

Kvalitetsudviklingsprojektet “Faglig Sammenhæng”

Hovedrapport

**Arne Jakobsen
Camilla Rump
Torkil Clemmensen
Michael May**

Januar 1999

**CDM's skriftserie nr. 1
DTU 1999**

Indhold

1	Indledning	7
2	Projektets formål, grundlag og afgrænsning	11
2.1	Projektets formål	11
2.2	Grundlæggende antagelser	11
2.3	Projektets afgrænsning	13
2.4	Forståelse og kompetence	14
3	Projektets forløb. Aktiviteter i forbindelse med projektet	17
3.1	Evaluerings- og kvalitetsudviklingsforløb	17
3.1.1	Valg af kurser	17
3.1.2	Evalueringsmodel	18
3.1.3	Om forholdet mellem tests og interviews i evalueringen ..	20
3.2	Kollegavejledning	21
3.3	Udvikling af materiale i forbindelse med forløbet	22
3.4	Modeller for videre kvalitetsudvikling	22
3.5	Relationerne mellem grundfagene og anvendelsesfagene	22
3.6	Evalueringsforløb på KVL og AUC	23
4	Projektets resultater	25
4.1	Studerendes forståelse af centrale elementer	25
4.2	Studerendes forståelsesvanskeligheder	32
4.3	Forholdet mellem slutttest og eksamen	33
4.4	Forståelse og beregningskompetence	36
4.5	Studiestrategi. Eksamensfokusering.	37
4.6	Studerendes forudsætninger	41
5	Projektets anbefalinger	43
5.1	Ændringer af eksamens indhold og form	43
5.2	Reduktion af stofmængden	45
5.3	Ændringer i de enkelte kursers indhold	45
5.4	Ændringer af undervisningsformer	46
5.5	Ændringer af rammerne for gennemførelse af kurser	47
5.6	Generelt om ændringer	48
6	Diskussion	49
6.1	Antagelser om centrale elementer i stoffet	49
6.2	Antagelser om studerendes forståelse	51
6.3	Antagelse om studerendes forudsætninger	52
6.4	Antagelser om kvalitetsudvikling af DTU's undervisning	52
6.5	Antagelse om pædagogisk meritering	54
7	Referencer	55

8	Samlet liste over litteratur og foredrag fra projektet	61
8.1	Kursusevalueringsrapporter	61
8.2	Publikationer og konferencebidrag	61
8.3	Skrifter i CDM's skriftserie	62
8.4	Præsentationer af projektet	63
8.5	Arbejdspapirer	63

Forord

Med starten af 1995 igangsattes et treårigt kvalitetsudviklingsprojekt "Faglig Sammenhæng" på Danmarks Tekniske Universitet.

Projektets overordnede formål har været udvikling af kvaliteten af DTU's undervisning især med sigte på at de studerendes forståelse af centrale begreber, modeller og principper øges.

Projektet har omfattet evaluering af studerendes indlæringsproces og deres forståelse af centrale begreber, modeller, principper og sammenhænge på ti kurser på DTU. For hvert af kurserne er resultaterne af evalueringerne detaljeret beskrevet i ret omfattende rapporter, mens vi i denne sammenfattende rapport har søgt at uddrage de mere generelle pointer. Derudover redegøres i denne rapport for projektets forløb, ligesom der gives anbefalinger for den fortsatte kvalitetsudvikling af undervisningen på DTU.

I forbindelse med projektet er der udarbejdet en række skrifter til brug ved kvalitetsudvikling og pædagogiske kurser. I første omgang udsendes skrifter om kursusplanlægning, om brug af tests og opgaver i undervisningen på ingeniøruddannelser og om kollegavejledning.

Endelig har projektet givet et grundlag for udvikling og afprøvning af modeller for evaluering og kvalitetsudvikling af lærergrupper og institutters undervisning.

Projektet har modtaget støtte fra Evalueringscentret

1 Indledning

I løbet af de sidste 25 år har der været en omfattende forskning i studerendes indlæring og udbytte af universitetsundervisning. Marton og Säljö introducerede i 1976 begreberne “overfladisk” og “dyb” indlæring som en beskrivelse af studerendes kvalitativt forskellige tilgange til at studere og viste at de studerende dermed opnår kvalitativt forskelligt udbytte (Marton m. fl. 1976). Dette er senere fulgt op af andre (Marton m. fl. 1984, Ramsden 1992) og der er i den efterfølgende periode fremkommet en del opfølgende undersøgelser af både teoretisk og empirisk art.

En række studier har ud fra forskellige synsvinkler betragtet studerendes forståelse som partielle eller alternative forståelsesformer og undersøgt hvorledes forståelsen ændres som følge af videnskabsundervisning. Det gælder den “fænomenografiske skole” (Marton 1981, Ramsden m. fl. 1988, Booth 1992) og ud fra en anden synsvinkel “the Conceptual Change Model” (Hewson m. fl. 1989). Den vægt der i disse studier lægges på de studerendes indlæringsproces og dermed på betydningen af deres forståelsesmæssige forudsætninger, ses også i litteraturen om “Human Constructivism” (Mintzes m. fl. 1996).

En betragtelig del af forskningen i studerendes indlæring består i detaljerede analyser af studerendes forståelse af enkeltfag eller enkeltkurser. Forskningen viser samstemmende at studerende ofte udviser alvorlig mangel på forståelse af fundamentale begreber, på trods af at de er i stand til at bestå eksaminer (Dahlgren 1978, Johansson 1981, Svensson 1984, Pedersen 1985, McDermott m. fl. 1987, Lybeck m. fl. 1988, Svensson m. fl. 1988, Renström m. fl. 1990, Bowden m. fl. 1992, Nakhleh 1993, Törnkvist m. fl. 1993, Prosser m. fl. 1996).

I det foreliggende projekt er studerendes indlæringsproces og forståelse undersøgt med det formål at skabe et grundlag for udvikling af uddannelsernes kvalitet. Projektet placerer sig således inden for den beskrevne forskningstradition, men med et umiddelbart praktisk sigte.

Mange kvalitetsudviklingsprojekter har som formål at indføre bestemte undervisningsformer som midler til at hæve uddannelsens kvalitet. Eksempelvis kan nævnes projektorganiseret undervisning, “Problem Based Learning”, case-baseret undervisning eller at indføre bestemte indlæringsmidler som “concept maps” (Mintzes m. fl. 1996) eller “writing for understanding” (Williams Griffin m. fl. 1982). Imidlertid er der for det første fra flere sider rejst tvivl om værdien på lidt længere sigt af at udskifte en undervisningsform med en anden hvis ikke lærernes opfattelser af undervisning og studerendes indlæring ændres (Trigwell m. fl. 1994, Lauvås m. fl. 1997). For det andet tyder en del forskning på at der ikke kan påvises enkle sammenhænge mellem bestemte undervisningsformer og høj indlæringskvalitet (Wallen m. fl. 1963, Light 1990, Good m. fl. 1992). Forskellige undervisningsformer kan i nogle kombinationer og sammenhænge praktiseres på en måde der giver et højt udbytte, såvel som på en måde, der giver et lavt udbytte. Det der snarere kommer an på, er at der er en passende grad af studenteraktivitet, at studerende udfordres og får feedback på deres arbejde og at stoffet og kombinationer af undervisningsformer tilrettelægges på en måde der passer til undervisningens mål, faget og de studerendes forudsætninger.

Vægten i det foreliggende projekt er lagt på at undersøge studerendes forudsætninger, deres læreproces og deres forståelse af stoffet samt de vanskeligheder de har med at opnå

forståelse, for derigennem at skabe et grundlag for valg af undervisningsformer og indlæringsmidler.

Kvalitetsudviklingsprojekter der har som formål at forbedre studerendes forståelse - eller med andre ord: at befordre en dyb tilgang til at studere - står i ingeniøruddannelser nødvendigvis over for problemer med stoftrængsel i kurserne. I processen med at opnå en dyb forståelse af begreber, modeller og principper kræves det at studerende engageres aktivt, at begreber og modeller mødes i forskellige kontekster og at indlæringsaktiviteterne er varierede. At få tilstrækkelig tid til disse aktiviteter vil oftest forudsætte en reduktion af stofmængden.

Blot at reducere stoffet er åbenlyst utilfredsstillende. I en strategi for kvalitetsudvikling er der derfor behov for at inddrage overvejelser over hvilke elementer af stoffet der har den største og mest blivende værdi.

Et grundlag for at identificere og udvælge centrale elementer i videnskabelige fag er udviklet af Wagenschein, som i forbindelse med naturvidenskabsundervisning introducerede begrebet "eksemplarisk indlæring" ("exemplarisches Lehre") (Wagenschein 1970 & 1982). Ifølge denne tilgang er det muligt i videnskabelige fag at udvælge eksemplariske elementer som "afspejler helheden". I professionsfag som for eksempel ingeniørfag, må forståelsen af eksemplariske elementer repræsentere professionel kompetence, dvs. evnen til at løse praktiske problemer på et oftest utilstrækkeligt grundlag¹ (Jakobsen 1994). Dette betyder at der må være to hovedtyper af elementer i sådanne uddannelser. I ingeniørfag er der således elementer der er centrale for forståelsen af fagets teori såvel som elementer der er centrale for forståelsen af hvordan teorien og metoderne bruges i praksis.

En vigtig del af dette projekt har været at engagere lærerne og repræsentanter fra erhvervslivet i en proces hvor de mest centrale elementer i stoffet er identificeret. Dette giver mulighed for at opprioritere de vigtigste elementer og lade de studerendes aktiviteter dreje sig om dem og at udelade mindre vigtige dele.

En hjørnesten i projektet har været brug af evaluering af studerendes udbytte som grundlag for kvalitetsudvikling. Det grundlag som oftest benyttes i kvalitetsudviklingsprojekter, er resultater fra peer reviews, spørgeskemaer til studerende og eksaminer.

Som grundlag for kvalitetsudvikling på kursusniveau er resultater fra peer reviews, som de normalt gennemføres, utilstrækkelige. I forbindelse med brug af spørgeskemaundersøgelser af studerendes tilfredshed og deres egen vurdering af deres udbytte af kurserne er det et åbent spørgsmål i hvilken udstrækning studerende virkelig er i stand til at vurdere deres eget udbytte. Samtidig spiller andre faktorer ind i vurderingen, som f.eks. graden af frustration, om kurset opleves som "glat" og lettilgængeligt og om præsentationen var underholdende. Disse faktorer er selvfølgelig vigtige, men der er ikke nogen enkel sammenhæng mellem f.eks. graden af frustration og indlæringskvalitet. Undersøgelser af Dunkin og Barnes (Dunkin 1992, Dunkin m. fl. 1986) tyder på at studerende generelt er i stand til at vurdere hvor godt et kursus forbereder dem til eksamen. Samtidig tyder disse undersøgelser også på at studerende faktisk vurderer deres udbytte ud fra hvor godt kurset forbereder dem til eksamen. Hermed kommer svarenes værdi til at afhænge af eksamensvaliditeten. Samtidig viser de ovenfor omtalte studier at studerende ved mange universitetsuddannelser udviser alvorlige mangler

¹Engelsk: to solve real world, complex, ill-structured problems.

i deres forståelse af fagenes centrale begreber, på trods af at de er i stand til at bestå eksaminer. Heraf følger at der kan stilles spørgsmålstegn ved validiteten af eksaminer som et mål for studerendes udbytte.

De evalueringsformer der er benyttet i projektet med henblik på at få oplysninger om studerendes udbytte, indlæringsproces og vanskeligheder, er kvalitative tests i kursernes centrale elementer kombineret med interviews. Derudover er spørgeskemaer benyttet med henblik på at få oplysninger om forhold som studerendes studiestrategi, tidsforbrug og oplevelser af vanskeligheder.

Projektet kan hermed ses som led i den danske udgave af en mere international udvikling af kvalitetsudvikling af universitetsuddannelser, ikke mindst i forbindelse med brugen af evaluering som grundlag for kvalitetsudvikling af uddannelser (Light 1990, Trigwell 1991, Angelo 1993, Aschworth 1994, Nightingale m. fl. 1994, Vroeijenstijn 1995, Seldin 1997, Jakobsen m. fl. 1998b, Trigwell 1999). Endelig udgør projektets resultater et led i den række af undersøgelser der er gennemført af ingeniøruddannelser, og er et bidrag til den løbende debat om udviklingen af DTU's uddannelser (Jakobsen m. fl. 1984, Jakobsen 1987, Thiesson m. fl. 1989, DTH's uddannelsesplanlægning 1990, Jacobi m. fl. 1990, 90'ernes Civilingeniør 1992, Bendz m. fl. 1995, Danske Ingeniører 1996).

2 Projektets formål, grundlag og afgrænsning

De grundlæggende ideer der har været projektets udgangspunkt blev nævnt i indledningen. I dette afsnit uddybes og detaljeres disse ideer. Grundlaget præsenteres som en række antagelser om centrale elementer, om de studerendes forståelse og forudsætninger, om kvalitetsudvikling af DTU's undervisning og om pædagogisk meritering. I afsnit 6 "Diskussion" diskuteres antagelserne i lyset af projektets resultater og anden relevant litteratur.

2.1 Projektets formål

Projektet har fra starten haft følgende generelle formål:

At udvikle og afprøve modeller for forbedring af kvaliteten af DTU's undervisning.

At opnå øget indsigt i studerendes læreproces samt i deres forståelse af centrale elementer af stoffet.

At undersøge studerendes problemer med hensyn til indlæring i relation til dels undervisningen på de enkelte kurser, dels de rammer, uddannelsen giver.

At påpege muligheder for at afhjælpe sådanne problemer.

Projektet har desuden haft det specifikke formål:

At udvikle kvaliteten af de ti kurser der har været inddraget i projektet, samt bidrage til pædagogisk kvalificering af de involverede lærere.

Som led i arbejdet med at udvikle modeller for kvalitetsudviklingsforløb har projektgruppen overvejet og afprøvet former for gensidig kollegavejledning, og projektet har derved undervejs også fået til formål:

At afprøve modeller for gensidig kollegavejledning som middel til udvikling af kvaliteten.

2.2 Grundlæggende antagelser

Til grund for projektets udformning har som nævnt ligget nogle antagelser om didaktiske spørgsmål, om evaluering og brug af evalueringsresultater, om opfattelser af kvalitetsudviklingsprocesser og om pædagogisk kvalificering af lærere.

Antagelser om centrale elementer i stoffet

Vi har antaget:

At der i det faglige indhold i et kursus kan identificeres et antal elementer i form af begreber, modeller, sammenhænge og måder at ræsonnere på, som er centrale for forståelse af faget.

At der når det drejer sig om ingeniørfag, kan identificeres både elementer der er centrale for forståelse af fagets teori og elementer der er centrale for forståelse af, hvordan fagets teori og metoder anvendes i praksis.

