

# Undervisning i »Ingeniørarbejde«

Jane H. Nielsen, lektor, Institut for Fysik, Danmarks Tekniske Universitet

Tejs Vegge, seniorforsker, Afdelingen for Materialeforskning, Risø, Danmarks Tekniske Universitet

Pernille Hammar Andersson, pædagogisk konsulent, LearningLab, Danmarks Tekniske Universitet



Jane H. Nielsen er lektor og studieleder ved Institut for Fysik og gruppeleder i Mikroskopienheden i Dansk Grundforskningscenter CINP – Center for Individuel Nanopartikel Funktionalitet. Her forsker Jane H. Nielsen i sammenhængen mellem materialers egenskaber og deres struktur på nanometer skala.

Jane H. Nielsen underviser både på bachelor-, master-, og ph.d.-kurser og er studieleder for Fysik og Nanoteknologi bacheloruddannelsen.



Pernille Hammar Andersson er cand.mag. i psykologi og pædagogik og arbejder som pædagogisk konsulent ved LearningLab DTU. Hendes arbejdsopgaver er primært at koordinere den universitetspædagogiske uddannelse for nye i VIP-stillinger og arbejde med udvikling og kvalitetssikring af undervisningen på DTU. Hun

holder også kortere kurser i universitetspædagogik for underviserne på DTU.



Tejs Vegge er seniorforsker ved Afdelingen for Materialeforskning på Nationallaboratoriet for Bæredygtig Energi, Risø DTU. Tejs Vegge er leder af Energy Storage and Conversion gruppen, der fokuserer på at karakterisere og designe nye materialer og katalysatorer til brint- og ammoniaklagring ved brug af tæthedsfunktionalteori,

beregninger og avancerede neutron- og røntgenspredningsteknikker. Tejs Vegge underviser både på indledende og videregående kurser på DTU.

*Denne artikel beskriver et første års kursus, som både i form og indhold er utraditionelt i forhold til, hvordan mange ingeniøruddannelser traditionelt starter. Kurset indgår i Fysik- og Nanoteknologibacheloruddannelsen på DTU.*

*Kursuskonceptet udspringer af et ønske om tidligt at give de nye studerende udfordringer inden for uddannelsens fagområder i stedet for udelukkende at etablere grundkundskaber på det første år. Det faglige niveau af de emner, der indgår i kurset, ligger over det traditionelle første års niveau. Kurset giver de studerende et fagligt overblik over uddannelsen og motiverer dem til at engagere sig yderligere i studiet. De pædagogiske metoder, der arbejdes med i kurset, bygger på nogle af de vigtige principper for læring inden for højere uddannelse.*

## Introduktion til Fysik og Nanoteknologi

Studenterkommentarer som »lækkert kursus« er smigrende i en kursusevaluering. Når det yderligere er suppleret af kommentarer som »Det ultimativt mest tidskrævende fag på hele 1. år, men også det mest interessante og lærerige fag« og »Generelt meget engagerede undervisere og et kursus hvor vi blev taget meget seriøst«<sup>1</sup> kunne man fristes til at tro, at man har ramt et kursuskoncept, der fungerer. I denne artikel præsenterer vi baggrunden for og erfaringerne med det kursus, som evalueringscitaterner stammer fra. Kurset ligger på første år af Fysik og Nanoteknologi bacheloruddannelsen på DTU, og det

## Flagmodellen

Naturvidenskabelige grundfag 45 ECTS point	Projekter og almene fag 45 ECTS point
Teknologiske linjefag 45 ECTS point	Valgfri fag 45 ECTS point

Figur 1. Formel opdeling af de 180 ECTS point, der kræves for at opnå en bachelor i teknisk videnskab fra DTU. Information om kursusindholdet i de enkelte kasser kan findes på uddannelsens hjemmeside.<sup>2</sup>

er udviklet med afsæt i det obligatoriske studieelement »Ingeniørarbejde«.

Fysik og Nanoteknologi bacheloruddannelsen blev etableret i 2004 samtidig med 12 andre bachelorlinjer på DTU i forbindelse med overgangen fra den 5-årige masteruddannelse til 3+2 ordningen (Bologna-modellen). Uddannelsen har indtil videre haft en søgning ud over de 60 eksisterende studiepladser. Der kræves A-niveau i både matematik og fysik ved den adgangsgivende eksamen. De fleste studerende på Fysik- og Nanoteknologibacheloruddannelsen fortsætter på den efterfølgende kandidatuddannelse, og op mod halvdel af en fysik- og nanoteknologi-årgang laver herefter et ph.d. projekt. De studerende er generelt dygtige og motiverede – ja næsten ivrige – når de starter på deres studium. Udfordringen er at tilrettelægge uddannelsen, så denne motivation og iver efter at lære opretholdes og udvikles igennem studiet. Den start, som de studerende får på deres uddannelse, er afgørende for, hvordan deres tilgang til hele studiet er, og til, hvordan deres uddannelse udvikler sig.

