

Alignment i et Nano-kursus - Teori, eksperimenter og regneøvelser

Thomas Sand Jespersen og Brian Skov Sørensen

Niels Bohr Institutet, SCIENCE, Københavns Universitet

Introduktion

Vi har i løbet af foråret 2009 undervist et andetårskursus, der omhandler fysiske aspekter indenfor den tværfaglige disciplin nanoteknologi, for nanoteknologistuderende på Københavns Universitet. Kurset består af tre forskellige TLA'er (Teaching/Learning Activities) - forelæsninger, eksperimentelle øvelser og regneøvelser. Før kursets start fandt vi at der var god alignment mellem kursets ILO'er (Intended Learning Outcome) og TLA'er i kursusbeskrivelsen, men i praksis opdagede vi gennem de studerendes holdninger og adfærd at flere ændringer var nødvendige for at øge de studerendes engagement og derved læring. I løbet af kurset så vi det kun muligt at foretage små ændringer, så i dette projekt har vi arbejdet med flere forskellige konkrete tiltag med henblik på forbedringer til næste kursusforløb.

I løbet af kurset opdagede vi at de studerende kom uforberedte til både forelæsninger, regneøvelser og laboratorieøvelser, hvilket er en stor hindring for de studerendes læring, primært i de to sidst nævnte aktiviteter. Vi opdagede også at de studerende ikke beherskede, endsige kunne huske, grundlæggende stof fra deres tidligere kurser, hvilket gjorde en overlevering (devolution) af en opgave meget svær. De havde store vanskeligheder med at arbejde selvstændigt med en opgave. Efter endt undervisning konstaterede vi i øvrigt, at der desværre var en manglende alignment mellem kursets indhold og eksamensformen.

Vi har angrebet disse emner med to tiltag for ændringer inden for kursets nuværende rammer. Den ene er indførelsen af en kursusforberedende aktivitet i form af et opgavesæt, der har til formål at bryde den didaktiske

kontrakt og forberede den studerende på de adidaktiske situationer der vil komme i kurset. Vores intention er her at skabe alignment mellem de studerendes og underviserens gensidige forventninger ved at synliggøre dem.

Den anden er en revidering af strukturen for øvelsesrapport-aktiviteterne. Her diskuterer vi betydningen af bl.a. formativ- og peer-feedback for de studerendes engagement og læring. Vi præsenterer en konkret plan, der har til formål at maksimere de studerendes udbytte af øvelsesrapport-aktiviteterne og skabe en øget alignment mellem kursets indhold og eksamensformen.

Kursusbeskrivelse

Kurset “Nanoteknologi 3” følges af studerende på deres andet år i blok 3 (feb-april) og har en belastning på $7\frac{1}{2}$ ECTS. Der er grundlæggende tale om et fysikkursus, som er centreret omkring tre eksperimentelle øvelser, hvor de studerende får lejlighed til selv at måle tre berømte kvantefænomener i faststoffysik: Kvant-Hall effekt (øvelse A+B), Coulomb Blockade (øvelse C) og Kvantiseret ledningsevne (øvelse D). Øvelserne foregår i hold af 2-4 studerende, samt én instruktør pr. gruppe, og er af en varighed på 4-5 timer hver. Efter hver øvelse skal hver gruppe udarbejde en rapport af et omfang på ca. 10 sider, som indeholder en beskrivelse af eksperimentet og den relevante teori, samt tolkning af data. De studerende har én mulighed for at få kommenteret hver rapport af læreren inden den endelige aflevering.

De eksperimentelle øvelser, der udnytter forsknings-klasseudstyr og -prøver, er ambitiøse og af relativ høj teknisk sværhedsgrad. Kurset er derfor en fantastisk mulighed for de studerende for at få hands-on erfaring med eksperimenter, som ellers kun er tilgængelige for de studenter, som vælger en uddannelsesprofil centreret om fysik. Den høje tekniske karakter af øvelserne kan dog have den utilsigtede konsekvens, at teknikken overskygger det egentlige faglige indhold. Det er i denne sammenhæng relevant at nævne, at kurset også er nanoteknologiuddannelsens suverænt dyreste, både hvad angår materialer, udstyr og lærerkræfter.

Sideløbende med det eksperimentelle forløb er der hver uge to forelæsninger og to regneøvelsestimer, hvori det teoretiske grundlag for at forstå øvelserne bliver gennemgået. Kurset lægger ikke op til en detaljeret teoretisk forståelse af fænomenerne, men snarere en grundlæggende kvalitativ forståelse for fysikken bag eksperimenterne og de involverede begreber og størrelsesordner. Dette vil blive diskuteret i større detalje senere.

Kurset afsluttes med en individuel mundtlig eksamen med intern censur, hvori rapporttitlerne udgør eksamensspørgsmålene. De studerende er bekendt med at de afleverede rapporter indgår i den samlede bedømmelse.