At forståelse af sådanne centrale elementer udgør en afgørende del af den kompetence, uddannelserne skal give, og er vigtigere end stor gennemgået stofmængde.

Antagelser om studerendes forståelse

Vi har antaget:

At det i høj grad er i forbindelse med forståelse af centrale elementer i uddannelsernes indhold, der er kvalitetsmæssige problemer i DTU's uddannelser (såvel som i andre ingeniøruddannelser og i øvrigt andre universitetsuddannelser); dette betyder naturligvis ikke, at vi mener at beregningskompetence ikke er vigtig.

At eksamensformen og arten af eksamensspørgsmål spiller en afgørende rolle for, hvilken grad af forståelse, studerende opnår.

At en kompetence der består i en høj grad af færdighed i at løse bestemte typer af beregningsopgaver ikke nødvendigvis er ensbetydende med en høj grad af forståelse af fagområdets teori.

At studerendes forståelsesmæssige vanskeligheder i mange tilfælde ikke er tilfældige, men at der ofte er tale om et begrænset antal typiske misforståelser eller forståelsesmæssige mangler og at et kendskab til disse er af værdi for tilrettelæggelse af kvalitetsudvikling og undervisningsplanlægning.

Antagelse om studerendes forudsætninger:

Vi har antaget:

At mangler og forskelle i de studerendes forudsætninger ved starten af et kursus udgør et alvorligt problem for planlægning af kurser og for studerendes udbytte.

Antagelser om kvalitetsudvikling af DTU's undervisning

Vi har antaget:

At kvalitetsudvikling der sikrer blivende forbedringer ikke sker ved forsøg på indførelse af bestemte, på forhånd valgte undervisningsformer.

At en afgørende betingelse for en vedvarende kvalitetsudviklingsproces er den enkelte lærers kendskab til studerendes læreproces, faglige forudsætninger og indlæringsmæssige og forståelsesmæssige vanskeligheder.

At de i dag mest benyttede eksamensformer og evalueringer af studerendes opfattelser og tilfredshed med undervisningen giver et utilstrækkeligt grundlag for kvalitetsudvikling.

At succes'en af kvalitetsudviklingstiltag blandt andet er betinget af, at lærere inddrages fra starten og har indflydelse på forløbet.

At kvalitetsudvikling bør knyttes til institutter eller til de grupper af lærere ved institutter der har ansvaret for undervisningen.

At en pædagogisk kvalificering af etablerede lærere bedre opnås ved deltagelse i kvalitetsudvikling af egne fag, hvor pædagogiske principper kan inddrages og drøftes med kolleger i forbindelse med konkret undervisning, end ved pædagogiske kurser hvor pædagogikken må introduceres mere generelt og abstrakt.

Antagelse om pædagogisk meritering

Vi har antaget:

At det er afgørende for gennemførelse af en mere omfattende kvalitetsudvikling at læreres, og for den sags skyld også institutters, arbejde med kvalitetsudvikling gøres meriterende.

2.3 Projektets afgrænsning

I de evaluerings- og kvalitetsudviklingsforløb der er gennemført i forbindelse med projektet, har udgangspunktet været de pågældende kursers indhold og afgrænsning, og de deltagende læreres opfattelse af hvad der var det mest centrale indhold i kurserne. Der er i forbindelse med projektet kun i meget begrænset omfang sat spørgsmålstejn ved dette udgangspunkt. Yderligere har evalueringerne som nævnt primært været rettet mod studerendes begrebslige forståelse. Dermed er en række forhold som er fremme i internationale debatter om ingeniør-uddannelse og ingeniørkompetence - tværfaglighed, syntesefag, udvikling af social og kom-

munikativ kompetence og den personlighedsudvikling der sker i forbindelse med uddannelsen - ikke inddraget. Derudover er spørgsmål om den kompetence kurserne giver, set i relation til videnskabeligt og praktisk arbejdende ingeniørers brug af viden, kun meget lidt inddraget ved de indledende, ret korte drøftelser mellem lærere og ingeniører fra praksis. Det er i det hele taget de deltagende læreres opfattelse af, hvilken kompetence, kurserne skal give, der har ligget til grund for undersøgelsen.

Derudover indebærer projektets udgangspunkt i enkeltkurser en begrænsning. Der kan ved analyser af de enkelte kurser ses problemer med sammenhængen med andre kurser, f. eks. med hensyn til forudsætninger, ønskeligheden af integration eller sammenlægning med tilgrænsende kurser, ganske særligt for så vidt gælder teori- og øvelseskurser. Desuden kan problemer i forbindelse med de rammer, uddannelsen som helhed giver, identificeres. Men spørgsmål om uddannelsens samlede kvalificering og struktur bliver kun inddraget set ud fra enkelte kursers perspektiv.

2.4 Forståelse og kompetence

Som det fremgår har studerendes forståelse af stoffet spillet en central rolle i projektet, både som et generelt mål for uddannelsen og som genstand for evaluering. Vi skal her kort beskrive den betydning af begrebet *forståelse*, vi har brugt i projektet.² Vi vil ikke forsøge at give en generel, udtømmende bestemmelse af begrebet i definitorisk forstand. I projektet har vores interesse været rettet i mod hvad studerende *kan*, altså hvilken kompetence de har som resultat af deres forståelse, ikke hvori forståelse egentligt består.

Der er antagelig en bred enighed om hvad der kendetegner den kompetence som forståelse af et sagsforhold indebærer. F.eks. indebærer en dyb forståelse:

At man kan redegøre sprogligt for den umiddelbare betydning af et begreb eller en sammenhæng, for eksempel ved at man kan angive hvad de enkelte led i et matematisk formuleret udtryk står for.

At man kan genkende begreber og sammenhænge i forskellige repræsentationer og "oversætte" mellem forskellige repræsentationer, f.eks. at man kan genkende en sammenhæng uanset om den er repræsenteret grafisk, som matematisk udtryk eller sprogligt, og at man kan forklare en teoretisk sammenhæng i hverdagssprog.

At man kan gennemskue begreber, sammenhænge og principper i forskellige grader af idealisering.

At man kan forestille sig teoretiske udtryk fysisk eller rumligt.

At man kan ræsonnere med begreber, sammenhænge og principper, f.eks. kan ræsonnere sig til betydningen af forudsætningerne for, eller konsekvenserne af, at be-

² For en mere omfattende redegørelse, se (Jakobsen 1998b)

nytte en metode, og kan ræsonnere sig til hvilke oplysninger eller data der er nødvendige for at benytte en given metode til løsning af et problem.³

Disse aspekter af forståelse eller kompetence har i form af eksempler været præsenteret for lærerne i de involverede kurser og de medvirkende erhvervsrepræsentanter som en indledning til udviklingen af de test der har været benyttet i projektet, se afsnit 3.1.2. Der har gennemgående været god overensstemmelse mellem de her beskrevne kendetegn for forståelse og de typer af forståelse lærerne har angivet at de studerende burde have ved slutningen af kurserne.

I ingeniørfag indgår der, ligesom i andre professions fag, to typer af kompetencer, nemlig den kompetence, der knytter sig til en forståelse af de faglige begreber, modeller og metoder, som de optræder inden for fagenes rammer, og som vi har valgt at kalde en *fagintern kompetence*, og den kompetence, der knytter sig til forståelsen af hvordan man anvender fagenes begreber, modeller og metoder på praktiske problemer, hvilket vi har valgt at kalde en *praktisk kompetence*. Mens vi ovenfor har angivet hvad der kendetegner fagintern kompetence, er der derudover nogle specifikke kendetegn, der beskriver den praktiske kompetence:

At man kan gennemskue en praktisk, kompleks problemsituation og vurdere, hvad der er væsentligt.

At man kan afgrænse og strukturere et problem.

At man kan vælge mellem, og tilpasse, forskellige mulige metoder og modeller og selv opstille modeller.

At man behersker mange af de aspekter, der er angivet som fagintern kompetence, men i ufuldstændigt givne, komplekse og ukendte problemsituationer.⁴

Det er et spørgsmål, i hvilket omfang kandidatuddannelser skal og bør give en sådan praktisk kompetence, ligesom det er et spørgsmål hvilke elementer af den der skal gives, og i hvilket omfang de enkelte kurser skal give den.

Elementer af en sådan praktisk kompetence indgik kun i meget begrænset omfang i hvad lærerne angav som ønskelig slutkompetence eller forståelse, og der er følgelig i forbindelse med projektet blevet udviklet meget få tests af den type kompetence. I hvilken grad dette er udtryk for noget generelt ved DTU's undervisning kan naturligvis ikke afgøres ud fra de ti involverede kurser.

³ Denne beskrivelse af forståelse er i øvrigt i vid udstrækning i overensstemmelse med de øvre forståelsesniveauer i den såkaldte "Blooms taksonomi over det kognitive område" (Bloom m. fl. 1956). Relationen mellem forståelse og kompetence i forbindelse med ingeniøruddannelser behandles i (Carter 1985).

⁴ Det vil sige kunne løse, hvad der i litteraturen betegnes ill-defined, complex, novel, real-world problems (Greeno m. fl. 1988, Voss m. fl. 1988).

3 Projektets forløb. Aktiviteter i forbindelse med projektet

De antagelser vi har gjort forud for projektet har haft to væsentlige konsekvenser for dets forløb. Den ene er at vi har fokuseret på studerendes forståelse. Den anden er at vi har udvalgt et begrænset antal kurser som så er blevet kvalitativt undersøgt med henblik på at redegøre overfor lærerne på kurset for de studerendes indlæring og forståelse. I dette afsnit redegøres der for projektets model og metode.

3.1 Evaluerings- og kvalitetsudviklingsforløb

Den primære aktivitet i projektet har bestået i gennemførelse af ret omfattende evaluerings- og kvalitetsudviklingsforløb for ti kurser fra fire institutter.

Det er gennem disse forløb vi har fundet de resultater vedrørende studerendes indlæring og forståelse som der i de følgende afsnit redegøres for. Og det er i forbindelse med forløbene, vi har identificeret muligheder for kvalitetsudvikling, såvel ved ændringer inden for de enkelte kursers rammer som i forbindelse med rammerne for at gennemføre kurser.

3.1.1 Valg af kurser

De ti kurser, der har været inddraget i projektet, udbydes af fire institutter. Det drejer sig om:

Fra Institut for Kemiteknik:

- 3600 Kemisk Procesteknik
- 3601 Kemiske Enhedsoperationer
- 3602 Øvelser i Kemiske Enhedsoperationer
- 3610 Transportprocesser
- 3621 Reaktorlære

Fra Institut for Informationsteknologi:

- 4305 Funktionsprogrammering
- 4356 Oversættertechnik

Fra Institut for Elektromagnetiske Systemer:

- 4810 Indledende Feltteori
- 4820 Anvendt Feltteori

Fra Institut for Miljøteknologi

- 6380 Luftforurening og Miljøeffekter

De ti kurser er i højere grad valgt med henblik på at være rimeligt spredte med hensyn til holdstørrelse, placering i studieforløbet og anvendte undervisningsformer end med hensyn til fagområde. Spørgsmålet om repræsentativitet har selvfølgelig været overvejet, men det vil være meget vanskeligt at pege på ti kurser, der generelt kan siges at være repræsentative for DTU's kursusudbud. Det ville for det første forudsætte at det kunne afgøres hvilke kriterier der skulle lægges til grund for repræsentativitet, og for det andet ville ti kurser næppe være

nok til at sikre fuldkommen repræsentativitet. Undersøgelsen kan i den forstand nærmere ses som en art stikprøve.

Det blev besluttet ved projektets start ikke at medtage egentlige grundfag blandt de ti kurser, der var ressourcer til at inddrage. Det er i løbet af projektet fremgået af studerendes udtalelser, at de ti valgte kurser "hører til de bedre" kurser på DTU, og at de omfatter kurser der anses for "svære".

3.1.2 Evalueringsmodel

I evalueringsforløbene har typisk deltaget et par lærere for hvert kursus. I nogle tilfælde har flere lærere været ansvarlige for og undervist på kurserne. I andre tilfælde har, foruden den ansvarlige lærer, en lærer fra et nært tilgrænsende kursus eller formanden for pågældende instituts undervisningsudvalg deltaget.

Af hensyn til de studerendes deltagelse i projektet har vi hemmeligholdt alle de resultater af spørgeskemaer og tests der kan henføres til enkeltpersoner. Resultaterne er derfor kun offentliggjort i anonymiseret form. Da projektgruppen ikke har faglig kompetence indenfor alle de evaluerede kurser, har vi benyttet en såkaldt "fagligt sagkyndig", typisk en ph.d.-studerende ved kursets institut, til at rette tests og deltage ved interviews.

De gennemførte evaluerings- og kvalitetsudviklingsforløb har af forskellige praktiske årsager ikke været fuldstændig ens, men har typisk omfattet nedenstående trin.

Informationsmøde

Forløbene er startet med et informationsmøde, hvor projektets idé er præsenteret og hvor fordelingen af aktiviteter mellem lærere og projektgruppe er fastlagt. I de fleste tilfælde er eksempler på hvordan forskellige typer af tests kan udvikles blevet gennemgået i relation til et udleveret arbejdsblad.

Seminar

Repræsentanter fra projektgruppen har herefter sammen med kursets lærere og den fagligt sagkyndige gennemført et seminar af halvanden dags varighed på et kursussted i nærheden af København. I de fleste tilfælde er flere kurser fra samme institut behandlet parallelt på ét seminar. I alt er 5 seminarer gennemført.

På seminarets første dag identificeredes de mest centrale elementer i kursets indhold. I den forbindelse medvirkede en af lærergruppen udpeget sagkyndig repræsentant for erhvervslivet. Projektgruppen præsenterede forslag til og eksempler på tests, og gruppen skitserede herefter et antal testspørgsmål der omhandlede disse elementer. I mange tilfælde blev testspørgsmålene stort set færdigbearbejdede på seminaret. Der blev lagt vægt på at det var

de studerendes begrebslige forståelse der skulle måles, mere end deres beregningskompetence eller faktuelle viden. De udviklede tests har derfor altovervejende været kvalitative tests.

På seminarets anden dag identificerede lærerne eksempler på afgørende forudsætninger studerende skulle have ved kursusstart for at kunne følge og få udbytte af kurset, og også for disse skitseredes eller udarbejdedes testspørgsmål. Disse tests drejede sig ikke udelukkende om forudsætninger i form af forståelse, idet tests af faktisk viden og færdigheder også blev inkluderet.

Herudover blev et generelt spørgeskema til studerende forelagt lærerne, der så havde lejlighed til at supplere med spørgsmål af interesse. Spørgeskemaet omfattede spørgsmål om de studerendes motivation for at følge kurset, deres studiestrategi og de vanskeligheder de oplevede i forbindelse med undervisningen.

Færdiggørelse af tests og spørgeskemaer

Efter seminaret færdiggjorde projektgruppen tests og spørgeskemaer i samarbejde med lærerne. Under alle omstændigheder blev tests i deres endelige form forelagt lærerne til godkendelse.