### Ingeniørarbejde

DTU's bacheloruddannelser er formelt set delt op i fire kasser bestående af såkaldte Naturvidenskabelige grundfag, Teknologiske linjefag, Projekter og almene

fag og Valgfrie kurser, se figur 1. Inden for de tre ikke-valgfrie kasser, findes der lister af kurser, man enten skal vælge alle fra eller dele fra. De valgfrie fag kan vælges blandt DTU's over 800 udbudte civilingeniørkurser.

Studieelementet »Ingeniørarbejde« udgør 10 ECTS point af de obligatoriske 45 ECTS point i Projekter og almene fag. Ambitionen med studieelementet er, på baggrund af et videnskabeligt indhold, at eksemplificere, hvordan man kommer til at arbejde som ingeniør, og præsentere specifikke problemer, som uddannelsen skal kvalificere studenten til at kunne løse. Det er op til den enkelte studieleder, hvordan rammerne fyldes ud, og der er mange overvejelser forbundet med opbygningen af dette studieelement i et kursus. Skal de studerende på virksomhedsbesøg til så mange af de store aftagere som muligt? Skal studenten lære nyttige redskaber? Skal studenten primært trænes i projektarbejde? Skal man primært lægge faglige emner ind?

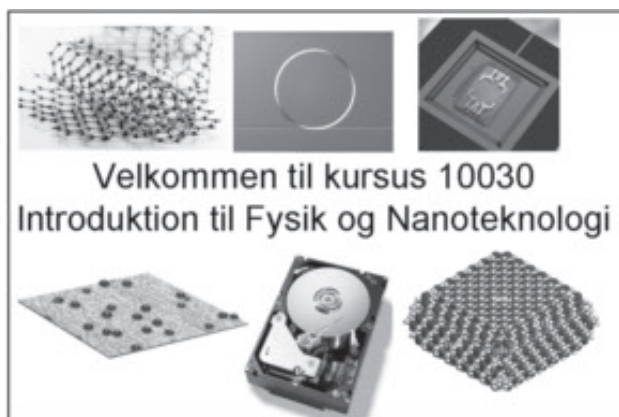
På den gamle studieordning blev elementet ingeniørarbejde i højere grad udfyldt af generel information om, hvordan ingeniører arbejder i praksis, og kurset blev aldrig rigtig populært. For Fysik- og Nanoteknologibacheloruddannelsen valgte vi derfor at lægge større vægt på fagligheden, og vi besluttede at kurset skulle give et overblik over studiets faglige muligheder og perspektiver. Derudover var det et bevidst mål at motivere de studerende ved hjælp af faglige udfordringer.

I det følgende vil vi kort præsentere studieelementet Ingeniørarbejde, der er en del af kurset »Introduktion til Fysik og Nanoteknologi« (herefter refereret til som »iFN«). Kurset er en obligatorisk del af første og andet semester, og er på 15 ECTS point (de sidste 5 ECTS point tæller i kassen med Teknologiske linjefag). Kurset kører parallelt med den mere traditionelle grundfagsundervisning på første og andet semester, som vist i figur 2.

## 1. år FN

1. semester:				
Efterår 13 uger	Introduktion til Fysik og Nanoteknologi	Matematik I	Mekanik og fysisk modellering	
Januar 3 uger	Introduktion til Fysik og Nanoteknologi			
2. semester:				
Forår 13 uger	Introduktion til Fysik og Nanoteknologi	Matematik I	Termodynamik og statistisk fysik	Valgfrit
Juni 3 uger	Valgfrit			

Figur 2. Oversigt over kurserne på 1. og 2. semester af Fysik og Nanoteknologi bacheloruddannelsen. Kassernes størrelse afspejler kursernes point-tal. Valgfriheden stiger i praksis gradvist hen igennem hele bacheloren.