Nanoteknologistuderende har forskellig gymnasial baggrund og har allerede på dette tidspunkt i deres studier ikke haft de samme kurser på universitetet. Yderligere har de meget forskellige motivationer for at vælge Nanoteknologi-linien. Nanoteknologistuderende lærer udvalgte dele fra de traditionelle fag fysik, biologi og kemi og det samlede element er beskrivelse af verden på nano-skala (dvs. én milliardnedel af en meter). Beskrivelse er et nøgleord for uddannelsen, der sigter på en bred teknisk og videnskabelig forståelse af kerneelementer indenfor de traditionelle fag, der er relevante for beskrivelsen af nano-skala systemer. I uddannelsen skal den studerende foretage en selvvalgt profilering med henblik på en dybere specialisering, typisk inden for et eller to af de traditionelle fagområder.

Den største didaktiske udfordring for lærere på Nanoteknologikurset, som er et "soft-core"-fysikkursus, er at skabe et læringsmiljø og en målbeskrivelse, der tager højde for Nanoteknologi-liniens overordnede mål, og at de studerendes motivation er meget afhængig af om fysik er en del af grunden til deres studievalg eller ej.

Med henblik på at sætte kursets læringsmål i en teoretisk ramme for derved at kunne konkretisere ændringer i undervisningen med henblik på alignment, er kursets formål, indhold og målbeskrivelse gengivet nedenfor. Enkelte adfærdsverber er understreget og vil efterfølgende blive diskuteret i lyset af Bloom- og SOLO-taksonomierne (Biggs and Tang; 2007).

Sis info

Kursusnavn: Nanoteknologi 3: Kvantefænomener i Nanosystemer

Formål: Målet med kurset er at give de studerende **forståelse** for kvantefænomener i nanosystemer. Kurset integrerer teori og eksperiment og er rettet specifikt mod studerende i Nanoteknologi (bachelor). Efter kurset er det målet at de studerende har **kendskab** til fremstilling af nanokomponenter og typiske elektriske måleteknikker, samt kan **gøre rede for** den grundlæggende teori for nanokomponenternes kvantemekaniske egenskaber og de observerede fænomener.

Indhold: Med udgangspunkt i kurset Kvantefysik gives den nødvendige teoretiske baggrund i faststoffysik. Der lægges særlig vægt på den frie elektron model og betydningen af et periodisk potential. Den frie elektron model anvendt på mesoskopiske systemer gennemgås og specielt udledes Landauer-Buttiker formalismen, der er central for forståelsen af kvantefænomener i nanosystemer. Nogle vigtige emner er desuden kvantiseret ledningsevne, Hall effekt, Coulomb blokade og kvanteprikker (quantum dots), samt nanorør. Regneøvelser illustrerer teorien.

Eksperimentel del: Der gennemføres 4 øvelser á hver en halv dag. De 4 øvelser omhandler: A) Fremstilling af tyndfilmskredsløb: Brugen af rent rum til fremstilling af mikrokredsløb ved fotolitografi og termisk fordampning af tynde film (Der sæses en Hall bar ud i en GaAs "high electron mobility transistor" (HEMT). Prøven kontaktes, færdiggøres så vidt muligt og monteres på en chipcarrier). B) Den fremstillede prøve danner udgangspunkt for målinger ved flydende helium temperatur (4,2 K), hvor ladningsbærerconcentrationen bestemmes ved to forskellige metoder. C) En udleveret prøve indeholdende en 1-dimensional leder undersøges for kvantiseret ledningsevne. D) Elektrisk ledning gennem en kvanteø måles. Øen vil være fremstillet af et kulstofnanorør eller halvleder nanotråd. Endelig vil der være fremvisning af epitaksielt udstyr til fremstilling af halvleder heterostrukturer (MBE) og kulstof nanorør (CVD) samt enkelte gæsteforelæsninger om aktuelle emner indenfor feltet. Øvelserne dokumenteres med rapporter, som danner udgangspunkt for den mundtlige eksamination.

Målbeskrivelse:

- **demonstrere** teoretisk **forståelse** af udvalgte kvantefænomener indenfor elektron transport i nanosystemer
- **udføre simple, illustrative** beregninger til **kvantitativ beskrivelse** af disse fænomener
- **beskrive** fremstilling af udvalgte elektriske nanokomponenter
- **beskrive og begrunde** udførelsen af de udførte eksperimenter
- **anvende** teorien på eksperimentelle data, herunder tolkning af de i øvelserne opnåede resultater
- **reproducere (kvalitativt)** grafer som gengiver typiske eksperimentelle data, samt **beskrive** tendenser og karakteristika i graferne
- **relatere og/eller differentiere** mellem de i kurset og øvelserne behandlede kvantefænomener
- **formulere** en korrekt og forståelig rapport for hvert af de udførte eksperimenter, herunder **udvælge og præsentere** den mest relevante information indenfor rammerne af rapportens omfang

Karakteren 12 gives for præstationen, hvor studenten selvstændigt og med klart overblik dokumenterer sin viden og kunnen på alle felter nævnt under Læringsmål. Karakteren 2 gives for den usikre præstation, hvor studenten kun lige klarer et minimum af nævnt under Læringsmål. Rapporterne og den mundtlige prøve bedømmes til en samlet karakter.

Faglige forudsætninger: Matematik Intro, Matematik N, Nanoteknologi 1, Nanoteknologi 2, Fysik 4, Fysik 5.