Tests, interviews og spørgeskemaundersøgelse i løbet af kurset

Umiddelbart efter kursernes start blev de implicerede studerende skriftligt og mundtligt informeret om projektet og den tilsikrede anonymitet. De besvarede samtidig tests i forudsætninger og spørgeskemaspørgsmål. Besvarelsesprocenten for de gennemførte forudsætningstests har i gennemsnit ligget på 66%, men har svinget mellem 24% og 91%.

Besvarelsene blev gennemgået af den fagligt sagkyndige og resultaterne opgjort af den fagligt sagkyndige i samarbejde med projektgruppen. Ud fra besvarelsene blev fem til ti studerende udvalgt til interviews. Den fagligt sagkyndige medvirkede ved interviews.

Ved kursernes slutning, lige før eller umiddelbart efter eksamen, besvarede de studerende sluttets. Det har, især for nogle kursers vedkommende, været et problem at få studerende til at deltage i besvarelse af sluttets. Testen har i de fleste tilfælde ligget umiddelbart efter eksamen, og mange studerende har da udvist en ringe lyst til at beskæftige sig mere med kurset. Besvarelsesprocenten har varieret fra 16% til 100%, i gennemsnit 50%. Det viser sig at den gennemgående er studerende med lave eksamenskarakterer der ikke har ønsket at deltage i sluttets.

Besvarelsene blev gennemgået af den fagligt sagkyndige som ud fra lærerens anvisning gav hver besvarelse en karakter efter 13-skalaen. Fra læreren eller studiekontoret modtog vi de studerendes eksamenskarakterer.

Ud fra besvarelsene blev et mindre antal studerende udvalgt til interviews. Ved de gennemførte interviews deltog den fagligt sagkyndige. Der blev valgt studerende såvel med gode som med mindre gode resultater ved tests og eksamen og især studerende med stor forskel mellem eksamens- og testresultatet.

Udarbejdelse af evalueringsrapport

For hvert kursus er der udarbejdet en omfattende rapport med resultater fra tests, interviews og spørgeskemaer. Rapporten blev sendt blandt andet til de implicerede lærere som grundlag for drøftelser af ændringer af kurserne.

I fire tilfælde er der gennemført gentagne evalueringer af kurser. Dette gælder kurserne 3610 Transportprocesser, 4305 Funktionsprogrammering, 3602 Øvelser i Kemiske Enhedsoperationer, samt 6380 Luftforurening og Miljøeffekter. Resultaterne fra begge evalueringer er i disse tilfælde sammenskrevet i én rapport.

I sommeren 1996 blev der udarbejdet en kort, foreløbig rapport over resultater fra evalueringen af kurser fra Institut for Kemiteknik.

Planlægning af ændringer

På grundlag af evalueringsrapporterne blev der gennemført drøftelser med de implicerede lærere om behov for ændringer. For resultater af disse drøftelser henvises til afsnit 5. I foreløbig to tilfælde er der herudover på grundlag af evalueringens resultater gennemført seminarer med deltagelse af flere lærere fra de pågældende institutter.

3.1.3 Om forholdet mellem tests og interviews i evalueringen

Som det fremgår af ovenstående er evalueringen af kurserne overvejende kvalitativ. Der blev ved opgørelsen af resultaterne lagt vægt på at identificere typiske svartyper, både blandt de korrekte og inkorrekte besvarelser.

De gennemførte interviews havde en varighed på omkring en time, og udgangspunktet var den interviewede studerendes besvarelse af tests. I nogle tilfælde blev der ved de afsluttende interviews også taget udgangspunkt i enkelte eksamensopgaver.

De gennemførte interviews havde det direkte sigte at skabe et billede af hvad der lå til grund for den studerendes vanskeligheder med at opnå en forståelse af faget herunder at få tegnet et billede af den studerendes måde at ræsonnere om fagets centrale elementer på. Hvor det var muligt, søgte projektgruppen også at undersøge hvordan indlæringsprocessen blev påvirket af den studerendes måde at forholde sig til uddannelsen og sin egen indlæring på. En beskrivelse hentet fra et interview, af hvordan en studerendes måde at forholde sig til sin egen indlæring på påvirker hans indlæring findes på side 40 (studerende "B"). Med kvalitetsudviklingsformålet for øje søgte projektgruppen yderligere at få uddybet årsagerne til den studerendes opfattelse af hvad uddannelsen går ud på (for så vidt disse årsager skulle søges i uddannelsens indhold og opbygning).

De gennemførte interviews var semistrukturerede interviews omkring den studerendes besvarelse af forudsætnings- (indledende interviews) henholdsvis slutttest (afsluttende interviews). Inden hvert interview udvalgte projektgruppen og den fagligt sagkyndige i fællesskab en række testspørgsmål til uddybelse ud fra den studerendes besvarelse samt det generelle resultat af tests og eksamen. I interviewet blev den studerende bedt om at besvare test-

spørgsmålet igen og opfordret til at forklare hvordan svaret var fremkommet. Der blev yderligere spurgt til divergenser mellem forskellige svar, f.eks. mellem forskellige testspørgsmål indenfor samme emne. Der var også spørgsmål af mere overordnet karakter, f.eks. den studerendes egne oplevelser af vanskeligheder og af kurset og undervisningen i det hele taget.

Ved fremlæggelsen af resultaterne blev uddrag fra interviews brugt til at illustrere og uddybe de studerendes testbesvarelser.

3.2 Kollegavejledning

En af de grundlæggende ideer i projektet har fra starten været, at kvalitetsudvikling burde knyttes til de organisatoriske enheder der har ansvaret for undervisningen, dvs. institutter eller dele af institutter. Derudover skulle samme enheder eller grupper af lærere der stod for udformning af evalueringsforløbene, også have ansvaret for at udnytte resultaterne. Dette har ført til planer om kvalitetsudviklingsforløb der kombinerer tests af studerendes indlæring med elementer af gensidig kollegavejledning.

Som et delprojekt af Faglig Sammenhæng startedes derfor i 1996 i samarbejde med Ingeniøruddannelsernes Pædagogiske Netværk og med Per Lauvås, Oslo Universitet, et projekt, i hvilket vi har afprøvet en model for kollegavejledning på danske universiteter. I projektet medvirker lærere fra flere danske højere læreanstalter, men med en overvægt af lærere fra ingeniøruddannelser.

I den anvendte model tilstræbes det at læreren i vejledningen overvejer sin måde at tænke undervisning på, idet læreren skal begrunde sin plan med undervisningen og redegøre for sine valg. Meningen er at læreren gennem denne proces kan blive mere bevidst om sin egen undervisning og begrundelserne for de valg hun træffer i undervisningen, og dermed få mulighed for at træffe andre valg, og forbedre sin undervisning. Ideen er at læreren skal igennem disse overvejelser både før og efter undervisningen, og modellen har derfor en vejledningssession både før undervisningen gennemføres ("førvejledning") og efter ("eftervejledning"). Selve vejledningen gennemføres med observation, så der er tre deltagere i en vejledningsgruppe: lærer, vejleder og observatør, og det tilstræbes at vejledningsgrupperne sammensættes tværfagligt. Selve undervisningen overværes af vejlederen og evt. observatøren. Metoden er nærmere beskrevet i to bøger af Lauvås m. fl. (Lauvås m. fl. 1996 og 1997).

Projektet skal resultere i en mindre bog (Lauvås m. fl. 1999).

Projektgruppen har overvejet en model for et forløb der kombinerer kollegavejledning med læreres evaluering af deres studerende. Vi ønsker med denne model også at fokusere på fagdidaktiske forhold ved at lægge op til at vejledningen tager udgangspunkt i resultaterne af tests af studerendes indlæring og forståelse - tests som lærerne har gennemført efter "Faglig Sammenhæng"-modellen. I forsøgene med denne type af gensidig kollegavejledning tænkes afprøvet kvalitetsudviklingsforløb hvor vejledningen sker i grupper af lærere fra samme institut/fagområde.

3.3 Udvikling af materiale i forbindelse med forløbet

I projektets indledende fase gennemførtes drøftelser med flere interesserede lærere af forskellige centrale elementer og mulighederne for at lave tests af studerendes forståelse af disse. Som resultat af dette kom et foreløbigt, mindre skrift (Jakobsen m. fl. 1995a)⁵ til brug ved seminarer. Den del heraf der vedrører typer af tests og brug af tests, er senere omarbejdet til skriftet “Tests og Opgaver i Undervisningen i Ingeniøruddannelserne” som er under færdiggørelse og vil udkomme som nr. 3 i CDM’s skriftserie.

Da de første evalueringsforløb var gennemført udarbejdedes med henblik på drøftelser om kvalitetsudvikling, et foreløbigt skrift “Praktisk Kursusplanlægning”. Dette skrift er nu ved at blive revideret og færdiggjort og vil udkomme i CDM’s skriftserie som nr. 2.

I løbet af projektet er en række arbejds papirer udarbejdet og drøftet blandt andet om den betydning af begrebet forståelse vi har fundet hensigtsmæssig og om de aspekter heraf vi mener er af betydning. Et skrift der omhandler disse overvejelser “Om Forståelse af Ingeniørfaglige Begreber”, CDM’s skriftserie nr. 4, er under udarbejdelse.

Som nævnt ovenfor er en mindre bog om gensidig kollegavejledning under udarbejdelse i samarbejde med Per Lauvås, Oslo Universitet, (Lauvås m. fl. 1999).

Derudover har vi påbegyndt et skrift, der omfatter beskrivelser af kurser fra ingeniøruddannelser i hvilke der anvendes forskellige undervisningsformer og forskellige kombinationer af undervisningsformer. Skriftet er planlagt videreført i samarbejde med andre skandinaviske ingeniøruddannelser.

3.4 Modeller for videre kvalitetsudvikling

Med henblik på en videre kvalitetsudvikling af DTU’s undervisning arbejder Center for Didaktik og Metodeudvikling med forslag til mindre ressourcekrævende modeller for kvalitetsudviklingsforløb, blandt andet som foran nævnt modeller der indeholder elementer af kollegavejledning.

3.5 Relationerne mellem grundfagene og anvendelsesfagene

De studerende har i deres spørgeskemabesvarelser og især ved interviews, givet udtryk for at de har vanskeligt ved at se sammenhængen mellem hvordan visse begreber og modeller

⁵Til dette skrift bidrog professor Ole Tønnesen og lektor K. O. H. Pedersen, Institut for Elteknik, lektor Lars Damkilde, Institut for Bærende Konstruktioner og Materialer, Pauli Pedersen, Institut for Faststofmekanik, samt Niels Houbak, Institut for Energiteknik, med en række forslag til testtyper.

indføres i grundfagene, og hvordan de senere benyttes i anvendelsesfagene. Det er et klassisk, men øjensynligt også et aktuelt, vigtigt problem.

Vi har planer om at gennemføre drøftelser herom med lærere fra grundfagene og har foreløbigt haft en indledende drøftelse med professor Vagn Lundsgaard Hansen fra Matematisk Institut.

3.6 Evalueringsforløb på KVL og AUC

Der har fra flere sider været interesse for projektet, blandt andet i forbindelse med indlæg, møder og foredrag hvor medlemmer af projektgruppen har præsenteret projektets idé, metode og foreløbige resultater. F.eks. har projektgruppen præsenteret projektet på Evalueringscentret, på KU's naturvidenskabelige fakultet og i "Dansk Universitetspædagogisk Netværk" (DUN).

Denne interesse har foreløbig resulteret i at projektgruppen som indtægtsdækket virksomhed, har påtaget sig at gennemføre evalueringsforløb efter den model vi har anvendt på DTU, af to kurser på ingeniøruddannelsen på Ålborg Universitet og af to kurser på Den Kongelige Veterinær- og Landbohøjskole. Begge steder drejer det sig om et "traditionelt" og et projektor organiseret kursus. For kurserne på Ålborg Universitet foreligger en rapport (May m. fl. 1998), men evalueringen af ét af kurserne på Landbohøjskolen strækker sig til slutningen af 1998, hvorfor rapporten herfra først ventes færdig i starten af 1999.

En medvirkende årsag til at vi har påtaget os opgaven har været muligheden for at undersøge projektor organiserede kurser.

4 Projektets resultater

Som led i projektet er som nævnt i afsnit 3 gennemført forudsætningstests og slutttests for ti kurser og med udgangspunkt i resultaterne herfra er foretaget interviews med fra 6 til 10 studerende fra hvert kursus. Desuden har de studerende i hvert kursus besvaret to - i nogle tilfælde tre - spørgeskemaer. Resultaterne er for hvert kursus beskrevet i en ganske omfattende rapport⁶ (ca. 20-30 sider), der har dannet udgangspunkt for diskussioner med de respektive kursers lærere af eventuelle ændringer i kurserne.

Projektets resultater i form af viden om de studerendes forståelse, deres studiestrategi og forholdet mellem disse ting og eksamen, har vi redegjort for i de ovenfor omtalte rapporter. Nedenstående afsnit er således et forsøg på at generalisere og sammenskrive de vigtigste pointer i rapporterne og på denne baggrund, og på baggrund af diskussioner med de involverede lærere, samlet redegøre for de problemer med studerendes indlæring og forståelse vi har fundet i projektet. Et fuldstændigt indblik i projektets resultater kan dog kun fås ved læsning af rapporterne. I afsnit 5 diskuteres nærmere hvordan problemerne kan afhjælpes på kortere og længere sigt.

Formålet med rapporterne var at redegøre for de studerendes indlæringsproces, i første omgang til brug for kursens lærere. Generelt belyses tre aspekter i rapporterne: De studerendes baggrund og studiestrategi, såsom tidsforbrug per uge og deltagelse i de forskellige undervisningstilbud. De studerendes forudsætninger, både formelle og de der fremgår af resultaterne af forudsætningstesten. Og de studerendes forståelse af faget som den fremgår af slutttesten. Nedenfor redegøres først for hvad der generelt kan siges om de studerendes forståelse, herefter følger studiestrategi og til sidst belyses de problemer der har vist sig med de studerendes forudsætninger.

4.1 Studerendes forståelse af centrale elementer

I rapporterne er de studerendes vanskeligheder ved at opnå forståelse af fagets centrale elementer illustreret ved at resultaterne af de studerendes svar er præsenteret på fire måder: En opgørelse af antal rigtige og antal forkerte besvarelser, en præsentation nogle typiske *svartyper*, et antal *interviewsekvenser* som illustrerer eksempler på hvordan studerende ræsonnerer over den stillede opgave og en diskussion af hvilke *typiske vanskeligheder* de studerende støder på ved besvarelsen af en sådan type opgave. En uddybning af svartyperne er anført hvor det var muligt, mens interviewsekvenser og diskussion af typen af vanskeligheder er præsenteret for et mindre antal af de mest interessante af testspørgsmålene.