Figur 3. Forsiden af kursusmaterialet til kurset iFN. Billederne illustrerer hver et af de seks fire-ugers forløb: Carbon nanotubes, Lysledere og optisk kommunikation, Hydrodynamik og lab-on-a-chip teknologi, Halvleder nanostrukturer, Magnetisme og harddisk nanoteknologi og Brint som energibærer.

Først præsenteres kursets mål og nogle grundlæggende overvejelser, vi gjorde os i forbindelse med kursuspålægningen. Herefter præsenteres kursets opbygning og indhold samt evalueringen af studenterne. Endelig diskuterer vi, om kursuskonceptet kunne bruges inden for andre fagområder.

### Kursusmål

Målet med kurset er overordnet set at give de studerende viden om og indsigt i nogle af de emner, som mange af dem har valgt studiet for at lære mere om. Emner, som alle illustrerer, hvordan teori kan anvendes i praksis. Som en sidegevinst forventer vi, at vores studerende motiveres og engageres af at deltage aktivt i kurset. Vi – unge mennesker i særdeleshed – bombarderes i dag med historier fra medierne og har nem adgang til hurtige forklaringer af fænomener og emner.<sup>3</sup> Vi tror, at de studerende til dels vælger uddannelse efter de emner, som de forventer indsigt i, og ikke nødvendigvis efter, hvilket job de gerne vil have bagefter. Disse »emner« er normalt ikke pensum på de første år, da der typisk kræves et solidt fagligt grundlag for at kunne forstå dem til bunds. Traditionelt venter man derfor med at inddrage de spændende emner til senere i studiet, når de studerende har den rette faglige ballast. Det giver god mening, når man betragter læringen igennem studiet som helhed, men ikke nødvendigvis for den enkelte studerendes tilfredshed med og udbytte af studiet, idet motivationen er afgørende for den enkeltes læring. Vi har erfaret, at en motiveret student kan lære sig emner langt hurtigere og mere effektivt, end en student, der pligtskyldigt læser pensum fra side ét, fordi han eller hun skal. Derfor har vi med baggrund i viden om vores studenter valgt i dette kursus, som udgør en fjerdedel af det første årsværk, se figur 2, at præsentere en række emner med det formål at de studerende motiveres og

engageres i studiet, samtidigt med at de trænes i gruppearbejde og rapportskrivning. Derudover forsøger vi at indlægge hands-on aktiviteter af forskellig karakter i hvert forløb, så de studerende også får erfaring med at arbejde med avanceret udstyr eller software. Som en sidegevinst virker emnerne tilsammen som en faglig rundgang til forskellige emner, som de i løbet af bacheloren skal vælge kurser iblandt; kurssets emner har således også en studievejledende effekt. Den basale teori, der hører til emnerne, forsøges så vidt muligt koblet til de grundlæggende kurser og begreber, de studerende sideløbende stifter bekendtskab med på første år. Emnerne kan variere fra år til år, og de valgte emner for 2007–2008 perioden er angivet i figur 3.

Alle emner udmærker sig ved at kræve indsigt i en specifik del af fysikken samt at have et teknologisk perspektiv.

### En hårfin balance

En af de største udfordringer, man har som underviser i kurset iFN, er at definere det faglige niveau og udvælge de centrale begreber. Der er ingen tvivl om, at det ville være nemmere at undervise de studerende i emnerne, hvis de allerede havde en bachelor i Fysik og Nanoteknologi! Men vi har jo valgt at vende det om, og det kræver nøje overvejelser om virkemidlerne. Som nævnt vil vi gerne motivere dem ved hjælp af faglige udfordringer, men hvis niveauet bliver for højt, bliver de studerende frustrerede og demotiverede over ikke at kunne forstå teorien – det opfattes, som om vi taler ned til dem – og hvis niveauet er for lavt, synes de, at det i for høj grad er underholdning uden indsigt, og at det er spild af deres tid.

Alle emner er udvalgt således at de tager udgangspunkt i ét emne – og i mange tilfælde helt konkret i et objekt – som har så store teknologiske perspektiver, at de studerende højst sandsynligt har hørt om det før. Objektet (eksempelvis en harddisk) har vi så ofte som muligt med til f.eks. forelæsningsne så de studerende hele tiden mentalt har et sted at »hænge deres nye viden«. Vores ambition er at give de studerende indsigt i emnet ved at præsentere centrale begreber inden for fysikken, som danner grundlaget for en dybere forståelse af teknologien. Dette kan også ses som en illustration af selve ingeniørprocessen, hvor man bevæger sig fra problemformulering til løsning. Da tiden i kurset er begrænset, er den del af fysikken, vi indlærer i forbindelse med et emne, meget smal i forhold til et traditionelt kursus, men til gengæld er det på et forholdsmæssigt højt niveau. Inden for smalle fagområder opnår de derfor viden svarende til niveauet på mindst 2. og 3. år på bacheloren. Dette gælder f.eks. inden for elektromagnetisme, kvantemekanik og faststoffysik.