Eksamensform: En mundtlig prøve. De 4 laboratorieøvelser danner udgangspunkt for øvelsesrapporter, der fremlægges til den mundtlige eksamen. Der kan ved den mundtlige prøve også eksamineres i de opgaver, der har været givet ved regneøvelserne. Bedømmelse samlet efter 7-trins skalaen; intern censur.

Undervisningsprog: Kun dansk

Figur 9.1. Kursusbeskrivelse

Læringsmålene tager bl.a. udgangspunkt i, hvor i uddannelsesforløbet kurset ligger, om det er et støtte-fag til andre fag og faget i sig selv, samtidig med at de gør det klart, hvilken undervisningsform der sikrer at de studerende får det bedst mulige læringsmiljø til at opnå læringsmålene. I dette

kursus har man valgt at det skal indeholde både forelæsninger, regneøvelser og laboratorieøvelser.

Som ansvarlige for kurset fandt vi at de studerende ofte havde svært ved at forholde sig til det faglige stof på tværs af timerne, måske fordi lærer- og studenteraktiviteterne er meget forskellige i de tre undervisningsformer. Formålet med at have disse tre undervisningsformer er at give den studerende mulighed for at arbejde med det samme stof ud fra forskellige arbejdsmetoder, akkurat som en fysiker gør i sit laboratorium, og det er vores intention i denne rapport at foreslå og begrunde ændringer i undervisningen, der vil medføre at dette mål opfyldes.

Som redskab til at konkretisere ændringerne ser vi på verberne benyttet i læringsmålene, og relaterer dem til både Blooms reviderede taksonomi og SOLO-taksonomien (Struktur af Observeret Lærings Udbytte).

Blooms taksonomier, som er udviklet i starten af halvtredserne med henblik på at klassificere læringsmål for de studerende, har tre grene, der tilsammen har til hensigt at dække alle aspekter af den menneskelige læring; kognitivt, emotionelt og psykomotorisk. Her vil vi udelukkende se på den kognitive taksonomi, for at beskrive på hvilke af de 6 niveauer i taksonomien, det forventes at de studerendes forståelse for de enkelte læringsmål skal ligge.

Adfærdsverberne i læringsmålene (understreget), ligger overvejende på de to “nederste” af de 6 niveauer, og viser at det kun ønskes at de studerende opnår viden og forståelse for de enkelte emner. De punkter i læringsmålene der har højere taksonomi ligger udenfor det egentlige fagstof, i kravene til arbejdet med rapporterne til de eksperimentelle øvelser. Her forventes det at de kan anvende teori på data og formulere, udvælge og præsentere den mest relevante information, altså foretage analyse, evaluering og kunne skabe (“Creating” i Bloom’s reviderede taksonomi (Biggs and Tang; 2007)).

SOLO-taksonomien er baseret på studier af de studerendes læring og er karakteriseret ved en tidslinie, hvor den studerende går fra ingen forståelse til kvalitativ læring gennem kvantitativ læring. Inden for denne ramme er læringsmålene for “Nanoteknologi 3”-kurset formuleret sådan, at kravene/forventningerne til de studerende er at beherske fagstoffet på det kvantitative niveau, men at arbejde med rapporterne på det kvalitative niveau.

Det er vores opfattelse at læringsmålene, som de er formuleret nu, er realistiske set i relation til kursets placering i studiet, studiets overordnede mål og faglige indhold. Kurset har til formål at bygge videre på fysisk kernestof, som de studerende har haft i tidligere kurser, og perspektivere det i nano-relaterede systemer. Kurset skal derfor efter vores mening have

vægt i den kvantitative læringsfase, med det henblik at de studerende kan tage overbyggende kurser, der lægger vægt på læring i den kvalitative fase, i den profilering de selv skal foretage senere i studiet. Det er også hensigtsmæssigt og velvalgt at målbeskrivelsen går højere i taksonomierne, når det drejer sig om arbejdet med rapporterne. Det har en stor værdi at nanoteknologer, som for alle andre faggrupper, kan formidle deres arbejde og viden. Så set i relation til både tidspunktet i studiet, hvor de studerende har dette kursus og kursets andre taksonomiske krav, vil vi bevare disse læringsmål.

Et resultat af vores pre-projekt, der omhandlede læring gennem eksperimentelle øvelser, var at de studerende gav udtryk for at den væsentligste del af deres læring foregik under arbejdet med rapporterne (Hauptmann et al.; 2009). Ud fra dette resultat og ovenstående betragtninger vil vi foreslå ændringer i kursets TLA'er (Teaching/Learning Activities) og vi har valgt at se på før-kursus alignment gennem forberedelsesaktiviteter og deres betydning, set i lyset af den didaktiske kontrakt og det didaktiske spil. Yderligere vil vi se på hvilken rolle rapporterne kunne have ved at indgå som TLA'er.

Kursusforberedende aktiviteter - en forberedelse til den didaktiske situation

Passive studerende kan skyldes mange faktorer, men to hyppige observationer, som vi har gjort gennem vores undervisning af "Nanoteknologi 3"-kurset, er at de studerende ikke ved hvor de skal starte med en given opgave, og ikke ved hvor de skal hen med opgaven i betydningen: "*Hvad er det læreren vil have at jeg gør eller svarer*".