Svartyperne er fremkommet ved at den fagligt sagkyndige har noteret de mest typiske typer af besvarelser, både når der er tale om flere typer "rigtige" svar og når der er tale om flere typer "forkerte" eller mangelfulde svar. F.eks. lyder et testspørgsmål fra slutttesten i kurset 3610 Transportprocesser:

⁶Rapporter for de enkelte kurser kan fås ved henvendelse til Center for Didaktik og Metodeudvikling, DTU. En samlet liste over rapporterne findes i afsnit 8.

Short questions

6.1 Hvad er viskositeten η et udtryk for?

Første spørgsmål af de 12 "short questions" i spørgsmål 6 i sluttesten til 3610 Transportprocesser Efteråret '95.

Følgende udsnit af rapporten illustrerer beskrivelsen af svartyperne:

“Det er meget varierende hvor kortfattet de studerende vælger at besvare disse "short questions". I spørgsmål 6.1 om *viskositet*, svarer nogle meget kort at viskositet er udtryk for "sejheden" eller "en væskes konsistens", mens andre forklarer mere om den fysiske betydning af begrebet. Disse forklaringer er enten "fænomenologiske", det vil sige de tager udgangspunkt i det man observerer, f.eks. "Hvor nemt en væske glider på sig selv eller en overflade", eller de kan referere til den teoretiske model, som f.eks. "Hvor godt et medium transporterer bevægelsesmængde". Tre eksempler på besvarelser, der må betegnes som enten vage eller ukorrekte var at viskositet blev forklaret som udtryk for "intermolekylære forskydninger" eller en "modstand mod at bevæge sig" eller tværtimod "en fluids evne til at bevæge".”

Udsnittet illustrerer hvordan den enkelte svartype gennemgående bedst lader sig beskrive ved citater fra nogle typiske studenterbesvarelser - med mindre der selvfølgelig er en oplagt egentlig kategorisering, som f.eks. i multiple-choiceopgaver, hvor de "typiske svartyper" jo er givet på forhånd.

Et andet eksempel, som stammer fra rapporten for 3600 Kemisk Procesteknik, er:

Forklar med dine egne ord begreberne arbejde og effekt.

Fra forudsætningstesten i 3600 Kemisk Procesteknik Efteråret '95

Følgende er et udsnit af rapporten, der illustrerer de studerendes svartyper:

“I spørgsmål 15 beder vi de studerende forklare begreberne *arbejde* og *effekt* med egne ord. Kun 12% har svaret korrekt på begge spørgsmål. Mange foretrækker at bruge formler i stedet for egne ord, når de skal definere sådanne begreber. 26% har svaret forkert med hensyn til ét af begreberne, men har dog svaret korrekt på det andet. Det er her typisk arbejde, de studerende kan definere som kraft gange vej, men igen *er begrebet ofte ikke generaliseret*, kun angivet via et kendt eksempel, som f.eks. "omrøring". Der forekommer også *vage formuleringer*, som f.eks. "noget der tilføres via en kraft", en "fysisk ændring af tingenes tilstand",

"arbejdet er den mængde energi, der skal tilføres for at flytte f. eks. en bil". Der forekommer en del *sammenblandinger af arbejde og effekt*, f.eks. i formuleringer som "effekt er den energi der afsættes". Effektbegrebet, altså arbejde per tidsenhed, volder flere problemer end arbejdsbegrebet. Nogle blander effekt sammen med *udnyttelsen af arbejdet* og andre *forbinder udelukkende effekt med elektrisk strøm*: "Effekt=Energi der afsættes af strøm". 44% har svaret forkert på begge spørgsmål. I denne gruppe finder vi yderligere misforståelser af arbejds- og effekt-begrebet. Flere mener at *arbejde er en form for bevægelsesenergi* ("Arbejde = bevægelsesenergi.") eller *en energiform, der skal ses i modsætning til varmeenergi*: "Arbejde er højniveauenergi i modsætning til varme. Eks. på arbejde: pV-arbejde, el-arbejde osv.", "Effekt er energi pr. sekund. Arbejde er energi der udvindes som andet end varme.", "Arbejde: Den energi som skal benyttes for at udføre et arbejde.", "Arbejde: ved ikke. Effekt: den varmeenergi et system kan aflevere til et andet system.". Der synes med andre ord, at herske en del forvirring omkring definitionen af enkle fysiske begreber som arbejde og effekt."

Hensigten med at angive svartyper har været at give lærerne et materiale der ikke bare viser *at* de studerende har vanskeligheder med at besvare testspørgsmålene som opgørelsen over rigtige og forkerte svar viser, men også *hvilke* vanskeligheder de studerende har, så undervisningen kan forholde sig til disse. Det er efterfølgende diskuteret med lærerne hvordan de i deres undervisning skal "forholde sig" til de studerendes forståelsvanskeligheder. Dette uddybes yderligere i afsnit 5.

Interviewsekvenser er brugt som yderligere illustration af de studerendes måde at ræsonnere på - eller deres manglende evne til samme - og til at uddybe ideer om hvad eventuelle misforståelser kan bero på. Et eksempel der illustrerer studerendes manglende evne til at ræsonnere om faglige spørgsmål er et spørgsmål i rapporten fra 3600 Kemisk Procesteknik der lyder:

Forklar, hvad bevægelsesmængde (impuls) er.

Fra forudsætningstesten i 3600 Kemisk Procesteknik.

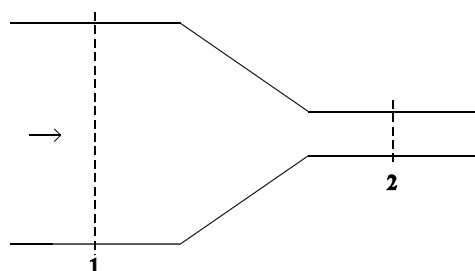
Følgende sekvens er et udsnit af rapporten:

"I det følgende interviewfragment har en studerende slet ikke besvaret spørgsmålet om impuls. Da der er tale om en studerende der har fået karakteren 13 i *1532 Mekanik og Elektromagnetisme* spørger vi lidt til impuls og den tilhørende bevarelsessætning. Samme studerende forbinder i øvrigt kun potentiel energi med tyngdefeltet og f.eks. ikke med et elektrisk felt.

(Bevægelsesmængde, - det kan du ikke huske?)
 Ja, jeg må indrømme jeg kan ikke huske formelen for det, så derfor gad jeg ikke skrive noget”
 (Nej. Men kan du sige noget om, hvad det er?)
 “Jeg må indrømme det ...”
 (Du kan sikkert huske noget om, hvad det handler om?)
 “Jamen altså, jeg ved godt at jeg burde, men det er ikke sådan noget jeg har brugt særlig meget. Det er noget jeg har glemt sådan ret hurtigt igen.”
 (Hvis du tænker på noget med to legemer, to kugler, der støder sammen isoleret, kan du så huske noget om, hvad der så gælder?)
 “...”
 (Sådan med bevarelse ...)
 “ næh”

Interviewfragment 2. Den studerende kan hverken huske noget om impuls eller impulsbevarelse . (...) = interviewer, "... " = studerende. Den studerende fik 13 ved eksamen (i 3600) og 13 i 1532 (Mekanik).”

Et andet illustrativt eksempel viser hvordan en studerende ræsonnerer om Bernoullis ligning, som der er spurgt til i følgende test. Denne test viste sig at være et godt udgangspunkt for at få et indtryk af de studerendes (manglende) *intuitive forankring* af fundamentale fysiske sammenhænge omkring energibevarelse, og dermed også af de problemer der kan opstå ved sammenblanding af videnskabelige modeller og hverdagsforestillinger.



Der betragtes et vandret rør med en kontraktion som vist på figuren. Strømningen fra plan 1 til plan 2 er friktionsfri. Trykket ved de to planer betegnes henholdsvis p_1 og p_2 .

Angiv om du forventer (begrund svaret):

A: $p_1 > p_2$ B: $p_1 < p_2$ C: $p_1 = p_2$

Spørgsmål 2 fra forudsætningstesten i 3610 Efteråret 95. Der er på forhånd givet tre svartyper, A, B og C.

60 % (27) af de studerende svarer korrekt (A) at trykket er størst før kontraktionen, mens 30% (17) mener (B) at trykket må være størst efter kontraktionen og endelig er der 10% (5) der mener (C) at trykket må være lige stort.

Følgende er et udsnit af rapporten til 3610 Transportprocesser der omhandler denne test:

“Den udbredte forestilling om, at trykket må være størst efter kontraktionen af røret, beror formentlig på at *forståelsen af de fysiske begreber om strømning, friktion og energibevarelse forstyrres af hverdagsforestillinger*, der ikke er blevet opgivet på trods af en (partiel) tilegnelse af de mere avancerede begreber. Igen er der mange eksempler herpå fra udenlandske undersøgelser af fysikstuderendes forståelse af højere undervisning. Det er således ikke et specielt DTU-problem at intuitioner og forestillinger fra hverdagen bevares (i det man kalder en "naiv fysik") sideordnet med tillærte videnskabelige begreber og modeller.

I dette specifikke tilfælde bekræftes det i interviews at problemet kan bero på en hverdagsforestilling om, at der "bliver mindre plads til" en given væskemængde når den bliver "presset sammen" af forsnævringen i røret. Der tages i denne "naivt fysiske" model af fænomenet ikke højde for at væsken strømmer hurtigere efter kontraktionen, eller for at væsken i modellen ses som inkompressibel. Den "naivt fysiske" model er en statisk model, mens den korrekte fysiske model er dynamisk og baseret på principperne om energi- og masse-balance. Problemet fremgår af interview fragment 3 nedenfor. Den studerende har angivet at trykket er størst i snittet 2 på figuren, fordi "de får mindre plads at være på" efter kontraktionen. Han indfører her eksplicit en mental model for at redegøre for svaret, "hvis det nu er de blå og gule, der strømmer derinde ...", hvor der antageligt refereres til molekylemodeller med blå og gule kugler. Hverdagsforestillinger om tryk kan endog bero på en analogi til den kropslige erfaring af at blive "presset sammen" i en gruppe af mennesker.

(Du skriver at den lineære strømningshastighed bliver større i 2) [Jvf. snit 2 i figuren] "Hm" (Det må nødvendigvis være sådan.) "Ja, den lineære hastighed bliver større" (Og det er så dertil, at du konkluderer at trykket må være større i 2 end det er i 1. Kan du forklare hvordan du er kommet frem til det?) "Ja det kan jeg godt. Den er langt ude. Eller det er sådan en fornemmelse af, ... jeg var lige ved at sige, hvis det nu er de blå og gule der strømmer derinde, og de så får mindre plads at være på ..." (Hvis jeg nu siger, at det er en inkompressibel væske, vi kigger på. Det vil sige, at densiteten...) Så bliver trykket det samme. (Så mener du, det skal være C, der er løsningen til den?) "Ja åhm... Det ved jeg s'gu ikke, rent ud sagt." (Hvilken opfattelse har du af, hvad tryk egentlig er for noget?) "Jeg har en fornemmelse af, at det er den kraft, som de enkelte partikler, molekyler eller hvad det er, påvirker en flade med" (Ja, men hvor tror du så, kraften skal være størst henne? Hvis du nu kigger på det flow. For at det flow kan eksistere, hvor skal kraften så være størst henne?) "...." (Må jeg spørge, siger Bernoulli-ligningen dig noget?)
--

"Ja, men jeg kan ikke huske den."
 (Du kan ikke huske den...)
 "Jeg ved godt hvad det går ud på, men ..."
 (Ja, hvad går den ud på?)
 "Det er noget med forholdet mellem kinetiske ..., trykket i, ...eller trykforskelle i strømmen i et rør, og den kinetiske energi og øh den potentielle energi."
 (Hvad er det kvalitativt den går ud på, Bernoulli-ligningen? Hvad er det den bygger på?)
 "Puh ha ... Den bygger vel på en antagelse om, at den for det første er inkompressibel"
 (Hm)
 "Ja ... det er ikke noget, jeg sådan har styr på overhovedet"

Interview fragment 3. Den studerende har svaret B på spørgsmål 1 i testen, og kommer i interviewet frem til C som et alternativt svar, der imidlertid også er forkert. (...) = interviewer, "... " = studerende. Den studerende fik 9 ved eksamen."

Det sidste uddrag af rapporterne vi vil medtage her, er et eksempel på studerendes udvikling af forståelse over en længere periode. Vi har i et enkelt tilfælde haft mulighed for at stille den samme opgave til to grupper studerende, og til den ene gruppe to gange med et års mellemrum. Det drejer sig om følgende testspørgsmål:

Bernoulliligningen kan skrives:

$$p + \frac{1}{2}\rho v^2 + \rho g z = \text{konstant}$$

1.1 Beskriv kvalitativt den fysiske betydning af de indgående led.

1.2 Hvad er forudsætningen for at kunne anvende Bernoulliligningen?

Spørgsmål 1 i forudsætningstesten i 3602 Øvelser i Kemiske Enhedsoperationer.

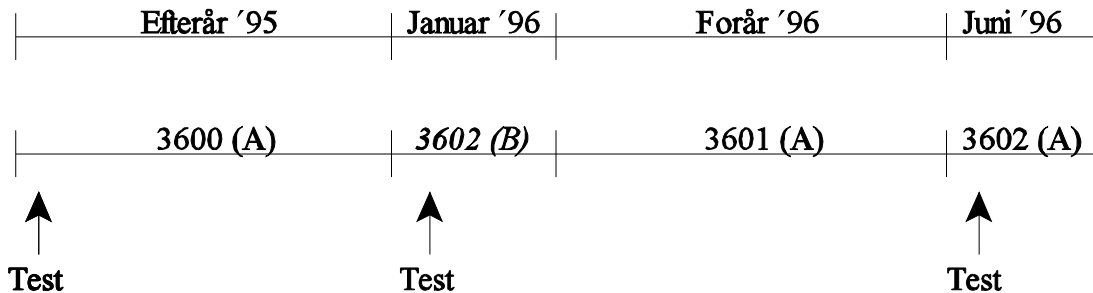
Denne test spørger altså til de studerendes *fysiske forståelse* af en ligning som de vides at have brugt i beregningsopgaver, ligesom der spørges om forudsætningerne for at kunne bruge ligningen.

Spørgsmålet har som sagt været stillet to gange til den samme gruppe studerende (gruppe A) og een gang til anden gruppe studerende (gruppe B) i forbindelse med kurserne 3600 Kemisk Procesteknik og 3602 Øvelser i Kemiske Enhedsoperationer.

Kurserne 3600 og 3602 er forbundet således: 3600 er første del af et teorikursus hvis anden del er 3601 Kemiske Enhedsoperationer. 3602 er et efterfølgende øvelses kursus. 3600 gives kun i efterårssemestret, 3601 gives kun i forårssemestret, mens 3602 på grund af deltagerbegrænsning, udbydes både i juni i umiddelbar forlængelse af 3601 og i januar måned.