## De 7 forløb

september	oktober	november	januar	februar	marts	april
Carbon nanotubes	Lysledere og optisk kommunikation	Hydrodynamik og lab-on-a-chip teknologi	Måleteknisk konsulentopgaven	Magnetisme og harddiskteknologi	Halvleder nanostrukturer	Brint som energibærer
						

Figur 4. Oversigt over de syv forløb i kurset i iFN. De tre første og de tre sidste er alle fire-ugers forløb, der kører parallelt med andre kurser (se figur 2), og det midterste måletekniske forløb er et intensivt tre-ugers forløb.

## Kursusopbygning

Kurset løber over to semestre samt en mellemliggende tre-ugers undervisningsperiode, se figur 2. Først vil vi fokusere på de i alt seks emner, der tilsammen udgør kurset på første og andet semester, og vi vil gå mere i detaljer med ét af forløbene (*Brint som energibærer*). Derefter beskrives den mellemliggende undervisningsperiode (tre-ugers perioden), som har et måleteknisk indhold. Disse to emner er meget forskelligt opbygget og ligger indholdsmæssigt langt fra hinanden med Brint-forløbet som et primært teoretisk emne med computersimuleringer og det måletekniske forløb med fokus på eksperimentelle løsninger. Emnernes tidsmæssige placering er illustreret i figur 4.

Undervisningsmaterialet til forløbene varierer. Der eksisterer ikke en lærebog, der netop indeholder den nødvendige teori og de aktiviteter, vi ønsker, idet vores forløb går på tværs af de normale kursusopdelinger forstået på den måde, at vi inden for det enkelte smalle emne når udover normalt førsteårs pensum. Da det vil være urimeligt, at de studerende skal købe en lærebog til hvert forløb, bliver undervisningsmaterialet meget varieret, både i omfang og kvalitet: selvskrevne noter, kopier af oversigtartikler, PowerPoint præsentationerne fra forelæsningserne, øvelsesvejledninger og lignende. Derudover benytter vi os af udvalgte kapitler af *University Physics*<sup>4</sup> samt lærebøger fra sideløbende obligatoriske kurser. Alt materiale udleveres (endnu) på papir, men uploades også til kursets interne hjemmeside, som alle kursets deltagere og lærere har adgang til.

### De seks fire-ugers forløb

Der undervises i hvert emne over en fire ugers periode, hvor der som nævnt sideløbende undervises i andre grundlæggende kurser. Alle kurser på DTU er opbygget over en fastlagt modulstruktur. Et 5 ECTS point kursus har et bestemt fire-timers modul til rådighed pr. uge, fx mandag fra kl. 8–12. Et 10 ECTS point kursus har to sådanne moduler pr. uge. Kurset iFN har ét fire timers undervisningsmodul til rådighed pr. uge, men de studenterbegrænsede aktiviteter som f.eks. eksperimentelle øvelser må nødvendigvis udbydes på forskellige tidspunkter på ugen for at få logistikken til

at gå op med 60 studerende og ofte kun fem sæt af det eksperimentelle udstyr.

Vi supplerer forelæsninger og regneopgaver med forskellige hands-on aktiviteter, som alle er specielt udviklet til netop disse emneforløb. Disse aktiviteter er en blanding af eksperimentelle øvelser på moderne udstyr<sup>5</sup> og computersimuleringer med software, som de studerende enten er bekendt med i forvejen eller som er en specialudviklet programpakke. Som eksempler på eksperimentelle øvelser måler de studerende afstanden mellem kulatomer ved hjælp af et skanning-tunnelmikroskop (STM), undersøger en optisk fiber og identificerer magnetiske materialer i en harddisk. Ved hjælp af computersimuleringer, regner de studerende f.eks. på strukturen i et typisk brintlagringsmateriale.

Allerede fra starten af hvert enkelt forløb udleveres en liste med såkaldte »centrale begreber«, så de studerende ved, hvad vi forventer, de lærer sig. Da der foreligger generelle læringsmål for kurset som helhed, indeholder listen en mellemtning mellem læringsmål og kernelementer for det enkelte forløb, hvilket har vist sig at have stor betydning for de studerendes forståelse af, hvad der forventes af dem.