I litteraturen indgår begge situationer i begreberne "Den didaktiske kontrakt" og "Det didaktiske spil" indført i matematikkens didaktik af Guy Brousseau omkring 1980 (Brousseau; 1997). Vi vil her kort redegøre for de to begreber, for efterfølgende at præsentere et opgavesæt, der har til formål at lette de nævnte situationer.

I alle undervisningssituationer er der mellem de deltagende parter, læreren og eleven, en forudindtaget, og ofte implicit, aftale om blandt andet rollefordelingen og gensidige forventninger i situationen. Brousseau har indført begrebet "Den didaktiske kontrakt", der dækker dette elev-lærer forhold i undervisningssituationen:

"In a teaching situation, prepared and delivered by a teacher, the student generally has the task of solving the (mathematical) problem she is given, but access to this task is made through interpretation of the questions

asked, the information provided and the constraints that have been imposed, which are all constants in the teacher's method of instruction. These (specific) habits of the teacher are expected by the students and the behaviour of the student is expected by the teacher; this is the didactical contract" (Brousseau; 1997, p. 225).

I den didaktiske kontrakt ligger der for elevens læring det u hensigtsmæssige element at elevens fokus ikke er på de faglige problemstillinger, men i højere grad på lærerens formodede forventninger til eleven. Eleven konfronteres ikke med - og bliver derfor ikke engageret i - fagstoffet, med det resultat at eleven søger at gætte hvad det er læreren gerne vil have.

For at optimere elevens læring skal denne kontrakt brydes, hvortil Brousseau inden for matematikkens didaktik har udviklet "Teorien om Didaktiske Situationer" (Brousseau; 1997). Selvom teorien er udviklet indenfor matematik har den vist sig anvendelig indenfor mange andre fag, som blandt andet beskrevet i Christiansen and Olsen (2006) og indeholder det for elevens læring vigtige element: Selvstændigt arbejde.

I teorien om didaktiske situationer er den didaktiske situation, den situation hvor der er en intention om at studenten/eleven opnår en tilsigtet viden, i modsætning til den non-didaktiske situation hvor læring sker "spontant", f.eks. som sidegevinst ved en leg. For at eleven kan opnå den tilsigtede viden i en didaktisk situation kan læreren designe et miljø i undervisningssituationen, der understøtter dette formål. Elevens læring opstår/sker da i samspillet mellem elev og dette didaktiske miljø, der betegnes som det didaktiske spil.

Det didaktiske spil, der reelt består af fem faser, som er velbeskrevet på dansk flere steder (Winsløw; 2006; Christiansen and Olsen; 2006), er centreret om såkaldte adidaktiske situationer, hvor eleven arbejder selvstændigt med en konkret opgave der indledningsvis er overleveret fra læreren. Det omtales som at læreren indledningsvis overleverer det didaktiske miljø til eleven, hvorefter eleven har ejerskab af opgaven i de adidaktiske situationer, hvor lærerens indblanding er minimal.

I det didaktiske spil er eleven ikke passiv, som det så ofte er tilfældet ved en forelæsning, men selv en vigtig del af spillet. For effektivt at kunne overdrages ejerskabet af opgaven er det essentielt, at eleven føler miljøet personligt relevant (Brousseau; 1997). Elevens personlige forudsætninger/forkundskaber er derfor en vigtig faktor for at kunne deltage i spillet.

Vores idé med at skabe alignment mellem de studerendes forkundskaber og kursets intentioner gennem forberedende opgaver, er et konkret forsøg

på at skabe faggrundlaget for at de studerende kan komme til at føle personlig relevans for de didaktiske spil, der vil komme i løbet af kurset. Samtidig italesætter vi elementer af den didaktiske kontrakt ved den forventningsafstemning der sker, når vi som undervisere, igennem de forberedende opgaver, konkretiserer hvilke forkundskaber der forventes af eleverne.

De kursusforberedende opgaver, som vi forestiller os dem til “Nanoteknologi 3”-kurset, er et samlet opgavesæt, bestående af opgaver der alle kan besvares inden for pensum af de studerendes tidligere kurser, og som skal mestres for at kunne arbejde effektivt med problemstillingerne i “Nanoteknologi 3”-kurset.

Opgavesættet er tænkt som forberedelse til første lektion, hvori tiden vil blive brugt til elevgennemgang på tavlen og klassediskussion over opgaverne.

Kursusforberedende opgaver

Opgavesættet består af i alt 5 opgaver, der hver har sin overskrift som henviser til det fagområde opgaven hører til. De første tre opgaver bliver formuleret som lukkede spørgsmål med tilhørende lukkede svar, som f.eks. opgaven at opskrive den tidsuafhængige Schrödinger-ligning i spørgsmål 1. Dette er tilsigtet, da opgaverne har til formål at konkretisere emneområder, som er beskrevet i kursusbeskrivelsen, men som for den studerende kan virke abstrakte, hvis det pågældende kursus ligger langt væk i hukommelsen. Samtidig ønsker vi ikke at de studerende skal løse opgaver inden for disse fagområder på dette tidspunkt, da der i løbet af kurset kommer opgaver der har til hensigt at føre de studerende i en bestemt retning.