Gruppe A har fået spørgsmålet som en del af forudsætningstesten i 3600 Kemisk Procesteknik i efteråret '95 og som en del af forudsætningstesten i 3602 Øvelser i Kemiske Enhedsoperationer i juni '96. Denne gruppe havde altså øvelseskurset 3602 i umiddelbar for-

længelse af teorikurset (bestående af 3600 fulgt af 3601). Gruppe B har modtaget spørgsmålet som en del af forudsætningstesten i øvelseskurset 3602 i januar '96, hvor det var mindst et halvt år siden, de havde haft teorikurset (3600 og 3601) for det havde de afsluttet i juli '95 (eller tidligere) (se figur nedenfor).



Antallet af de studerendes rigtige svar er vist i nedenstående tabel:

Rigtige svar:	Kursus:		
	3600(A)	3602 (A) Jun. '96	3602 (B) Jan. '96
1.1 Beskriv kvalitativt...			
forklarer fysisk betydning af leddene	12%		
Angiver betydning af de enkelte parametre	28%		
I alt	40%	80%	60%
1.2 Hvad er forudsætningen...			
Kan angive én forudsætning	40%	30%	30%
Alle forudsætninger	0%	0%	0%

Som det fremgår af tabellen kan 40% af de studerende angive et rigtigt svar på spørgsmål 1.1 ved forudsætningstesten i teorikurset 3600. Imidlertid kan kun 12% af de studerende give en egentlig redegørelse for de enkelte led i ligningen; ligningen er en specifik udgave af energibevarelsessætningen og de enkelte led er således forskellige energiformer. På dette kursus er et kursus i termodynamik en formel forudsætning (Fysisk kemi 1), og et kursus i mekanik skal tages senest samtidig. På dette kursus går dog 75% af deltagerne på 5. semester eller senere, og disse har sandsynligvis haft mekanikkurset. Det var derfor rimeligt at forlange at de studerende skulle kunne gennemskue betydningen af de enkelte led i ligningen. De resterende 28% angiver blot betydningen af de enkelte parametre i ligningen, f.eks. at v er hastigheden og g er tyngdeaccelerationen.

I de efterfølgende kurser kan 80% angive et rigtigt svar på øvelseskurset 3602 i juni '96, og det var den samme gruppe af studerende (gruppe A) der fik testen ved starten af teorikur-

set 3600 et år forinden. I den anden gruppe af studerende (gruppe B) der er på øvelseskurset 3602 i januar '96 og dermed har afsluttet anden del af teorikurset, nemlig 3601, mindst et halvt år tidligere, kan 60% af de studerende angive et rigtigt svar på spørgsmålet. Denne gruppe studerende har ikke haft spørgsmålet tidligere.

Som det fremgår af tabellen kan 40% af de studerende angive mindst een forudsætning for at bruge ligningen ved forudsætningstesten i teorikurset 3600, mens 30% kan angive mindst een forudsætning i begge øvelseskurser. Ingen af de studerende kan angive alle forudsætninger.

De studerendes besvarelser af dette testspørgsmål afspejler to forhold af mere generel karakter: I hvert fald i nogen tilfælde som i spørgsmålet hvor de studerende skal angive betydningen af de enkelte led i ligningen, modnes de studerendes forståelse faktisk med tiden - i hvert fald hvis de får lejlighed til at arbejde med stoffet i et længere forløb; her tre kurser i træk. I andre tilfælde, som i spørgsmålet om forudsætningerne for at anvende ligningen, er der ingen udvikling i de studerendes forståelse over tid. Der har som projektet er gennemført ikke været mulighed for mere generelt at undersøge i hvilken grad en højere grad af forståelse opnås når studerende møder de samme begreber i flere kurser.

4.2 Studerendes forståelsesvanskeligheder

Samlet set er der en række forståelsesproblemer som vi i projektet har dokumenteret i relation til kursernes specifikke faglige indhold. Det drejer sig f.eks. om

- problemer med utilstrækkeligt generaliserede begreber (f.eks. at arbejdsbegrebet kun forbindes med omrøring ved blanding af væsker selvom den studerende har haft et kursus i mekanik) eller omvendt med vage eller "overgeneraliserede" begreber,
- problemer med at hverdagsforestillinger om fysiske fænomener vedvarer side om side med de videnskabelige begreber og modeller, som de kommer til at forstyrre (f.eks. hverdagsforestillinger om "tryk"/pres der blandes sammen med trykbegrebet i fluid mekanik),
- problemer med at aflæse og ræsonnere over grafer og diagrammer og de modeller de repræsenterer (f.eks. termodynamiske grafer der søges husket alene for deres form uafhængig af hvad de betyder ifølge modellen, hvad akserne repræsenterer etc.),
- problemer med at genkende begreber og modeller i forskellige grader af idealisering (f.eks. at genkende begreber og modeller fra grundfagene i den udformning de har i anvendelsesfagene).
- problemer med at forstå under hvilke betingelser idealiserede modeller gælder og ræsonnere med disse betingelser (f.eks. ved at forsimple modeller og vurdere hvad der er rimeligt i situationen).

Dette er blot nogle eksempler der kan illustrere hvad forståelsesmæssige vanskeligheder inden for ingeniøruddannelser kan være. En mere fyldestgørende diskussion af kompetenceelementer i ingeniøruddannelser, og dermed også potentielle vanskelighedstyper findes i (Jakobsen m. fl. 1998). Det er væsentligt at opbygge en viden om sådanne vanskeligheder, fordi der synes at være et begrænset antal forskellige typer af vanskeligheder af denne art og fordi der inden for de enkelte fag synes at være et lille antal typiske misforståelser af de enkelte begreber, modeller, principper, metoder og ræsonnementer. Selv om nogle lærere sikkert undertiden føler at de her står over for et kaotisk felt af tilfældige misforståelser (som der derfor ikke er nogen mulighed for at vide noget om), er det i denne sammenhæng en pointe at der er en lære at drage fra sådanne misforståelser og "alternative opfattelser", fordi de er begrænsede i antal og systematisk forbundne indbyrdes.

Studerendes vanskeligheder med at konstruere en adækvat forståelse af et bestemt begreb, en bestemt model etc. er i reglen slet ikke tilfældig, men vil typisk være begrundet i anden relevant viden eller eventuelt i analoge men vildledende hverdagserfaringer, som så at sige forstyrrer eller svækker deres ræsonnementer på en systematisk måde. Det vil derfor være både nyttigt og interessant for fagets lærere at få information om sådanne misforståelser af fagenes centrale elementer (f.eks. via små kvalitative test brugt som en del af undervisningen), fordi det ofte vil belyse og problematisere fagdidaktiske problemstillinger, som f.eks. rækkefølgen hvori forskellige dele af et stof introduceres, behovet for at tydeliggøre et særligt vanskeligt begreb eller behovet for at tydeliggøre en forskel i synsvinkel mellem to forskellige fag der handler om "det samme" genstandsområde. Et eksempel kunne være, at nogle studerende bliver forvirrede over de forskellige synsvinkler på "elektricitet" i henholdsvis elektrofysiske og elektrokemiske fag; de bliver usikre på om de burde kunne "bygge bro" mellem disse synsvinkler.

Generelt kan man sige, at uddannelsen i højere grad kunne hjælpe de studerende med konceptuelt at skabe sammenhæng mellem de avancerede ingeniørfag og den elementære fysiske forståelse der ofte synes meget usikker hos de studerende, og uddannelsen kunne hjælpe de studerende med at udfordre deres forståelse og dermed tvinge dem til selv at begrebsliggøre problemer og til frit at bevæge sig mellem forskellige måder at udtrykke et problem på (algebraiske, grafiske, sproglige) og mellem forskellige grader af idealiseringer. Forståelse er som kognitivt fænomen i høj grad knyttet til en sådan bevægelighed mellem forskellige udtryk for "den samme" viden.

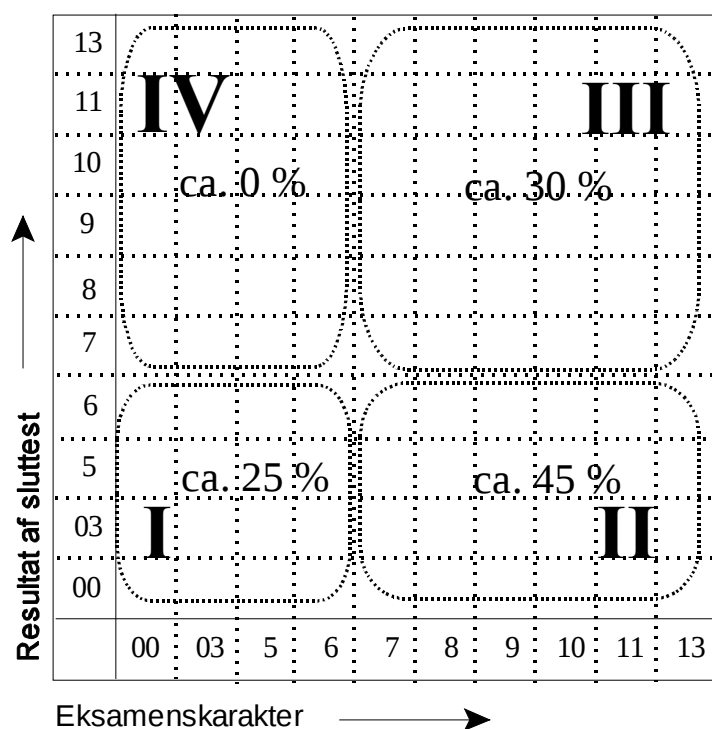
4.3 Forholdet mellem slutttest og eksamen

I syv ud af de ti kurser, der har været inddraget i projektet, har det været muligt at sammenligne de studerendes resultater af sluttests med deres eksamensresultater⁷.

Som grundlag for sammenligningen angav de lærere der var ansvarlige for kurserne en vægtning af opgaverne i lighed med den der gives for eksamensopgaver således at testbesva-

⁷ I to af de øvrige (3602 og 4305) blev de studerende bedømt som "Bestået/ikke bestået" og i det sidste (6380) benyttede læreren de udviklede testspørgsmål som eksamensspørgsmål.

relserne kunne bedømmes ud fra karakterskalaen (13-skalaen). De “fagligt sagkyndige”⁸ bedømte så hver enkelt besvarelse. For hvert kursus blev hver enkelt studerende placeret i et diagram med akserne “Resultat af slutttest” og “Eksamensresultat”. Disse fordelinger er gengivet i rapporterne for hvert kursus, og det samlede resultat af de syv kurser er vist i nedenstående figur:



Figur 1. Sammenligning mellem resultaterne fra slutttests, dvs. tests af studerendes forståelse af hvad lærerne opfattede var det mest centrale de skulle forstå efter kurset, og eksamenskaraktererne.⁹

Det skal i denne sammenhæng bemærkes, at denne opgørelse er forbundet med stor usikkerhed. Opgørelsen skal således ikke læses som en egentlig statistisk fremstilling af projektets resultater. Generelt må der tages en række forbehold for figurens resultat:

⁸ Se afsnit 3.1.2.

⁹ Mere præcist fordeler besvarelserne fra de enkelte kurser sig således på de fire grupper:

Gruppe I: mellem 12% og 62%, i gennemsnit: 26% (vægtet: 23%)

Gruppe II: mellem 23% og 55%, i gennemsnit: 43% (vægtet: 44%)

Gruppe III: mellem 15% og 44%, i gennemsnit: 28% (vægtet: 31%)

Gruppe IV: mellem 0% og 8%, i gennemsnit: 3% (vægtet: 3%)

I de vægtede gennemsnit indgår kurser med mange studerende med relativt større vægt. Det vægtede gennemsnit er anført fordi holdstørrelsen på de forskellige kurser varierer fra 29 deltagere i eksamen i kursus 4820 til 148 deltagere i eksamen i kursus 3601. Som anført (i afsnit 3.1.2) har besvarelsesprocenten for de forskellige kurser været ret forskellig, i gennemsnit ca 50%; for de syv kurser, der indgår her dog kun 35%. I alt bygger sammenligningen mellem resultater af slutttests og eksamensresultater på besvarelser og eksamensresultater fra 187 studerende fra syv kurser.

Det skal bemærkes, at de involverede kurser, som tidligere anført, af de studerende generelt er blevet karakteriseret som hørende til de bedre kurser på DTU

Det samlede antal studerende for hvilke en sammenligning mellem resultater ved slutttests og eksamensresultater har kunnet foretages, er 187 hvilket udgør 35% af de studerende der deltog i eksaminerne i de syv kurser. Dette tal kan dog kvalificeres yderligere: I alle kurserne er det gennemsnitlige eksamensresultat for de studerende, der deltog i slutttesten højere end det samlede gennemsnitlige eksamensresultat for de studerende.

De forhold, hvorunder slutttests er gennemført, har ikke været optimale. Det har faktisk været et af de største problemer ved undersøgelsen at få studerende til at deltage i slutttests på et passende tidspunkt tæt ved eksamenen. I enkelte tilfælde er slutttesten gennemført i en af de sidste forelæsninger - i de fleste tilfælde umiddelbart efter eksamenen.

Der er en usikkerhed med hensyn til sværhedsgraden af tests ligesom der er usikkerhed med hensyn til karakteransættelsen for de studerendes besvarelser, idet lærerne ikke er vant til at give og rette sådanne tests. Desuden har enkelte lærere ment, at der blev brugt for kort tid til udvikling af de tests der blev benyttet, i forhold til hvad de normalt bruger på eksamensopgaver.

De fagligt sagkyndige der har evalueret slutttesten, er ikke trænet i at vurdere studerendes besvarelser. Der kan ligge en anden vurdering til grund for karakterfastsættelse i tilfælde hvor studerende har delvist rigtige svar, end den vurdering der ligger til grund for eksamenskarakteren. På den anden side kan man så overveje, hvilken forståelse de studerende har, der får point til eksamen for delvist rigtige besvarelser.

Disse forbehold må tages i betragtning når man søger at drage konsekvenser af figuren. Et muligt spørgsmål er om de studerendes besvarelser måske skal parallelforskydes opad i figuren. Dette spørgsmål kan ikke entydigt besvares med de usikkerheder der er i undersøgelsen, men et andet spørgsmål er så om de to besvarelsesrum er statistisk korrelerede. For nogle af kurserne er de det faktisk i nogen grad, for andre ikke.

Man kunne også tage udgangspunkt i, at figuren afspejler et forhold vi faktisk har fundet i vores undersøgelse: Der er typisk 45% af de studerende der både har deltaget i slutttest og eksamen i projektet, der klarer sig relativt dårligt i den test læreren selv har lavet af forståelsen af det han anså for at være det centrale, men som klarede sig relativt godt til eksamenen. Samtidig er det billede der tegner sig i i hvert fald seks af de syv kurser der har været inddraget i undersøgelsen, meget ens.