### Eksempel på et fire-ugers forløb: Brint som energibærer

I dette forløb analyserer de studerende en problemstilling som nogle af dem vil komme til at beskæftige sig med fremover, nemlig at sikre en miljømæssigt bæredygtig produktion og anvendelse af energi; mere specifikt, med de teknologiske udfordringer ved at lagre brint (i metaller) til brug som brændstof i transportsektoren.

Med udgangspunkt i denne problemstilling skal de opstille, anvende og evaluere en simpel model til at forudsige det bedst egnede metal til dette formål. Efterfølgende skal de vigtigste mangler ved denne simplificerede beskrivelse identificeres og modellen optimeres på grundlag af deres tilegnede indsigt i bl.a. metallers opbygning og deres indflydelse på vekselvirkninger mellem brint og metal, termodynamik, samt de til tænkte anvendelsesbetingelser for metallet. Computermødelles benyttes til at visualisere metallerne og brintatomernes positioner samt til at teste modellen, mens de termodynamiske aspekter søges klarlagt via en kobling til det sideløbende obligatoriske kursus i Termodynamik og statistisk fysik (se figur 2), hvor de studerende allerede har stiftet bekendtskab med de nødvendige beregningsmetoder. Der etableres altså en faglig kobling mellem to parallelt kørende kurser. Dette kræver koordinering med og indsigt i andre kurser end lige ens eget, og det har den fordel, at de studerende oplever en faglig sammenhæng i studiet på tværs af kurserne.

De termodynamiske aspekter viser sig at være afgørende for modellens nøjagtighed og kobling mellem det abstrakte teoretiske forløb i termodynamik og statistisk fysik, og den håndgribelige case i dette

projekt har vist sig at styrke læringen i begge kurser signifikant.<sup>6</sup>

Som afslutning på forløbet og kurset som helhed introduceres de studerende endvidere til en start-up virksomhed, der beskæftiger sig med udvikling af nye materialer til lagring af brint. De studerende får lejlighed til at besøge virksomheden og bliver her konfronteret med den praktiske anvendelse af deres læring, samt de yderligere teknologiske og økonomiske udfordringer, der er forbundet med en kommerciel anvendelse af deres læring. De ca. 25 ansatte på virksomheden har i udtalt grad en fysisk-nanoteknologisk ingeniørbaggrund, og de studerende kan således meget let identificere sig med dem, hvorved kursets kernelement »ingeniørarbejde« nu integreres på en aktiv og stimulerende måde.

*Tre-ugers forløbet: Måleteknik og usikkerhedsregning på en spændende måde?*

Alle ingeniører har brug for viden om, hvordan en måling foretages, og om, hvordan man vurderer kvaliteten af måledata – både teoretisk og praktisk. Desværre opfattes måleteknik og usikkerhedsvurdering typisk som noget meget kedeligt. Den studerende keder sig ofte ved at bruge tid på at øve sig i at måle – i stedet for at fokusere på, hvordan de data, der kommer ud af målingen, kan bruges til at opnå større indsigt. Det gælder altså om at gøre det at øve sig i at lave brugbare målinger spændende. Derfor har vi opbygget et måleteknisk forløb, som ligger i tre-ugers perioden, hvor vi igen forsøger at motivere ved hjælp af fagligheden. Forløbet består af flere typer aktiviteter, heriblandt otte obligatoriske øvelser af måleteknisk karakter opbygget omkring spørgsmålet »*Hvordan måles xxx*« (spænding, temperatur, frekvens, bøjning etc...). Disse afvikles i løbet af de første to uger. Hver øvelse har en varighed på fire timer, og der skal blot godkendes en journal efter hver øvelse. Allerede den første dag skal de studerende (i grupper af to) derudover vælge deres egen »konsulentopgave«, som er en konkret måleteknisk opgave på forsknings- og/eller procesudstyr på DTU. Tanken bag denne opgave er at bringe de studerende ud i forskningslaboratorierne for at virke som konsulenter på en opstilling med det formål at analysere og forbedre denne måleteknisk. Her skal de bruge den viden, de løbende tilegner sig i forbindelse med de obligatoriske øvelser og forelæsningerne om blandt andet sensorer og dataopsamling ved hjælp af computere.<sup>7</sup> Konsulentopgaven formuleres af forskere inden for fysik og nanoteknologi, og opgaven udføres af to studerende, som i praksis ofte vejledes af den ph.d.-studerende eller post. doc., der arbejder med udstyret til daglig. Arbejdsbelastning med selve måleopgaven er på i alt 12 timer, som fordeles over tre gange. Dette måletekniske arbejde eksemplificerer deres nye teoretiske viden om måleteknik. Derudover – og det er måske mindst lige så vigtigt – får de set et eksempel på et forskningsområde,

og de får sat ansigt på den type ingeniør, som de kan blive om fire år.