Opgave 1: (kvantemekanik)

- a) Opskriv den tidsuafhængige Schrödinger ligning.
- b) Forklar alle fysiske størrelser der indgår i udtrykket og angiv deres enheder.
- c) Forklar med egne ord hvad randbetingelser er.

Figur 9.2. Opgave 1

I de to første opgaver bliver den studerende bedt om at forklare de fysiske størrelser der indgår i et bestemt udtryk, og angive disse størrelsers

enheder. Vi oplever som undervisere at det måske er en let opgave for en studerende at skrive en fysisk lovmæssighed op, mens det at forholde sig til indholdet og de enheder og størrelsesordner der indgår, er langt vanskeligere. Med disse opgaver bliver den studerendes hukommelse opfrisket og vi som undervisere kan fra starten af kurset planlægge vores undervisning med udgangspunkt i den basisviden, vi kan forvente de har efter at have løst opgaverne.

Opgave 2: (Elektromagnetisme)

- a) Opskriv Poissons ligning.
- b) Forklar alle fysiske størrelser der indgår i udtrykket og angiv deres enheder.

Opgave 3: (Matematik)

- a) Opskriv Taylor rækken for: —
- b) Opskriv Eulers formler.

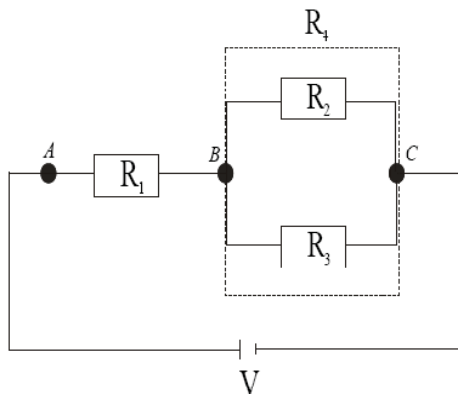
Figur 9.3. Opgave 2 og 3

Man kunne argumentere for at det ikke burde være nødvendigt at lave sådan et opgavesæt, for som underviser at kunne forvente at de studerende kan deres forudgående pensum. Her mener vi at den didaktiske kontrakt spiller en væsentlig rolle, idet denne kontrakt både afhænger af underviserens - og den studerendes erfaring, og derfor ikke nødvendigvis er den samme for alle studerende i et givet kursus. Gennem de kursusforberedende opgaver bliver kontrakten expliciteret; underviseren har opgavesættets indhold som mindstekrav til den studerendes viden. Dette mener vi vil være af stor betydning i overgangen fra den didaktiske til den adidaktiske fase i det didaktiske spil.

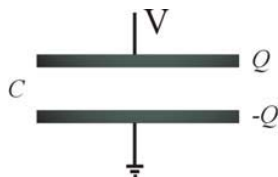
Opgave 4, som er om elektriske kredsløb, består også af lukkede spørgsmål, men med en øget grad af åbne svar. For en nanoteknologistuderende bør denne opgave være relativ let, da den basalt set kun indeholder gymnasiestof. Det har til formål at genopfriske den studerendes hukommelse, samtidig med at det gør den studerende opmærksom på at selv trivial-stof har anvendelse i bl.a. de eksperimentielle øvelser, de senere skal lave. Dette bliver tydeliggjort i den sidste delopgave, hvor de skal relatere til at velkendt stof kan præsenteres på en ny måde.

Opgave 4: (Elektriske kredsløb)

- Opskriv Ohms lov for strømmen I , gennem en modstand R , hvorover et spændingsfald V , er lagt.
- Opskriv Kirchhoffs første lov.
- Hvad er strømmen I_A i punktet A angivet ved R_1 , R_4 og V ?
- Hvad er spændingsfaldet V_{BC} over BC angivet ved R_1 , R_2 , R_3 og I_A ?
- Hvad er strømmen gennem modstanden R_3 ?



Figur : Elektrisk kredsløb med modstandene R_1 , R_2 , R_3 . V er den påtrykte spænding. Den samlede modstand mellem punkterne B og C kan angives som R_4 .

Figur 9.4. Opgave 4**Opgave 5: (Kondensator/Capacitor)**

Figur : Capacitor med capacitans C , påtrykt spændingen V . Q er den samlede ladning.

- Angiv ladningen Q udtrykt ved V og C .
- Hvis capacitor pladerne er separeret afstanden a og hver har arealet A , angiv da C .
- Angiv/udled et udtryk for den energi U_q der skal til for at flytte en ladning q fra den ene til den anden plade.
- Angiv/udled den samlede energi U_Q lagret i capacitoren.
- Med hvilken kraft bliver en elektron e , påvirket hvis den befinder sig i mellem pladerne?