Den vigtigste vurdering af resultatet må dog være den, den enkelte lærer selv foretager af resultatet af hans eget kursus. Mange af de deltagende lærere har faktisk syntes resultatet af slutttesten er for dårligt. De kender eksamenen, de kender slutttesten, de kender omstændighederne hvorunder slutttesten er gennemført, og de synes de studerende burde have været i stand til at klare sig bedre. Der er eksempler på studerende, der har fået 03 i slutttest og 11 til eksamen.

Sluttelig skal det understreges, at det grundlæggende i resultaterne i høj grad svarer til, hvad der er fundet ved en række undersøgelser af universitetsstuderendes forståelse i forskellige

lande og inden for forskellige fagområder¹⁰. Metoderne der er anvendt er forskellige, og kun i enkelte er resultaterne opgjort kvantitativt. Men uanset resultaternes form har undersøgelserne samme gennemgående resultat: En stor del af de studerende der består eksamen, og endda ofte med godt resultat, har en ringe forståelse af fagenes centrale begreber.

4.4 Forståelse og beregningskompetence

Samlet set synes resultaterne fra projektet, kvalitative såvel som kvantitative, at pege på en generel vanskelighed for de studerende, nemlig at de synes at have

- en spaltning af forståelse og beregningskompetence.

At de studerende er gode til at gennemføre endda ret komplicerede beregninger, kan således ikke tages som udtryk for at de har forstået fagets centrale begreber. I flere tilfælde har studerende opnået en høj karakter ved eksaminer hvor de har gennemført beregninger på begreber og sammenhænge som de ved tests har vist en ringe grad af forståelse af. Vi har konkrete eksempler på at studerende ved en slutttest end ikke kunne gøre rede for den fysiske betydning af de led der indgik i en formel, som de godt kunne bruge i beregninger ved eksamen.

Det skal naturligvis ikke opfattes sådan, at det ikke er vigtigt at de studerende lærer at udføre beregninger. Mere generelt kan man sige, at en dyb forståelse af et fags centrale elementer vil give én flere *kompetenceelementer*. Blandt andet vil man have en intuitiv forankring af de centrale elementer, man vil kunne genkende dem i forskellige repræsentationer, man vil kunne genkende dem i en praktisk kontekst, man vil kunne foretage komplicerede beregninger med dem, man vil kunne foretage passende vurderinger af beregningsmetoder og man vil kunne manipulere og tilpasse metoder når det er påkrævet (Jakobsen m. fl. 1995b).

For stort set ethvert af disse kompetenceelementer er det muligt at man vil kunne opøve en færdighed i at løse test i dem ved at udvikle en algoritmisk kompetence i at besvare netop den type tests. Problemet er således ikke i sig selv et spørgsmål om beregningskompetence, men et spørgsmål om at de studerende konfronteres med *en for éntydig type af opgaver* i kurser og eksaminer.

I samtaler med lærere, på møder og ved præsentationer af projektet for DTU-ansatte og andre, har det ovenfor illustrerede forhold mellem slutttest og eksamen på de enkelte kurser og de studerendes besvarelser af test været genstand for en del diskussion. Det er i den forbindelse blevet fremført at man ikke kan forvente at en egentlig forståelse etableres i korte kurser. Den må komme når studerende i senere kurser møder og arbejder med begreberne, evt. ud fra nye synsvinkler. Denne indvending sætter på den anden side spørgsmålstejn ved stu-

¹⁰Der er gennemført undersøgelser på universitetsniveau inden for de fleste naturvidenskabsfag (Dahlgren 1978, Johansson 1981, Svensson 1984, Pedersen 1985, McDermott m. fl. 1987, Lybeck m. fl. 1988, Svensson m. fl. 1988, Renström m. fl. 1990, Bowden m. fl. 1992, Nakhleh 1993, Törnkvist m. fl. 1993, Prosser m. fl. 1996). Lignende undersøgelser findes for alle underliggende uddannelsesniveauer samt de videregående kortere uddannelser.

derendes udbytte af de meget korte kurser der udbydes på DTU, i hvert fald i de tilfælde hvor studerende kun tager et enkelt kursus inden for et fagområde. I projektet har vi set eksempler på, både at forståelse faktisk kommer med tiden, og at den ikke gør. Eksemplet på side 30 kan give en svag indikation på, at den kunstige opsplitning af længere forløb i små enkeltkurser, der i nogle tilfælde er resultatet af DTU's modulstruktur, kan virke hindrende på de studerendes opnåelse af forståelse. I parentes skal bemærkes at kurserne 3600 og 3601 nu er lagt sammen til ét kursus (36100 Kemisk Procesteknik).

At en langsigtet indlæring af begreber og modeller finder sted forudsætter, at de studerende rent faktisk møder begreberne igen - og genkender dem. Vi har i projektet set eksempler på at studerende ikke kan genkende begreber fra grundfagene i den ikklædning de har i anvendelsesfagene. At de studerende genkender begreberne forudsætter igen at de studerende tager kurser hvor de møder begreberne igen inden de er glemt. Men i en uddannelsesstruktur som DTU's med ret stor valgfrihed og meget korte kurser, er det vanskeligt at sikre en indlæring der bygger på at studerende gentagne gange møder de samme centrale begreber i forskellige faglige sammenhænge.

Heroverfor står at det i overraskende høj grad er meget grundlæggende begreber og elementer, i ikke få tilfælde stof der indgår i gymnasiepensum, studerende mangler forståelse af - på trods af at de gentagne gange må være stødt på dem.

Man kan naturligvis mene, at sådan har det altid været. Det har det givetvis til en vis grad, men testresultaterne sammenholdt med interviewene, peger på en fokusering på at lære at løse eksamensopgaver der overbeviser i hvert fald os om at studerendes eksamensstrategiske indstilling er blevet mere udpræget. Og det gør det ikke mindre vigtigt at inddrage form og indhold af eksaminer i forbindelse med overvejelser over kvalitetsudvikling af undervisningen.

4.5 Studiestrategi. Eksamensfokusering.

Vi har i spørgeskemaerne til de studerende bedt dem angive deres studiestrategi ved afkrydsning af hvilke elementer i undervisningen de deltager i eller planlægger at deltage i, og ved at angive deres gennemsnitlige tidsforbrug på kurset pr. uge. Det er meget få generelle resultater vi kan uddrage af de studerendes besvarelser af dette spørgsmål, både for de enkelte kurser og helt generelt.

Et helt generelt resultat er dog at de studerende bruger væsentlig mindre tid på kurserne end det er forudsat fra DTU's side. Studiehåndbogen angiver en gennemsnitlig belastning på ca. 10 timer pr. kursus pr. uge for de bedste studerende, men de studerende i denne undersøgelse bruger snarere 6 timer pr. uge. Et andet generelt resultat er, at der kun er en svag eller ingen sammenhæng mellem tidsforbrug og eksamenskarakter og mellem tidsforbrug og slutttestkarakter. Den manglende sammenhæng mellem tidsforbrug og udbytte kan vel tolkes sådan, at det vigtige ikke så meget er hvor meget tid man bruger, men hvordan man bruger sin tid.

Sluttest/eksamens gruppe ¹¹						
I			II		III	
Kursus						
3600	5 timer 15 min.	(4)	4 timer 50 min.	(7)	5 timer 40 min.	(14)
3610	8 timer 20 min.	(3)	5 timer 30 min.	(15)	4 timer 30 min.	(11)
3621	6 timer 48 min.	(6)	6 timer 44 min.	(9)	5 timer 35 min.	(6)
4356	5 timer	(1)	7 timer 32 min.	(8)	5 timer	(3)
4810	10 timer	(2)	6 timer 54 min.	(9)	-	(0)
4820	8 timer 21 min.	(5)	5 timer 45 min.	(2)	4 timer 20 min.	(1)
Gennemsnit	7 timer 17 min.		6 timer 13 min.		5 timer 1 min.	

Tabel 1. De studerendes angivelse af hvor meget tid de bruger på kurset om ugen.¹²

I de enkelte kurser har vi også inddelt studerende i forskellige grupper, afhængig af studiestrategi: En gruppe “intensiv og bred” som vælger at deltage i alle studieaktiviteter, dvs. både at gå til forelæsninger, grupperegning eller tilsvarende og forberede sig hjemme. En gruppe “bred” som vælger en kombination af to af de førnævnte studieaktiviteter. Og en gruppe “selektiv” som vælger én af de ovennævnte studieaktiviteter.

Hverken indenfor de enkelte kurser eller på tværs af kurser tegner der sig dog noget klart mønster hvis man sammenligner studiestrategi og eksamens- og testresultater. I et enkelt kursus er der et overtal af den selektive strategi i gruppe III, de studerende der klarer sig godt til både sluttest og eksamen, og i ét kursus synes der at være en sammenhæng mellem om man forbereder sig til forelæsningerne og om man tilhører gruppe III. I nogle af kurserne har vi spurgt til studiestrategi både ved kursets start og midt i kurset, og da ses det at den “intensive og brede” studiestrategi bliver klemmt i løbet af semestret til fordel for den “selektive”, i nogen tilfælde til fordel for en strategi der satser mere på eksamenslæsning. De studerende nævner selv i interviews, at de vil starte med at deltage i alle tilbud, men der er ikke tid, og efterhånden som eksamen nærmer sig kommer man til at satse mere og mere på eksamenslæsning.

Da hverken vores undersøgelse af tidsforbrug eller af studiestrategi synes at give nogen særlig god indikator for, hvad der kan karakterisere gruppe II, altså de studerende der klarer sig godt til eksamen, men relativt dårligt i sluttesten, må man vende sig mod vores interviews og nogle forskningsresultater fra de senere år.

¹¹Sluttest/eksamensgruppe henviser til gruppe I, II, III og IV i figur 1, side 34.

¹²Værdierne i tabellen er de studerendes tidsforbrug i gennemsnit for den enkelte gruppe, angivet i timer og minutter. I parentes er angivet hvor mange studerende der er medregnet for hver gruppe. Antallet af studerende er lavt, fordi tidsforbrug i forhold til sluttest kun kan angives for de studerende der både har besvaret et spørgeskema midtvejs i kurset (vedr. tidsforbrug) og taget sluttesten ved slutningen af kurset. Kun de kurser hvor der midtvejs i kurset blev spurgt til tidsforbruget, ved slutningen af kurset givet sluttest og hvor der blev anvendt 13 skalaen til eksamen er medtaget.

For tyve år siden blev der lavet en undersøgelse af sammenhængen mellem studerendes tilgang ("approach") til indlæring og deres forståelse af stoffet (Marton og Säljö 1976) hvor det viste sig at studerende der havde en "dyb tilgang" ("deep approach"), havde en væsentlig bedre forståelse end de der havde en "overfladisk tilgang" ("surface approach"). Studiet gjaldt læsning af en tekst, og de studerende der havde en udpræget overfladisk tilgang kunne simpelthen ikke gengive tekstens indhold på en meningsfuld måde. Senere er der lavet mange tilsvarende undersøgelser indenfor et bredt udsnit af universitetsfagene, og det synes at være et gennemgående resultat at der er en sammenhæng mellem dyb tilgang til indlæring og god forståelse af faget.

I (Ramsden 1992) beskrives den dybe hhv. den overfladiske tilgang:

En dyb tilgang til indlæring er generelt karakteriseret ved at den studerende *har til hensigt at forstå stoffet* og at den studerende *opretholder en struktur for opgaven*. Karakteristika:

- Fokus på "det der bliver tilkendegivet ("signified")" (f.eks. forfatterens argument eller de begreber, der kan anvendes til løsning af problemet).
- Relaterer tidligere viden til ny viden.
- Relaterer viden fra forskellige kurser.
- Relaterer teoretiske ideer til hverdagserfaringer.
- Relaterer og skelner vidnesbyrd og argumenter.
- Organiserer og strukturerer indhold i et sammenhængende hele.
- *Intern* vægt: "Et vindue gennem hvilket aspekter af virkeligheden bliver synlig og mere forståelig".

En overfladisk tilgang til indlæring er generelt karakteriseret ved at den studerende *har til hensigt kun at tilfredsstille opgavens krav* og at den studerende *fordrejer opgavens struktur*.

- Fokus på "det sagte ("the sign")" (f.eks. ordene og sætningerne i teksten eller ureflekteret på den formel, der kræves for at løse problemet).
- Fokus på urelaterede dele af opgaven.
- Lærer stoffet udenad med henblik på eksamen.
- Associerer fakta og begreber ureflekteret.
- Kan ikke skelne principper fra eksempler.
- Behandler opgaven som noget udefra påtvunget.
- *Ekstern* vægt: Eksamenskrav, viden løsrevet fra hverdagens virkelighed.

Det skal med det samme bemærkes at tilgangene ikke nødvendigvis er personlige: Den samme person kan anlægge en overfladisk tilgang i én sammenhæng og en dyb i andre. Hvilken tilgang der vælges afhænger altså i vid udstrækning af sammenhængen, f.eks. den måde der undervises på, den holdning læreren har til undervisning og eksamensformen.

En nærliggende hypotese kunne nu være at studerende i gruppe II overvejende har en overfladisk tilgang, mens studerende i gruppe III har en dyb tilgang. Denne hypotese bekræftes i nogen udstrækning af interviews: Vi finder faktisk studerende i gruppe II med en tydelig overfladisk tilgang, men ikke i gruppe III. Vi finder dog også i gruppe II studerende der snarere er kendetegnet ved at være usikre på deres egen formåen og på hvad det egentlig drejer sig om.

Et eksempel på en studerende i gruppe II er B. B har deltaget i 3610 Transportprocesser og fået 10 til eksamen og 6 i sluttesten. Følgende udsnit af rapporten fra 3610 drejer sig om B:

"B har været tilfreds med kurset, selv om det krævede en del arbejde at komme ind i det matematiske grundlag (brugen af vektor- og tensor-regning), der ikke var givet fra forudsætningskurserne. B har foretrukket at regne opgaverne hjemme. B synes ikke umiddelbart at der er noget, der er vanskeligt at forstå efter kurset. Dette skal dog ses i forhold til en bestemt opfattelse af, hvad man kan forvente at B skal kunne efter kurset. B ser sin kvalifikation som et spørgsmål om, at kunne løse bestemte typer af opgaver og at vide hvor tingene står. "Du får et problem og så ved du, hvor i bogen du skal løse problemet, ikke? Og det er nye problemer hele tiden, så når du har lært metoderne til at løse dem, så synes jeg ikke det var noget problem." På et spørgsmål til hvordan B nu ville svare på et testspørgsmål siger B: "Det jeg ville svare umiddelbart er helt ... måske ... anderledes end hvis jeg havde min bog ved siden af mig, fordi jeg tror på, at faget går meget ud på, at kunne bruge modellerne, og ikke at kunne tingene udenad."