Da deres konsulentopgave er begrænset til at skulle måle én enkelt konkret parameter – det kunne f.eks. være tykkelse af et metallag, trykket inde i et kammer eller effekten af en laser – kan de nå at få en god forståelse for selve målemetoden og dermed også få nok forståelse til at kunne redegøre for usikkerheder og foreslå eventuelle forbedringsmuligheder på opstillingen.

Der etableres altså 30 forskellige konsulentopgaver, som afvikles i løbet af få uger. Dette kræver opbakning og velvillighed fra lærerstaben! Heldigvis har lærerne efterhånden indset, at den tætte kontakt til de studerende giver en form for faglig reklame for deres fagområde, som ikke kun når ud til de to studenter. Udover den traditionelle evaluering (se nedenfor) har vi haft præsentationer i plenum af alle opgaverne til sidst i forløbet, og senest afholdt vi en poster session med stor succes. Da de studerende har løst forskellige opgaver, egner netop dette forløb sig til, at de studerende præsenterer deres resultater for hinanden – enten i plenum eller ved poster. De studerendes entusiasme og nysgerrighed er åbenlys, og de tager både fremlæggelse ved deres egen poster og den kritiske stillingtagen til andres poster meget alvorligt.

### Evaluering af studenten

Allerede når emnet startes, får de studerende udleveret kravene til rapporten, som f.eks. kan være deres måledata fra eksperimentelle øvelser, udregninger af specifikke opgaver inden for den gennemgåede teori, resultater fra simuleringer og diskussion af resultater og teori. Efter hvert forløb afleveres en grupperapport (2-4 studerende) på maksimalt 10 sider plus bilag, der formmæssigt er ens fra forløb til forløb. Dermed indøves rapportskrivningen, og især i det første forløb lægges der stor vægt på også at give dem feedback på det rapporttekniske (som tæller med i vurderingen af rapporten).

Kurset afsluttes med en mundtlig eksamen, og på baggrund af rapporterne og den mundtlige fremlæggelse foretages en helhedsvurdering. Den vejledende vægtning er 60 % på rapporterne og 40 % på den mundtlige præstation. Da vi ikke udleverer karaktererne for rapporterne løbende, har vi måttet lægge stor vægt på at give dem en god solid og brugbar skriftlig feedback til hver rapport. Det er vigtigt, at de så tidligt som muligt får en klar fornemmelse for, hvordan deres indsats vurderes på universitetet, så de hurtigt kan justere deres arbejdsindsats og arbejdsmetode til at passe til universitetet.

### Flere sidegevinst

Det er sjældent spændende at tilegne sig viden om værktøjer, hvis de ikke bruges til noget. Dette gælder

fx måletekniske værktøjer som allerede nævnt, men også de mindre fagligt betonedede værktøjer som planlægning af et projekt, gruppearbejde og rapportskrivning. I iFN-kurset forsøger vi at træne de studerende i at mestre disse værktøjer indirekte. De får udleveret skriftlig information om, hvordan vi synes en rapport skal være rent teknisk (opbygning, figurer, referencer osv.), men f.eks. til processen omkring gruppearbejde og gruppedynamik må de selv gøre deres erfaringer. I det første forløb foretager vi inddelingen i hold efter tilfældighedsprincippet, da de endnu ikke kender hinanden fagligt set (holddelingen foretages den allerførste dag i semestret), men derefter kræver vi, at de selv danner deres grupper, som (kan) sammensættes på ny ved hvert forløb. De studerende finder meget hurtigt frem til, hvem de arbejder godt sammen med, og i løbet af kurset får de indarbejdet en effektiv og produktiv arbejdsgang.

### Begynderfejl

Det har været meget spændende og lærerigt at udvikle kurset. Konceptet og formen er uændret, men kravene til de studerende er blevet gjort klarere og mere rimelige efterhånden.