Figur 9.5. Opgave 5

Opgave 5 har den største grad af åbne svar, idet den studerende kan besvare spørgsmålene enten ved at skrive det “rigtige” udtryk af fra en lærebog, eller ved at opskrive/beskrive systemets grundlæggende fysik. På den måde lægger denne opgave op til diskussion og repetition af både fysiske og matematiske overvejelser i gennemgangen i timerne. Samtidig er det et forsøg på at bryde det element i den didaktiske kontrakt, hvor den studerende forsøger at gætte hvad det er underviseren gerne vil have at den studerende svarer. Dette afhænger dog i høj grad af hvordan underviseren i sidste ende forholder sig til diskussionen i timen, det vil sige hvordan institutionaliseringen af denne opgave bliver håndteret i den sidste didaktiske fase i det didaktiske spil.

En ny struktur for øvelsesrapport-aktiviteterne

Som det fremgår af gennemgangen af kursets læringsmål, og de verber som er benyttet for at beskrive disse, er det målet med rapportarbejdet at de studerende opnår forståelse på de højere taksonomiske niveauer. De vigtigste elementer i forhold til at opnå god læring er (Biggs and Tang; 2007):

- Formativ feedback, dvs. undervisningsaktiviteter, hvor de studerende opnår en forståelse af deres egen præstation i forhold til læringsmålene. Det er dog af afgørende betydning at denne feedback ikke har betydning i forhold til den endelige bedømmelse af den studerendes præstation i kurset (eksamenskarakteren), og heller ikke opfattes på denne måde af de studerende. Den endelige evaluering, hvor der gives en karakter, benævnes summativ feedback og har i sig selv kun ringe betydning for den studerendes læring.
- Interaktiv undervisning. Figur 9.6, som er reproduceret fra Biggs and Tang (2007, table 6.1), giver et godt overblik over hvilke undervisningsaktiviteter, som har størst sandsynlighed for at lede til god læring for de fleste studerende. Heraf fremgår det klart at de mest effektive aktiviteter er dem, som aktiverer flest mulige sanser og i størst muligt omfang kræver refleksion og stillingtagen. Item Peer-undervisning/peer-evaluering topper listen i Figur 9.6 - den studerende lærer mest effektivt af at forklare stoffet til andre (et element som de fleste undervisere nok selv kender til). Dette kan også ses i relation til effektiviteten af feedback, idet den studerende, som skal forklare stoffet til andre, i høj grad bliver nødt til at give sig selv feedback og aktivt reflektere over hvorvidt eller i hvilken grad stoffets pointer er forstået. Uden en sådan selv-feedback meka-

nisme vil videregivelsen af materialet ikke blive overbevisende. Et andet element som lægger sig op af peer-undervisning er peer-evaluering, hvor den studerendes arbejde evalueres af andre studerende - dette er af læringsmæssig betydning både for den evaluerede og den evaluerende, og giver øget læring både i form af bedre tilegnelse af kursets primære stof, og gør også her den studerende i bedre stand til at reflektere over egen læring (Prins et al.; 2005). Her er der ikke risiko for at feedback af den evaluerede bliver forvekslet med summativ feedback. Omvendt er der fra den evaluerende studerende et læringsmæssigt udbytte, idet stillingtagen til andre studerendes præstation/produkt naturligt vil lede til refleksion over egen præstation.

10%	of what they read
20%	of what they hear
30%	of what they see
50%	of what they see and hear
70%	of what they talk over with others
80%	of what they use and do in real life
95%	of what they teach someone else

Source: Attributed to William Glasser; quoted by *Association for Supervision & Curriculum Development Guide 1988*

Figur 9.6. Most people learn..

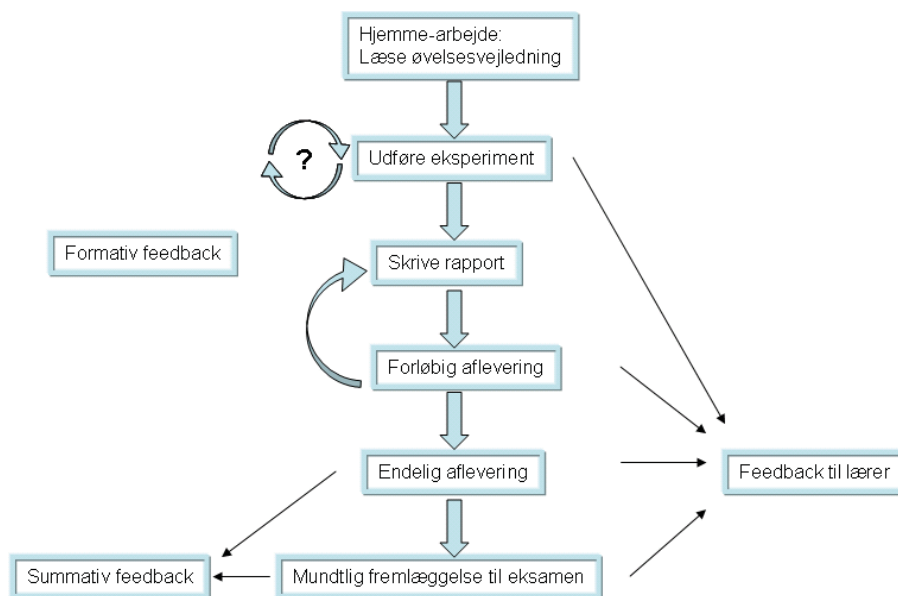
I forhold til undervisningen i “Nanoteknologi 3” mener vi, ud fra disse overvejelser, at arbejdet med eksperimenterne og efterfølgende rapportudarbejdelse kan udnyttes bedre.

