette og sidste års kursusevalueringer (2011 og 2010). Kursusevalueringer repræsenterer ikke nødvendigvis alle de studerendes holdninger, da det desværre kun er omkring halvdelen af de studerende, som evaluerer kurset. Materialet er derfor ikke helt fyldestgørende, men på basis af dem som har svaret (lidt under halvdelen 2010(2011): 8(9) ud af 19) er det stadig interessant at drage konklusioner af de 15 multiple choice spørgsmål og de studerendes individuelle kommentarer. Fordelingen af svarene på de mest relevante spørgsmål i evalueringen vil blive analyseret nedenfor.

Figur 15.2 viser histogrammer med svarene på spørgsmålet stillet ovenfor diagrammet. Venstre og højre side af en figur viser antallet af studerende for henholdsvis 2010 og 2011, som er "Helt enig" til "Helt Uenig" i spørgsmålets udsagn. En klar forskel på 2010 og 2011 kan blandt andet ses i figur 15.2a, hvor der er sket et væsentligt skift af de studerende hen mod "Helt enige" i at der er "en god sammenhæng mellem de forskellige elementer forelæsninger, regneøvelser, laboratorieøvelser med videre, der

<sup>2</sup> <http://isis.ku.dk/kurser/index.aspx?kursusid=27981&xslt=simple6&param1=233313&param8=false>



**Figur 15.2.** Histogrammer af svar på studenterevalueringer i 2010 og 2011.

indgår i kurset”. Dette i denne sammenhæng meget relevante histogram bekræfter, at strukturen i kurset er blevet meget bedre (i de studerendes mening) ved ovenstående ændring. De andre tre spørgsmål er kun delvist relateret til omstruktureringen. For eksempel mener en overvejende del af de studerende i 2011, at den praktiske del af kurset fungerer godt, hvilket måske kan skyldes den mere strukturerede kursusplan end det tidligere år (det skal dog nævnes, at der var problemer med at få nogle øvelser til at virke i 2010, hvilket også kunne spille ind i svarene). Det kan også ses af Figurene 15.2c og 15.2d, at de studerende har fundet laboratorieøvelser inspirerende og gode, og at kurset som helhed efterlader et positivt indtryk med et stort læringsudbytte – igen med en positiv udvikling i forbindelse med den nye kursusstruktur. Af besvarelserne for andre dele af kursusevalueringerne kan det for eksempel også ses, at de studerende som deltager i undersøgelsen generelt har været til forelæsningerne og i nogen grad til opgavetimerne.

En anden kilde til de studerendes mening om kursusstrukturen kan fås fra deres individuelle kommentarer. I 2010 var der en del kommentarer om den u hensigtsmæssige struktur af kurset som beskrevet ovenfor. Det kan som sagt delvist skyldes, at der var problemer med at få de eksperimentelle øvelser til at fungere. Denne del havde vi lagt stor vægt på i 2011, og vi havde heldigvis ingen problemer.

Det er tydeligt fra de studerendes kommentarer i 2011, at de synes, at kursusstrukturen fungerer godt. Der er ingen negative kommentarer, men derimod flere positive:

S2011-1: “Det hænger godt sammen med at man får teori, øvelse og rapport i en kontinuer sammenhæng. Så når man det hele igennem mens det stadig er friskt i erindringen.”

S2011-2: “Det er helt klart det bedste kursus jeg har haft på min uddannelse og så selvom at det kan være svært. :D godt med sammenhængen gennem kurset. Undervisningen og specielt laboratorieøvelserne har været rigtig gode. ...”

S2011-3: “Jeg synes egentlig at kurset har været rigtig sjovt, underholdende og utroligt lærerigt. Det har været en rigtig god måde at blive introduceret til den mere eksperimentelle fysik og jeg har egentlig ikke de store kritikpunkter.”

Disse kommentarer understøtter ovenstående histogrammer i, at kursusstrukturen er væsentligt forbedret, og man kan tænke, at det højst sandsyn-

lig smitter af på hele deres indtryk af kurset. Den øgede mængde forelæsninger kan også have givet bedre forståelse af stoffet, som igen sikkert vil komme positivt til udtryk fra de studerende. Ydermere passer ovenstående evalueringer også meget godt med de kommentarer, vi har fået gennem kursusforløbet – specielt synes de studerende, at de eksperimentelle øvelser, som virkeliggør tidligere kursers teoretiske læren, er virkelig interessante. En skriver for eksempel:

S2011-4: “Jeg synes at dette kursus er fantastisk i at give et indblik i kvantesystemer og giver en virkelig god forståelse af kvant, der ellers kan være meget højt flyvende at forstå..”