Især den første gang kurset kørte, følte den enkelte studerende nok, at han eller hun alene deltog i et stafeløb mod lærerstaben, der skiftede til en frisk og engageret løber/lærer hver fjerde uge. Der er ikke noget at sige til, at de blev »forpustede« efterhånden! Hver lærer synes jo at netop hans eller hendes forløb er det mest spændende og stiller ubevidst meget høje krav. Oftest er det jo lærerens yndlingsemne og/eller forskningsområde, der undervises i. Fordelen ved dette er, at vi har meget engagerede lærere – ulempen er, at læreren normalt ikke har træning i at formidle sin forskning til første års studerende – dette gøres jo typisk til ph.d.-studerende og kollegaer. Så forventningerne til niveauet for hver rapport var – og er måske endnu – for høje.

Den første gang kurset kørte, udleverede vi de omtalte »Centrale begreber« til sidst i hvert forløb sammen med rapportkravene – i passende tid til, at de skulle skrive rapporten, syntes vi. Men det har vist sig at dette skaber unødvendig usikkerhed og utilfredshed. Vi har indset, at der er grænser for, på hvor mange områder vi skal bringe dem på »tynd is«. Vi vil gøre det på det faglige område – men det er ikke nødvendigt at skabe tvivl om krav og form. Så de studerende får information om de formelle krav langt tidligere og klarere nu, end første gang kurset blev afviklet.

### Feedback fra de studerende

Vi var spændte den første gang kurset skulle evalueres af de studerende! Mon de var med på ideen? Mon de syntes emnerne var lige så spændende som vi syntes? Mon de satte pris på vores store arbejde med at etablere

specielle øvelser på moderne udstyr og på at etablere konsulentopgaverne?

De studerende var med på ideen – og i en sådan grad at det overraskede os! Vi havde nok hørt tilpas meget klagesang og brok undervejs til, at vi ikke forventede en god evaluering. Men de købte konceptet! De syntes emnerne og aktiviteterne samt koblingen til grundfagene var gode, de følte sig bedre rustede til at vælge kurser fremover, de syntes det var motiverende at møde forskellige engagerede lærere. Deres deltagelse i undervisningen lå meget højt – og de brugte langt mere tid end svarende til kurssets pointbelastning. De syntes – og det synes de stadig – at arbejdsbelastningen er meget stor. Vi forsøger løbende at skære unødvendige og tidskrævende krav væk fra rapporten, men vi kan ikke lade være med at være lidt imponerede alligevel: Deres rapporter er for det meste virkelig gode – til tider fremragende – og deres engagement skinner igennem. De synes det er hårdt! Men de synes også, det er sejt, at det er så hårdt, og det motiverer dem. De driver selv deres læring – vi skal bare supplere dem med en »viden-kilde«!

### Perspektivering: Kan dette bruges af andre?

Er dette blot et kursus, som fungerer, fordi vi er heldige at have studenter, der motiveres af hårde faglige udfordringer? Fordi vi alle – både studenter og lærere – er nørdere (på den gode måde)? Det er svært at svare helt eksakt på, men vi er ikke i tvivl om, at det er medvirkende til, at frafaldet på Fysik og Nanoteknologi bacheloruddannelsen er meget lavt,<sup>8</sup> samt at de studerende senere på bacheloren er bedre kvalificerede til at foretage kursusvalg på baggrund af det overblik, iFN har givet dem.

Vi mener at dette kursuskoncept kan bruges af alle, men at man skal være meget bevidst omkring hvordan ens studenter er. Hvad motiverer dem? Hvilke forestillinger, håb og forventninger har de til studiet? Hvis man fletter disse aspekter ind i et første års kursus, er vores erfaring, at man sagtens kan gøre det første studieår mere motiverende og perspektiverende – og endda også liste et par kæpheste ind, som i vores tilfælde fx er rapportskrivning og måleteknik.

Det drejer sig om at være opmærksom på de undervisningsmetoder, der giver gode forudsætninger for læring på højere uddannelser, og prøve at bruge dem i undervisningen. I dette kursus tager vi udgangspunkt i de studerende og deres nuværende forståelse; vi har de studerendes læring som udgangspunkt. Læring er en aktiv proces, i hvilken vi selv konstruerer vores viden og forståelse på baggrund af den viden vi får, så dette er et vigtigt udgangspunkt. Vi vil meget gerne, at de studerende udvikler en tilgang til læring, der indebærer, at de studerer med en strategi, der leder til dyb læring (Marton & Booth, 1997). Herved husker de studerende på en mere effektiv måde det de lærer, og kan nemmere