Spørgsmålet om forståelsen af modellerne træder i baggrunden for B der synes at hvis man ikke simpelthen skal kunne det udenad så må det være tilstrækkeligt at slå det op i lærebogen. Et eksempel herpå ses i sluttestens første spørgsmål vedrørende en injektor. B kan her ikke "se" hvad problemet går ud på, og kan ikke begrebsliggøre problemet som noget der knytter sig til anvendelsen af Reynolds tal i forhold til den skitserede fysiske situation.

"Jamen ved du hvad, jeg ville gå hen og finde Reynolds tal i min bog, og så ville jeg trykke mine tal ind på lommeregneren. Det er noget med"
(Jamen det er noget med, hvordan du ville beregne det, men hvordan forstår du den situation?)
"..."
(Hvordan vil du vurdere størrelsen af Reynolds tal i den situation her?)
"Det må være laminart. Det kan du se på strømningspilen." [...]
(Hvis man endelig skal se på det, så er hastighedsprofilen flad her, og så er det ikke laminart, så det vil umiddelbart tyde på et højt Reynolds tal)
"Nå ... Ja."
(Men hvis du ser bort fra hvordan pilene ser ud [i diagrammet i testen], er så en centimeter per sekund gashastighed en stor eller en lille hastighed ? ...)
"Det ved jeg sgu såmænd ikke"

Interviewfragment 6. Fra interview vedrørende sluttesten i 3610 E95. Den studerende fik 10 ved eksamen.

B ser mere på størrelsesordner end på enheder, fremhæver B senere i interviewet. B fokuserer på det beregningsmæssige aspekt, snarere end det begrebslige aspekt af modellerne. I praksis betyder det f.eks. at B går fejl

af flux-begrebet der angives som "masse per areal". B har ikke hæftet sig ved om tiden indgår i flux-begrebet. I viskometer-opgaven (spørgsmål 7 i sluttesten) blev de studerende bedt om kvalitativt at angive hvilke parametre de skulle bruge hvis de skulle beregne viskositeten. B har i testen her lakonisk svaret, at "ligningen kan findes i tabellen". B har prøvet i praksis at arbejde med et pladeviskometer, men kan kun meget vanskeligt og med stor hjælp fra den fagligt sagkyndige ræsonnere sig frem til hvorfor og hvordan det virker. Som B siger: "Men det ligger altså i det, hvis du bare laver forsøget. Så trykker du bare på to knapper, så kører det ...".

B virker generelt *ikke særlig interesseret i forståelse*. Går man tilbage til forudsætningstesten, har B heller ikke i starten af kurset været god til at ræsonnere over de situationer der har forudsat en fysisk forståelse som f.eks. i opgaven om Fouriers lov (spørgsmål 1) eller i opgaven om energi- og masse-bevarelse (spørgsmål 2). B udviser i interviewet en vis *modvilje mod at ræsonnere på egen hånd*. B insisterer på at det altid vil være muligt at slå tingene op i lærebogen eller spørge læreren. B knytter i den forstand primært sin viden til læresituationen på DTU og i mindre grad til anvendeligheden af denne viden i en ingeniørfaglig sammenhæng."

4.6 Studerendes forudsætninger

I hvert af de ti kurser er som nævnt gennemført tests af væsentlige dele af hvad pågældende lærere opfattede som forudsætninger for gennemførelse af kurset. Resultaterne heraf er for hvert testspørgsmål, gengivet i rapporterne for hvert kursus.

I nogle kurser (i fire ud af de seks, vi har data fra) er der en sammenhæng mellem sluttest-karakter og karakteren i forudsætningstesten, hvilket ses af tabellen nedenfor: For fire af kurserne har de studerende i gruppe III altså dem der klarede sig godt både ved sluttesten og eksamen, ca. en karakter højere i gennemsnit fra deres forudsætningstest, end de studerende i gruppe II og I som klarede sig dårlig ved sluttesten.

	Sluttest/eksamens gruppe					
	I		II		III	
Kursus						
3600	5,3	(4)	4,9	(7)	5,8	(14)
3601	-	(0)	6	(5)	6,2	(25)
3610	6	(3)	6,9	(15)	8,6	(11)
3621	3,7	(6)	6,8	(9)	7,7	(6)
4356	5	(1)	4,4	(8)	4	(3)
4820	4,75	(4)	6	(2)	9	(1)
Gennemsnit	4,9		5,8		6,9	

Tabel 2. De studerendes kursusspecifikke forudsætninger.¹³

Det fremgår tydeligt af de studerendes besvarelser af tests samt af de interviews der blev foretaget i tilknytning hertil, at der for alle de undersøgte kurser er alvorlige mangler med hensyn til de studerendes faglige forudsætninger¹⁴. Ud fra de involverede læreres og “fagligt sagkyndige”s vurdering fremgår det yderligere at det generelt er det mest grundlæggende (i en del tilfælde stof, der er gymnasiepensum) der volder vanskeligheder. Et eksempel på dette har vi vist på side 26.

Problemet synes at gælde uanset på hvilket trin i uddannelsen kurset er placeret. At der på senere kurser er mangler med hensyn til forudsætninger må i nogen grad logisk følge af de mangler ved slutningen af kurserne der er gjort rede for. At der er alvorlige mangler allerede på de indledende kurser fortæller noget om gymnasieundervisningen, eller DTU-læreres forventninger hertil.¹⁵

Der synes således at være tale om at manglende forudsætninger følger studerende gennem hele uddannelsen.

¹³Værdierne i tabellen er de studerendes karakter ved forudsætningstest givet før kurset i gennemsnit for den enkelte gruppe. I parentes er angivet hvor mange studerende der er medregnet for hver gruppe. Antallet af studerende er lavt, fordi forudsætninger i forhold til sluttest kun kan angives for de studerende der både har taget forudsætningstesten ved kursusstart og sluttesten ved slutningen af kurset. Kun de kurser hvor der er anvendt forudsætningstest, sluttest og 13-skalaen til eksamen er medtaget

¹⁴ Besvarelsesprocenterne er for forudsætningstests højere end for sluttest, se afsnit 3.1.2

¹⁵ Der er i undersøgelsen kun ét kursus, 4305, på hvilket studerende starter umiddelbart efter gymnasiet, men der er på flere kurser givet tests i stof, lærerne har opfattet som gymnasiestof.

5 Projektets anbefalinger

På baggrund af resultater fra evalueringen af de ti kurser har vi med lærerne drøftet muligheder for ændringer af forhold ved DTU's undervisning der kunne afhjælpe de problemer evalueringerne har vist. I nogle tilfælde er sådanne ændringer rent faktisk gennemført på et eller flere kurser som led i projektet, i andre tilfælde blandt andet hvor det har drejet sig om forhold ved DTU's uddannelsesstruktur, har der ikke kunnet foretages ændringer af den enkelte lærer som led i projektet. Sammen med anbefalingerne medtager vi som illustration, eksempler på ændringer der er foretaget.

Nogle af de tiltag vi anbefaler vedrører forhold der kan ændres af lærere inden for de enkelte kursers rammer, for nogles vedkommende dog under forudsætning af godkendelse fra studienævn. Andre tiltag vedrører rammerne, og kan således ikke uden videre gennemføres af den enkelte lærer. For nogle forholds vedkommende kan der dog ikke skelnes skarpt. F.eks. kan nogle ændringer af eksamens indhold og form som vi skal starte med, foretages af den enkelte lærer muligvis efter aftale med pågældende institut, medens andre forudsætter godkendelse af studienævn eller dispensation fra "Regler vedrørende Eksamen".

Vi skal endnu en gang understrege projektets fokusering på begrebslig forståelse. Det betyder at ønskeligheden af ændringer primært er set ud fra hvad der vil fremme de studerendes forståelse.

I øvrigt henviser vi til skriftet "Praktisk Kursusplanlægning" (Jakobsen 1998a).

5.1 Ændringer af eksamens indhold og form

De ændringer undersøgelsesresultaterne mest direkte lægger op til, vedrører eksaminerne. Projektets resultater rejser en meget alvorlig tvivl om eksaminers validitet, såfremt deres formål er at måle studerendes forståelse. Det er desuden godt gjort at en forestilling om at det at studerende har en høj grad af beregningskompetence med nogen nødvendighed skulle indebære at de har en høj grad af forståelse, ikke synes at holde. Hvad der imidlertid er det væsentligste i et kvalitetsudviklingsperspektiv, er bekræftelsen af at eksaminer spiller en helt afgørende styrende rolle for de studerendes arbejde, idet det der måles ved eksaminer er det de studerende bestræber sig på at lære - for manges vedkommende er det næsten udelukkende det de bestræber sig på at lære.

Dette taler meget stærkt for at ændre eksaminernes indhold og form. For det første ved at man i højere grad stiller opgaver hvis løsning forudsætter forståelse, eller ved at man foretager bedømmelser af studerendes arbejde i form af afløsningsopgaver, projektbedømmelser etc., som måler forståelse. For det andet ved at man sikrer at det reelt er forståelse der måles ved at gøre eksaminerne mindre forudsigelige. Det skal endnu en gang understreges, at eksaminer naturligvis også skal måle studerendes beregningskompetence

En sådan ændring af eksaminerne vil med meget stor sandsynlighed i sig selv øge de studerendes indlæring og forståelse. Uden ændringer af eksaminerne vil sandsynligheden for at an-

dre former for kvalitetsudvikling øger de studerendes indlæring og forståelse være stærkt begrænsede.

En reel og afgørende udvikling af universiteters undervisningskvalitet bør omfatte en ændring af de studerendes opfattelse af eksamen som det egentlige formål med at studere. Det vil sige at få dem til i højere grad at arbejde selvstændigt og engageret med stoffet ikke alene med henblik på eksamen. De ændringer der foreslås neden for med hensyn til indhold og undervisningsform kan forventes at bidrage hertil. Skal der imidlertid ske en ændring på en bred front af studerendes opfattelse af det at studere, vil det kræve en samlet indsats fra DTU's side. Blandt andet vil det være meget vanskeligt at mindske fokuseringen på eksamen med det overordentlig store antal eksaminer studerende i dag skal igennem på DTU. Under alle omstændigheder vil der ikke være nogen modsætning mellem en sådan ændring og det at gøre eksaminer mere forståelsesrettede.

Der er mange muligheder for at vælge tests, opgaver og bedømmelsesformer der måler forståelse. I forbindelse med projektet er forskellige typer af forståelsesrettede tests udviklet og afprøvet, i nogle tilfælde også som eksamensspørgsmål. I skriftet "Tests og Opgaver i Undervisningen i Ingeniøruddannelserne" (Jakobsen m. fl. 1998a) er sådanne typer af tests behandlet blandt andet på grundlag af erfaringer fra projektet. Der har i forbindelse med projektet, men også i samtaler med lærere i øvrigt, været interesse for at lade mindre prøver eller bedømmelser af studenterarbejder i løbet af et kursus udgøre en del af eksamenen.

Det kan ikke forventes at være omkostningsfrit at ændre eksaminer hen mod i højere grad at måle forståelse. Generelt vil bedømmelse ved eksaminer der måler forståelse nok indeholde et større element af skøn end bedømmelse af traditionelle eksaminer. Det gælder skriftlige opgaver, mundtlige eksaminationer og bedømmelser af studerendes arbejde med opgaver eller projekter. Samtidig vil nogle af disse være vanskeligere og mere tidskrævende at udføre og bedømme. For de studerende vil selve formålet med ændringen betyde at de mister den tryghed der ligger i forudsigelige eksaminer. Det må forventes at en ændring ikke vil være populær hos alle studerende. På den anden side har ganske mange studerende ytret sig positivt om de eksempler på forståelsesrettede tests der er afprøvet i forbindelse med projektet. En ændring af eksaminer som foreslået vil meget nemt kunne indebære at studerendes arbejdsbelastning for at opnå en given karakter øges. Hvorvidt det vil være tilfældet vil naturligvis afhænge af niveauet af forståelse der kræves. Det forekommer imidlertid sandsynligt at mulighederne mindskes kraftigt for at man med en meget lille indsats lige før eksamen kan opnå en høj karakter.

Der indgår overordentligt mange eksaminer i et uddannelsesforløb på DTU i forhold til andre universitetsuddannelser, og eksaminer beslaglægger en betydelig mængde ressourcer. Samtidig er deres værdi i forbindelse med studerendes indlæring som anført tvivlsom.

Det kan på den baggrund være betænkeligt at anvende endnu flere ressourcer på eksaminer. Heroverfor står at en ændring af eksaminer som foreslået vil betyde at de vil kunne bidrage positivt til indlæringen. Det store antal eksaminer hænger naturligvis sammen med det store udbud af kurser og dermed med den store valgfrihed. Såfremt nogle kursusforløb blev gjort mere omfattende hvad der af andre grunde kunne være en fordel, ville det reducere antallet af eksaminer. Endelig kan det overvejes at søge reglerne for censormedvirken (som i forhold til vore nabolande er meget krævende) ændret. Såfremt prøver og/eller bedømmelse

af studenterarbejder i større omfang skal udgøre en del af eksamen, vil en ændring af reglerne nærmest være en forudsætning.

5.2 Reduktion af stofmængden

Som anført i afsnit 2 har det været en grundlæggende antagelse at der er elementer af kursernes indhold i form af begreber, modeller og sammenhænge der er særligt centrale, og at forståelse af sådanne elementer er vigtigere end en stor gennemgået stofmængde.

Skal forståelse af de mest centrale elementer i stoffet sikres, må det uundgåeligt ske på bekostning af stofmængden. Dette betyder at udvælgelsen af indhold og strukturering af de enkelte kursers indhold bliver en endnu mere afgørende del af læreres og institutters opgaver.

Problemet er imidlertid ikke begrænset til de enkelte kurser. Det vedrører også sammenhængen mellem kurser. Mange af de begreber og modeller der er fundet som centrale elementer i anvendelsesfagene er (som man måtte forvente det) samtidig begreber og modeller der ofte i en mere generel og idealiseret form undervises i i grundfag. I projektet er forståelse af begreberne ikke undersøgt i forbindelse med grundfag. I mange tilfælde har studerende vanskeligt ved at forståelse begreberne i den form de har i anvendelsesfagene. I en del tilfælde angiver studerende i interviews at de ikke havde opdaget at det drejer sig om begreber der er blevet undervist i i grundfagene (før interviewerens påpeger det). I andre tilfælde er det klart for dem at det er de samme begreber, men de har svært ved at udnytte hvad de har lært i grundfagene.

Dette taler for at der iværksættes en generel koordineret indsats der sikrer at forståelse af de allermest centrale begreber inden for de forskellige ingeniørretninger bliver et fælles ansvar for grundfagene og de indledende kurser i anvendelsesfagene.

5.3 Ændringer i de enkelte kursers indhold

En gennemgående vanskelighed for studerende er at få en intuitiv fornemmelse af det ofte meget idealiserede stof der undervises i på uddannelser som DTU's. Er der lange forløb i undervisningen hvor de studerende mangler en sådan fornemmelse og ikke kan se relationer til noget de har en grad af fortrolighed med, har de vanskeligt ved at få forståelse af stoffet. Dette synes at være et væsentligt problem for studerende på DTU hvilket blandt andet understøttes af interviews med studerende.