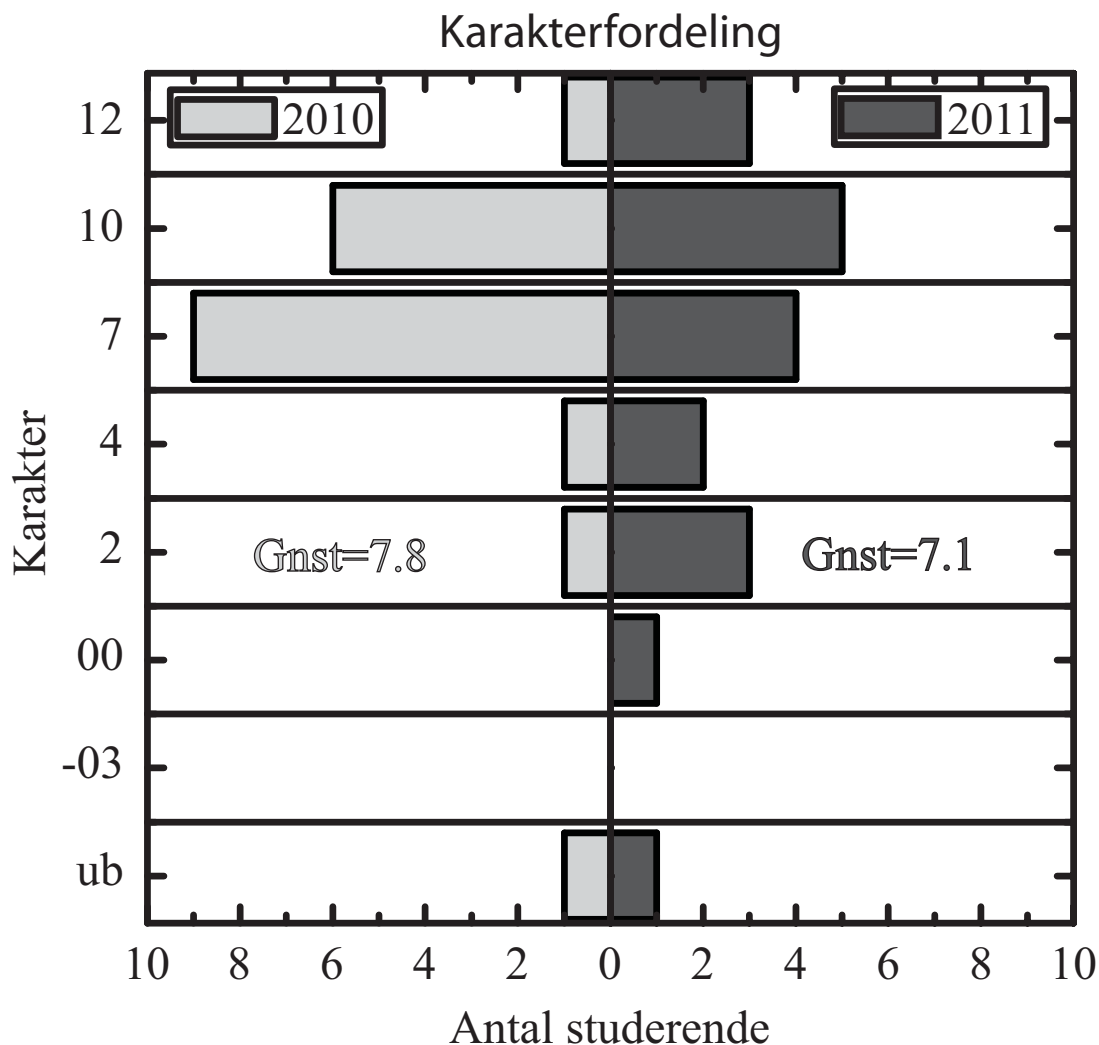
Dette var dog også en af de positive evalueringskommentarer i 2010, og virker som en af kurset helt store styrker – den eksperimentelle del.

### **Karakterfordeling**

En anden form for evaluering af kurset kan fås ved at sammenligne eksamenskarakter for 2010 og 2011. Umiddelbart ville det være nærliggende, at de studerendes læringsbytte ville være højere, når kurset har fået en bedre struktur og flere forelæsninger. Lidt forsimplet kunne man håbe, at de lidt svagere elever (Robert-type ifølge Biggs (Biggs & Tang 2007)) ville blive bedre, mens de dygtige elever (Susan-type (Biggs & Tang 2007)) ville klare sig godt under begge strukturer. I så fald ville man forvente færre lave karakterer som 2 og 4 i 2011. Det er også interessant at se, at de studerende synes, at deres udbytte af kurset er blevet større under den nye struktur ifølge figur 15.2d.