bruge det i andre sammenhænge. Denne strategi understøttes af undervisningsmetoder, hvor de studerende arbejder aktivt med det faglige indhold, og af, at de studerende selv har ansvaret for deres læring og oplever, at de har kontrol over deres egen læringsproces (Gibbs, 1992). Gennem de projektbaserede metoder, vi bruger i kurset, tror vi, at vi kan understøtte dyb læring hos de studerende. Det er især vigtigt, at dette sker tidligt i uddannelsen, så de studerende har en mulighed for at udvikle gode studievaner og strategier. På DTU bruges Blooms taksonomi til at beskrive, på hvilket niveau de studerende skal lære det faglige indhold i et kursus, og hvad de skal kunne udføre efter kurset. En pædagogisk pointe i iFN kurset er, at allerede på det første år arbejdes der med fagområdet på de øverste trin i Blooms taksonomi, hvilket indebærer at lave syntese og evaluere sine egne og andres resultater. Det virker motiverende på de studerende at blive udfordret inden for fagområdet fra starten af og ikke at skulle vente til de sidste år i uddannelsen med at arbejde på det niveau. De studerende bliver mere træned i at arbejde på det niveau, der kræves af dem, når de har fået deres eksamen, hvis de får lejlighed at bevæge sig op på dette oversete niveau jævnlige igennem hele uddannelsen – selvfølgelig mere kvalificeret og selvstændigt efterhånden som de udvikler deres faglighed. At arbejde med kontinuerlig evaluering og feedback i undervisningen og at fremme faglig dialog med og mellem de studerende er yderligere en vigtig faktor for at skabe gode forudsætninger for læring og for at motivere de studerende i deres studier (Moos m.fl., 2006, s. 44-5).

En lille advarsel dog: Vi mener ikke at dette kursuskoncept kan eller skal anvendes i mere end ét af de kurser, de har ad gangen. Det er vigtigt, at de sideløbende kurser kører mere traditionelt, så de studerende i højere grad dér føler sig på sikker grund – dog gerne med en stærk kobling og synergi mellem kurserne. De gode principper for læring skal dog altid huskes. Der skal være udfordringer, men de studerende skal ikke bringes helt på glatis. Det er igen et spørgsmål om balance, og her er det vigtigt at se på uddannelsen som en helhed, så hvert enkelt kursus bidrager til at opfylde uddannelsens overordnede mål.

### Tak til...

Forfatterne vil gerne takke de andre involverede undervisere på kurset, som igennem årene har været med til at udvikle og forbedre kurset: Henrik Bruus (DTU Nanotech), Mikkel Fougt Hansen (DTU Nanotech), Karsten Rottwitt (DTU Fotonik), Jesper Mørk (DTU Fotonik), Claus Schelde Jacobsen (DTU Fysik), Sebastian Horch (DTU Fysik), Thomas Bligaard (DTU Fysik) og Jens K. Nørskov (DTU Fysik).

### Referencer

- Gibbs, G. (1992). *Improving the Quality of Student Learning*. Bristol: Technical and Educational Services Ltd.
- Marton, F., & Booth, S. (1997). *Learning and Awareness*. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- Moos, L., Krejsler, J., Hjort, K., Fibæk Laursen, P., & Bønløkke Braad, K. (2006). *Evidens i uddannelse*. København: Danmarks Pædagogiske Universitets Forlag.

### Noter

- 1 Citater fra kursusevalueringen, perioden efterår 2007 til forår 2008.
- 2 [www.dtu.dk/Fysik\\_og\\_Nanoteknologi](http://www.dtu.dk/Fysik_og_Nanoteknologi)
- 3 Primært på internettet (f.eks. via wikipedia) og via medierne
- 4 Young and Freedman, 13th edition
- 5 Øvelserne foregår blandt andet i *Nanoteket*, [www.nanoteket.fysik.dtu.dk](http://www.nanoteket.fysik.dtu.dk)
- 6 Koblingen til Termodynamik-kurset er en tilføjelse fra sidste år, og niveauet bør tilpasses bedre til de studerendes faktiske læring i dette kursus samtidig med, at synergien mellem de to kurser kan forbedres yderligere.
- 7 Vi benytter programmet LabVIEW, som også bruges intensivt i de fleste forskningslaboratorier på DTU.
- 8 Statistik foretaget af administrationen på DTU på optaget efteråret 2006 viser, at frafaldet på Fysik og Nanoteknologi bacheloren efter et års studium er det laveste blandt de 13 eksisterende bachelorlinjer.