I kursets nuværende form er dette arbejde tilrettelagt således:

1. De studerende læser udleveret øvelsesvejledning hjemme. Som diskuteret i forrige afsnit af denne rapport er det dog langt fra altid at dette faktisk er sket.
2. Øvelsen udføres med supervision af en underviser/instruktor (ca 4-5 timer).
3. Der udarbejdes en rapport, som gennemgår relevant teori og analyse af de opnåede resultater.
4. Der afleveres en foreløbig rapport, som kommenteres af underviser/instruktor.

5. Endelig aflevering som rettes og bedømmes med karakter ud fra en række uklart definerede bedømmelsespunkter.

Forløbet er illustreret i Figur 9.7, hvorpå der også er angivet hvor i forløbet der gives hhv. formativ feedback og feedback til underviseren. Der er altså tale om et forløb som i høj grad udnytter de nederste aktiviteter i Figur 9.6, idet der arbejdes med stoffet både med hænderne (punkt 2 ovenfor) og med en formidling af stoffet i form af en rapport. Set i lyset af ovenstående overvejelser for god læring, kan der dog knyttes en vis kritik til forløbet:



Figur 9.7. Øvelsesrapport-forløb

Forberedelsen til øvelserne

Afgørende for successen af forløbet er det, at den studerende har forberedt sig til øvelserne før fremmøde, et forhold som ikke sjældent mislykkedes. Hvis den studerende ikke er forberedt viser erfaringen, at eksperimenterne bliver en slavisk gennemgang af vejledningens punkter. Ydermere kan enetiden med instruktoren/underviseren, som er knyttet til eksperimentet, ikke udnyttes effektivt af den studerende og omvendt får underviseren ikke

indsigt i hvor eventuelle forståelsesmæssige problemer kunne findes. Denne problemstilling har vi behandlet i første del af dette projekt, bl.a. med inspiration fra E. Mazur (Biggs and Tang; 2007): Før øvelsen kan startes skal der svares på en række spørgsmål, som knytter sig til øvelsesvejledningen og den forestående øvelse. Ét af spørgsmålene bør være: "*Giv et ændringsforslag til øvelsesvejledningen*" - det er nyttigt for både underviser og studerende at udpege de største uklarheder/vanskeligheder. Dette spørgsmål kan så med fordel stilles igen efter rapportskrivningen, for at opnå en refleksion over forløbet af den studerende.

Peer-evaluering af rapporter

Rapportudarbejdelsen er af afgørende betydning for læringen, idet stoffet her præsenteres med den studerendes egne ord. Dette forhold blev også flere gange fremhævet af de studerende selv i vores interview (Hauptmann et al.; 2009): "*... Det er først der når jeg føler at jeg har styr på det når jeg har fået skrevet rapporten for der bliver du igen tvunget til at sætte dig ind i tingene...*" og "*.. Man får sat nogle ord på det i stedet for at det bliver en fornemmelse!*" og "*Men altså de der rapporter, jeg tror også at grunden til at de gør så meget for forståelsen, det er ligesom det vi skal til eksamen i, så det gør at den der løbende evaluering, det gør jo at man sætter sig ind i alt teori.. Det synes jeg egentlig er ret OK*".

Rapporterne udgør altså en central del af kurset og danner også grundlag for eksamen i både direkte forstand, idet rapportbedømmelserne indgår i den endelige eksamen (se nedenfor), og indirekte, idet den mundtlige eksamination tager udgangspunkt i en mundtlig fremlæggelse af en rapport. Ses effekten af formativ feedback og peer-evaluering i forhold til det store selvstændige arbejde, som de studerende lægger i rapporternes udarbejdelse, er det nærliggende at optimere forløbet i forhold til den feedback de studerende får. I dets nuværende form kan de studerende opnå feedback ved selv at henvende sig til en instruktør, eller i forbindelse med første midlertidige aflevering (punkt 4 ovenfor), hvor der gives kommentarer fra instruktør. En naturlig måde at optimere forløbet på er at yderligere lade de studerende bedømme hinandens rapporter. Vi foreslår at hver gruppe bedømmer rapporter fra to andre grupper. For at sikre en ensartethed og kvalitet i denne feedback udstikkes retningslinier for retningen; Gruppe A skal rette Gruppe B's rapport:

1. Gruppe B afleverer 5 udprintede eksemplarer til Gruppe A ved forelæsningsdatoen angivet i skemaet.
2. Hvert medlem i Gruppe A benytter 1 time på at læse og kommentere hver deres eksemplar, idet retningslinierne for rapportbedømmelsen tages i betragtning (se nedenfor). Hvert medlem skriver mindst én generel og én specifik kommentar til rapporten, som emailes til kontaktpersonen for gruppe B, samt instruktør. Sidstnævnte skal sikre at gruppe B rent faktisk modtager feedback.