Figur 15.3 viser eksamenskaraktererne fordelt på 12-skalaen for 19 studerende i både 2010 (venstre) og 2011 (højre), hvor ub står for udeblevet. Det kan her ses, at karaktererne faktisk ikke er bedre i 2011, og at der er flere karakterer i den lavere ende af skalaen under den nye kursusstruktur. Gennemsnittet er 7.8 versus 7.1 i henholdsvis 2010 og 2011. Den ene person, som ikke bestod i 2011 trækker dog en del ned på 2011-gennemsnittet, og det er derfor måske mere retvisende at sige, at karaktererne i 2011 er nogenlunde på niveau med 2010.

Den manglende forbedring af de studerendes kunnen bedømt via summativ evaluering i 2011 kan skyldes flere faktorer. De studerendes faglige niveau kan variere fra år til år, og selvom vi var de samme tre personer (eksaminatorer og censor), som gav karakter for begge år, kan vores absolutte bedømmelsesniveau godt have forrykket sig lidt.



**Figur 15.3.** Karakterer givet til eksamen for 19 studerende både i 2010 og 2011.

I den forbindelse er det også relevant at lave en kvalitativ bedømmelse af de studerendes niveau og aktivitet. Til forelæsningerne i 2011 var der typisk over 85% af de studerende tilstede, og der var en livlig dialog med de studerende i undervisningen. Regnetimerne havde kun en tredjedel af de studerende som deltagere, og koncentration var enkelte gange ikke så høj. Alle studerende deltog i eksperimenterne. Jeg har ikke mulighed for at sammenligne med undervisningen i 2010, da det er første gang, jeg underviser i kurset, men generelt blev jeg overrasket over de studerendes engagement og deltagelse i undervisningen. Det passer godt med erfaringen fra



vores forprojekt<sup>3</sup>, hvor vi lavede et fokusgruppeinterview med otte Nano3-studerende fra 2011. Her var vi også imponerende over deres engagement – både under interviewet og deres kommentarer om deres tilgang til det at studere. Det er derfor min kvalitative opfattelse, at den nye kursusstruktur med aktive studerende må være en fordel og have forøget de studerendes læring, selvom det ikke afspejles i karaktererne.

### **Undervisningsmuligheder med den nye kursusstruktur**

Som underviser er den nye struktur også mere fordelagtigt, da man kan koncentrere hele sin indsats om den kommende øvelse/emne, som er relevant for alle studerende. Det giver også mulighed for at inddrage de studerende i forelæsninger og regnetimer på en anden måde end hvis mere en halvdelen har fokus på andre øvelser. Det er derfor også i denne henseende værd, at beholde ovenstående struktur i fremtiden.

### **Forbedringer af Nano3**

Inspiration til forbedringer af Nano3 kurset kan også tage udgangspunkt i de studerendes kommentarer. Deres evalueringer viser, at den største utilfredshed var omkring vores regnetimer. Dette illustreres af et spørgsmål (ikke vist grafisk), hvor tre ud af ni er uenige i, at regnetimerne er inspirerende. Denne tendens underbygges af deres individuelle kommentarer, som tydeligt viser, at der skal arbejdes på en forbedring:

S2011-5: “Regnetimerne har været rodede. Det er tildels pga eleverne i klassen, da ganske ganske få har haft set på opgaverne hjemmefra.”

S2011-6: “Regnetimerne gik lidt langsomt. Det ville være bedre med mindre tid per opgave eller flere opgaver til samme tid.”

S2011-7: “Regnetimerne var ikke altid lige vellykkede, både fordi halvdelen af klassen ikke kunne være til stede og fordi halvdelen

---

<sup>3</sup> S. B. Metzdorff, L. R. Nielsen, and K. Grove-Rasmussen, *Fokusgruppe interview med nano-science studerende om deres forventninger og motivation til undervisning generelt og til et fremtidigt eksperimentelt fysik kursus Nano3*, forprojekt, adjunktpædagogikum (2010/2011)

af den anden halvdel valgte ikke at være der. Det sidst nævnte kan skyldes det tidlige tidspunkt, eller den manglende struktur og progression i timerne.”

Der har dog været positive kommentarer i løbet af kurset om at selve opgaverne passede rigtig godt ind i forløbet, mens enkelte dog skulle formuleres klarere.

De studerende har den samme opfattelse, som vi undervisere. Regnetimerne kunne være forløbet mere struktureret, og de led under at kun en tredjedel mødte op (en tredjedel var dog forhindret på grund af skemaoverlap). Regneøvelserne var heller ikke en direkte del af evalueringen til eksamen, så en eventuel forbedring kunne være at lave denne undervisnings- og læringsaktivitet en del af det, som testes til eksamen. For eksempel kunne der laves 2-3 vigtige opgaver, som hver udgør et eksamensspørgsmål. Hermed ville alle dele af kurset (forelæsninger, regneøvelser, eksperimenter) indgå som en naturlig del af den viden som vægtes til eksamen. Hermed ville kurset blive endnu mere konstruktivt samordnet (Biggs & Tang 2007), *i.e.*, hvor der er en god sammenhæng mellem læringsmål, lærings- og undervisningsaktiviteter og det, som evalueres ved eksamen. En andet oplagt tiltag ville være at blande forelæsning og øvelser mere sammen (på grund af skemaoverlap for en del studerende undlod vi denne mulighed i dette års kursus).

Selve kursusmaterialet har også voldt de fleste studerende problemer, men det er svært at finde bedre kursusmateriale, som lige passer til Nano3-studerendes niveau.

De studerende mener, at forelæsningerne generelt var gode, men at der nogle gange kunne mangle retning. Det er derfor vigtigt, at gøre klart, hvor forelæsningen er på vej hen. Der blev også efterlyst en afsluttende forelæsning, hvor der samles op på alle eksperimenter samt at eksperimenter og kurset kædes sammen (“en slags kursus institutionalisering”). Selvom dette blev gjort i løbet af kurset og til sidst ved blandt andet at gennemgå læringsmålene for kurset, er det en rigtig god ide at gøre endnu mere ud af til næste år.

Det var også klart, at andetårs-studerende ikke helt præcist ved, at det også kræver teknik at gå til mundtlig eksamen. Det er vigtigt at få fremlagt emnet klart og præcist, og specielt at det hjælper rigtig meget at træne fremlæggelsen inden eksamen på tavlen. Vi skal gøre endnu mere ud af at viderebringe dette, samt hvad vi forventer til eksamen.

Evalueringerne viser også, at det er vigtigt at have gode laboratorieinstruktører (øvelserne blev styret af to ph.d.-studerende) og koordinere fremlæggelse af stoffet med instruktørerne, så der bliver en god sammenhæng mellem det, som bliver sagt til forelæsninger og øvelser. Vi prøvede at indføre en pre-lab note (en side, hvor de studerende skulle skrive øvelsens formål, hvad de gerne ville måle, etc.), som ville tvinge og inspirere de studerende til at forberede sig til øvelserne. Det var lidt svingende, hvor meget de studerende gjorde ud af det, men jeg tror, det har gjort en forskel for forberedelsen.

De eksperimentelle øvelser har dette år fungeret godt med gode prøver, som klart viser de kvanteeffekter, som er under behandling. Nogle år (for eksempel 2010) har eksperimentelle problemer eller mindre gode prøver vanskeliggjort dette aspekt, hvilket højst sandsynligt også påvirker, hvor meget de studerende får ud af og synes om kurset. En vigtig del af forberedelsen af kurset er derfor, at sikre at dette aspekt virker.

## Perspektivering og konklusion

Den største målbare effekt af omlæggelse af kursusstrukturen (og forøgelse af antallet af timer) er at en større del af de studerende synes, at det er et godt (sammenhængende) og interessant kursus. Det kan også ses, at de studerende synes, at de har lært meget i kurset. Vi (underviserne) mener også, at deres læringsudbytte er blevet større med den nye struktur, og at undervisningen er mere struktureret, selvom førstnævnte ikke direkte afspejles i eksamenskaraktererne. Planlægningen af undervisningen er nemmere og eksperimentelle detaljer kan gives i plenum før hvert forsøg, da det er relevant for alle studerende. Antallet af undervisningstimer (forelæsninger og regnetimer), som er forøget med 63% i forhold til 2010, burde også bidrage væsentligt til en bedre forståelse af stoffet og dermed også til et bedre læringsudbytte og større tilfredshed med kurset.

Det kan diskuteres, om det nogle gange er bedre selv at opdage fysiske fænomener og derefter prøve at forklare dem i stedet for at få dem serveret (førstnævnte var konsekvensen af den tidligere struktur). I dette tilfælde med 3 kendte fysiske fænomener og den forholdsvis kompakte tidsplan, vil jeg vurdere, at det forbedrer læringsudbyttet at forudsige og forstå fænomenerne først for derefter at de studerende selv kan lave eksperimenterne.

Det har været en fornøjelse at forbedre dette kursus, og føle at det er tiden værd, da det blev vel modtaget fra de studerende. Derfor er det oplagt,

at holde denne struktur i de følgende år også selvom der kommer flere studerende. Eventuelle udfordringer med stort studenterantal kunne afhjælpes med at have flere forsøgsopstillinger, så flere hold kan lave samme øvelse i øvelsesugerne.

All contributions to this volume can be found at:

[http://www.ind.ku.dk/publikationer/up\\_projekter/2011-4/](http://www.ind.ku.dk/publikationer/up_projekter/2011-4/)

The bibliography can be found at:

[http://www.ind.ku.dk/publikationer/up\\_projekter/kapitler/2011\\_vol4\\_nr1-2\\_bibliography.pdf/](http://www.ind.ku.dk/publikationer/up_projekter/kapitler/2011_vol4_nr1-2_bibliography.pdf/)