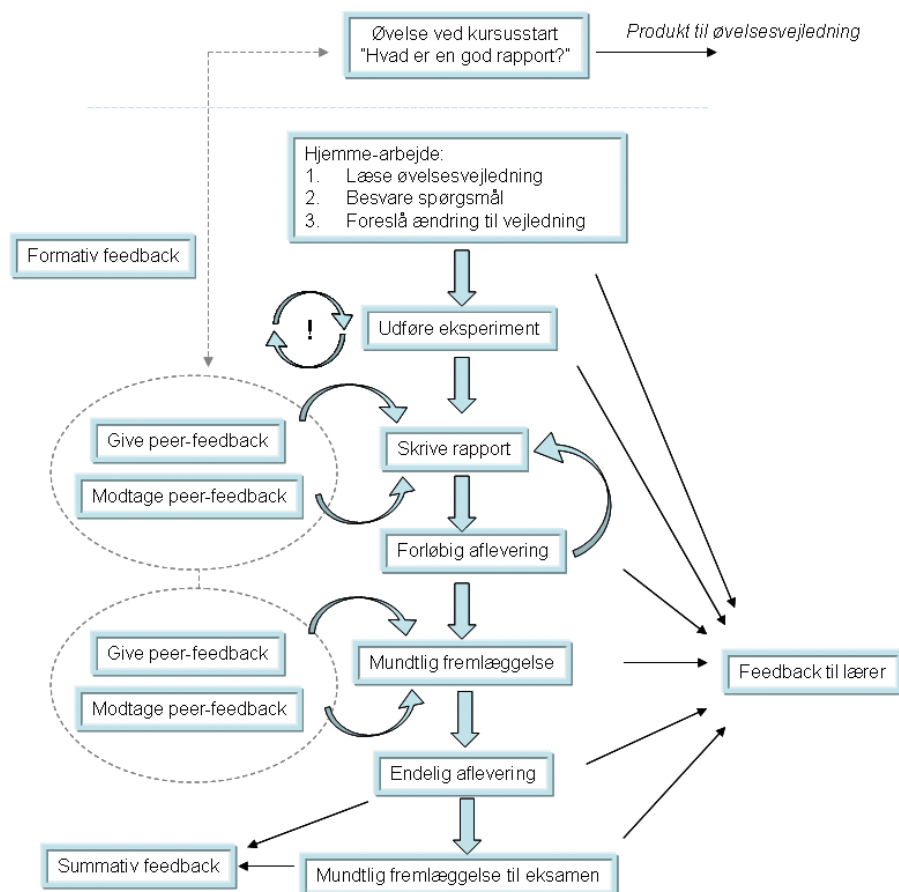
Det er i denne forbindelse værd at notere, at det er blevet påpeget at peer-evaluering kun sjældent er forbundet med snyd (Black and Wiliam; 2001): *“pupils are generally honest and reliable in assessing both themselves and one another, and can be too hard on themselves as often as they are too kind”*. Dette forhold, sammen med forslaget om at instruktøren også skal modtage evalueringen og endeligt at det er instruktør/underviser, som står for den endelige evaluering, sikrer at snyd og ukonstruktive/sjuskede evalueringer ikke udgør en risiko for forløbet.

Et andet vigtigt forhold som påpeges i Black and Wiliam (2001) er, at problemet med peer-evaluering, snarere end snyd, ofte er at de studerende har et ringe billede af hvilke mål der skal evalueres op imod: *“(the main problem) is that pupils can only assess themselves when they have a sufficiently clear picture of the targets that their learning is meant to attain. Surprisingly, and sadly, many pupils do not have such a picture... ”*. Dette er naturligvis et alvorligt problem, både i forhold til evaluering af andre gruppers rapporter, men i særdeleshed i forhold til den studerendes egen præstation i kurset. For at forsøge at afhjælpe dette problem bør der ved kursets start - i forbindelse med præsentation af kursets form - laves en øvelse, hvor de studerende selv reflekterer over *“hvad er en god rapport”* osv. Øvelsen bør ende med en forståelse og enighed omkring hvilke elementer rapporterne bør indeholde. Disse skrives ned på ét ark, som vedhæftes alle øvelsesvejledninger. En sådan proces vil også i højere grad stimulere et “Theory Y”-klima, hvor de studerende selv tager ansvar for deres egen læring - med bedre læring til følge (Biggs and Tang; 2007).

Mundtlig præsentation af rapporter

En yderligere måde at forbedre rapportforløbet på, er at lade grupperne præsentere rapporterne mundtligt for hinanden. Dette vil dels træne de studerende i forhold til eksamen, hvor det er en mundtlig præstation der

bedømmes, og dels have et direkte læringsudbytte, idet stoffet skal forklares for andre studerende. Igen vil det være nærliggende at lade de øvrige grupper være opponenter og stå for feedback. Idet det nok bliver ensformigt at høre de samme rapporter fremlagt hver gang (der er kun 3 øvelser), kunne man senere i forløbet lade forskningsartikler indgå i stedet. Med disse ændringer kommer øvelsesrapport-forløbet til at se ud som på figur 9.8.



Figur 9.8. Ændret øvelsesrapport-forløb

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/