Strukturen i kurserne synes ofte at være deduktiv: Stof der introduceres skal kunne begrundes i stof der forudgående er behandlet. Det er ofte ensbetydende med at det mere generelle og idealiserede stof introduceres før det specifikke og konkrete. En sådan struktur kan ses at være logisk hvis man er fortrolig med stoffet, men for de studerende der er i et forløb vil den nemt kunne indebære manglende mulighed for at knytte det stof der introduceres til noget de er fortrolige med.¹⁶

¹⁶ Problemet har været genstand for en ret omfattende behandling i didaktikken blandt andet i forbindelse (fortsættes...)

Problemet kan afhjælpes ved i højere grad at starte med de emner der er mest konkrete og nemmest at få en intuitiv fornemmelse af. En måde at gøre det på er problemorientering - at starte et emneområde med at arbejde med et problem eller en case og derved give studerende mulighed for at opnå en indledende forståelse de kan relatere teorien til.

En sådan strukturering kan gælde indholdet i hele kurser. Men den kan i nogle tilfælde med fordel ske ved at opdele stoffet i blokke og strukturere indholdet i de enkelte blokke ud fra hvad der er mest konkret eller bedst kendt af studerende, eventuelt ud fra et problem. For en uddybning heraf henvises til "Praktisk Kursusplanlægning" (Jakobsen 1998a).

5.4 Ændringer af undervisningsformer

Studerendes mulighed for i starten af et kursus eller en blok at få en indledende fortrolighed eller forståelse af stoffet kan som nævnt ovenfor være afhængig af strukturering af stoffet eller af rækkefølgen af emner. Men også strukturen i, eller rækkefølgen af, de benyttede undervisningsformer har betydning. Ofte er strukturen den, at stoffet introduceres ved forelæsning og så indøves ved øvelser, opgaveregning, hjemmeopgaver etc. Man kan imidlertid give de studerende mulighed for at opnå en indledende forståelse ved at lade dem arbejde med stoffet for eksempel ved at løse opgaver i starten af et undervisningsforløb. Det vil naturligvis da være en anden type opgaver der gives. Den studenteraktivitet der er tale om vil have som formål at gøre de studerende klart, hvad den teori der efterfølgende gennemgås, drejer sig om. En form for opgaver med dette formål er ganske korte tests. For en uddybning af dette henvises til "Tests og opgaver i Undervisningen i Ingeniøruddannelserne" (Jakobsen m. fl. 1998a).

Vi har i projektet ikke undersøgt fordele og mangler ved forskellige former for studenteraktive undervisningsformer, opgaver, øvelser, projekter, case-behandling m.v. Vi har yderligere som en grundlæggende antagelse at kvalitetsudvikling ikke skal være knyttet til indførelse af en bestemt undervisningsform.

Der kan imidlertid ikke være meget tvivl om at såfremt studerende skal opnå en høj grad af forståelse af faglige begreber og sammenhænge må de selv arbejde med dem og ræsonnerer over dem i forskellig sammenhænge og ud fra forskellige synsvinkler. Det forudsætter at der i undervisningen indgår en passende andel af studenteraktive undervisningsformer, og at der er en reel tilknytning mellem den teoriindlæring der sker i forelæsninger eller klasseundervisning og de studerendes arbejde i forbindelse med de studenteraktive undervisningsformer

En, omend begrænset, form for studenteraktivitet der er arbejdet med i projektet, er brugen af tests i forskellige sammenhænge og med forskelligt formål. Det drejer sig for det første om tests anvendt som indlæringsmiddel, både som en måde at fokusere de studerendes opmærksomhed på det væsentlige i stoffet på og som en måde at udfordre dem på og få dem til at reflektere over begreber og sammenhænge. For det andet drejer det sig om tests an-

¹⁶(...fortsat)

delse med diskussioner om den såkaldt "videnskabscentrerede læseplansteori" (Bruner 1971), herhjemme bedst kendt i forbindelse med diskussioner af den såkaldt "ny matematik" (Skovsmose 1984).

vendt diagnostisk med henblik på at give lærerne indsigt i de studerendes indlæringsproces og deres vanskeligheder.

Et eksempel på en sådan anvendelse der med held er brugt på flere af de involverede kurser, er tests i starten af kurser af de forudsætninger der er mest afgørende for at kunne få udbytte af kurset. Resultaterne af sådanne tests kan give anledning til repetition eller konkrete henvisninger til hvor eventuelle mangler kan læses op.

I forbindelse med flere kurser har vi med lærerne drøftet behovet for visualiseringer og simuleringer af sammenhænge, processer og anlæg. Det drejer sig om sammenhænge det er vanskeligt at få en konkret opfattelse og intuitiv fornemmelse af. Og det drejer sig om processer og anlæg hvor øvelser f.eks. på grund af dyrt udstyr, ikke er mulige eller kun er mulige for få studerende, og hvor øvelsen dermed ikke kan gives på et tidspunkt hvor den reelt støtter indlæringen.

5.5 Ændringer af rammerne for gennemførelse af kurser

Generelt kan man have betænkeligheder ved de meget korte kurser der gives på DTU. Vi har ikke i projektet haft mulighed for direkte at kunne knytte forståelsesproblemer til at kurserne er så korte, men vi har blandt andet fra samtaler med nogle lærere et indtryk af at der med længere forløb ville være større muligheder for at bibringe de studerende forståelse. En generel opfattelse er, at forståelse af begreber ikke kan forventes som resultat af et kort undervisningsforløb, men forudsætter at studerende støder på begreberne og arbejder med dem i forskellige sammenhænge.

Vi har som anført i afsnit 4 i et tilfælde kunnet teste studerendes forståelse (af Bernoullis lov) i flere på hinanden følgende kurser. Det er et meget spinkelt materiale, men både testresultater og studenterinterviews støtter opfattelsen af at længere, samlet planlagte forløb ville give muligheder for en øget forståelse.

I hvert fald i nogle tilfælde hvor et sammenhængende stofområde er delt op i flere enkeltkurser, ville en samlet planlægning og gennemgang være en fordel¹⁷. Sådanne fordele skal naturligvis ses over for hensyn til det samlede kursusudbud og til valgfriheden. Men især i undervisningen i de grundlæggende ingeniørvidenskabelige kurser burde længere kursusforløb overvejes.

Et problem der under alle omstændigheder bør løses, vedrører sammenhængen mellem teorikurser og øvelseskurser. Det er helt utilfredsstillende at øvelseskurser ofte må tages flere semestre efter de teorikurser de knytter sig til. Skal øvelseskurser bidrage til forståelse af teorien må de planlægges samlet og studerende må tage dem i en planlagt sammenhæng.

Endelig udgør ventelister for kurser i det hele taget et problem for studerende, et problem der i hvert fald i nogle tilfælde har uheldige konsekvenser for indlæring og forståelse.

¹⁷ Rent faktisk blev kurserne 3600 og 3601 slået sammen efter evalueringen.

5.6 Generelt om ændringer

I samtaler med lærere om resultater af tests og mulige ændringer af undervisningen har det været drøftet, hvor langt man bør gå i retning af at være "barnepige" for de studerende. Blandt andet har det været drøftet om det, med mellemrum at give studerende diagnostiske tests, i for høj grad vil "lede" dem gennem studiet. Diskussionen er et eksempel blandt mange diskussioner der i disse år er fremme på højere uddannelser om at studerende i stigende grad har forventninger om at "gå i skole frem for at studere".

Vi mener ikke at det med jævne mellemrum at give de studerende tests og opgaver der udfordrer dem og giver dem feed back på deres indlæringsproces, er udtryk for en utidig "barnepigementalitet". Vi mener at det udover at have indlæringsmæssige effekter, kan bidrage til at gøre undervisningen mere udfordrende.

Vi har imidlertid set mange eksempler på at lærere føler sig presset til at opgive krav, selvom de antageligt var berettigede. Problemet har mange aspekter. Det hænger sammen med de krav eller forventninger man stiller til studerende, og hvad man som lærer gør når disse ikke indfries. Hvis studerende ikke forbereder sig til forelæsninger, indretter man så forelæsninger efter det? Hvis de studerende møder uforberedte til øvelser hvor det er forudsat at de har sat sig ind i hvad øvelserne går ud på, påtager læreren sig så at undervise i det? Det hænger i øvrigt sammen med det vi ovenfor har anført om vaklende forudsætninger. Når studerende ved kursers start ikke har de forventede forudsætninger, påtager læreren sig da at bruge tid på at gennemgå dem?

Giver læreren efter og indretter undervisningen efter de studerendes manglende forberedelse eller manglende forudsætninger, er det ofte imod hendes/hans overbevisning om hvordan undervisningen burde være - hvad der er god undervisning. Gør hun/han det ikke tabes studerende måske. Problemet kan også ses i sammenhæng med de mange eksaminer - at studerende skal have bedømmelse af, og kvittering for, mange små trin i deres uddannelsesforløb.

På de enkelte kurser kan der gøres noget ved problemet. Nogle lærere søger i starten af et kursus at etablere en "kontrakt" med de studerende: Læreren forpligter sig til overholde bestemte ting i forbindelse med undervisningens gennemførelse, og søger til gengæld at forpligte de studerende til at opfylde bestemte krav. Hermed får kravene en karakter af gensidighed som er vigtigt. I nogle tilfælde er der tale om en "formel" kontrakt der underskrives af lærer og studerende. Ideen udnyttes af lærere på flere universiteter, også af enkelte lærere på DTU. Vi mener det kan være hensigtsmæssigt at lærere gør sine studerende klart hvad han/hun forventer, argumenterer for det, og samtidig hører på studerendes forventninger og tager dem alvorligt. Med eller uden kontrakter lykkes det rent faktisk for nogle lærere at opnå dels at afstemme lærerens forventninger med studerendes forestillinger, dels en grad af forpligtelse hos studerende til at overholde en slags aftale.

Det er på den anden side vanskeligt for lærere i enkelte kurser at stille krav der ikke normalt stilles på DTU. Og er man villig til eventuelt at miste studerende der ikke lever op til forventningerne? Det kunne tale for at en grad af fælles opfattelse for DTU blev diskuteret og formuleret.

6 Diskussion

Til grund for projektets planlægning og gennemførelse har som anført i afsnit 2.2 ligget en række antagelser. De drejer sig om ingeniørfags didaktik, om gennemførelse af kvalitetsudvikling, om hvordan evaluering kan bidrage til kvalitetsudvikling samt om problemer med DTU's undervisning. Disse antagelser har til en vis grad karakter af hypoteser, men ikke i den forstand, at de empirisk lader sig endeligt bekræfte eller afkræfte.

Vi vil i dette afsnit vende tilbage til disse antagelser og kommentere dem i lyset af resultater og erfaringer fra projektet, drøftelser med lærere og referencegruppen, samt i lyset af universitetspædagogisk litteratur, blandt andet den litteratur projektgruppens medlemmer har gennemgået som led i projektet, og som for en dels vedkommende er fremkommet i løbet af projektperioden.

6.1 Antagelser om centrale elementer i stoffet

At der i det faglige indhold i et kursus kan identificeres et antal elementer i form af begreber, modeller, sammenhænge og måder at ræsonnere på, som er centrale for forståelse af faget.

At der når det drejer sig om ingeniørfag, kan identificeres både elementer der er centrale for forståelse af fagets teori og elementer der er centrale for forståelse af, hvordan fagets teori og metoder anvendes i praksis.

At forståelse af sådanne centrale elementer udgør en afgørende del af den kompetence, uddannelserne skal give, og er vigtigere end stor gennemgået stofmængde.

Antagelsen om at der kan identificeres elementer der er centrale for forståelse af et fagområde er, for så vidt gælder videnskabelige discipliner, i overensstemmelse med flere positioner i den "klassiske" og nyere didaktiske teori. Det gælder ganske særligt Martin Wagenscheins "eksemplariske princip" (Wagenschein 1970 & 1982), men også andre didaktiske anvisninger eller teorier som for eksempel den amerikanske, såkaldte videnskabscentrerede læseplansteori (der herhjemme nok er bedst kendt i forbindelse med "den ny matematik") (Bruner 1971).

Interessen for centrale elementer, eller for det eksemplariske i et fagområde, har ofte været knyttet til en reaktion mod den overfladiskhed man har ment eller observeret har været en følge af at mere og mere stof blev medtaget i pensum - at fag eller kurser blev præget af "stoftrængsel". Ud fra tidligere undersøgelser af undervisningen på DTU (Jakobsen 1987) og ud fra projektets resultater, synes dette problem påtrængende på DTU. Den konklusion der er fælles for de forskellige didaktiske positioner, er at man bør identificere de mest centrale elementer i et fagområde og koncentrere undervisningen om at studerende opnår forståelse af disse. Dette må uundgåeligt indebære at stof der anses for mindre centralt, behandles mere summarisk eller udelades fra pensum.

At følge denne konklusion vil indebære at bestemmelsen af hvad der er de mest centrale elementer i kurserne og afvejningen af hvilket stof der nedprioriteres eller udelades, bliver en afgørende pædagogisk-faglig opgave.

Litteraturen, særligt i forbindelse med det eksemplariske princip, indeholder en del overvejelser over og eksemplifikationer af, hvad der er mest centralt i et fagområde, og hvorfor det er mest centralt. Denne litteratur behandler imidlertid næsten udelukkende undervisning i rent videnskabelige fag/discipliner. Overvejelserne går således på elementer der er centrale med henblik på at forstå videnskabelige discipliner og deres struktur, det vil sige opnå hvad vi har betegnet som en fagintern forståelse. Heroverfor står at professionsuddannelser som ingeniøruddannelser sigter mod såvel en fagintern forståelse af videnskabelige fag som en forståelse af den videnskabelige teoris anvendelse ved løsning af praktiske problemer. Hvilke elementer der er centrale for anvendelse af teori, ses meget lidt behandlet i didaktisk teori.

I de indledende seminarer i projektforløbet identificeredes centrale elementer i de respektive kurser. Dette skete ved diskussioner mellem lærere og repræsentanter for aftagere af DTU's kandidater. Før seminarerne var lærerne skriftligt bedt om at overveje sådanne elementer i kursernes indhold.

Det er vort indtryk at det ikke voldte de store vanskeligheder at nå til enighed om en række elementer der måtte anses for særligt centrale. Dette betyder naturligvis ikke at de elementer der blev identificeret, nødvendigvis er de allermest centrale. Andre lærere vil antageligt ud fra deres opfattelse af fagene kunne finde elementer der burde anses for lige så centrale eller endnu mere centrale, og de involverede lærere kunne måske ved længere tids overvejelser nå frem til justeringer. Der syntes imidlertid blandt lærere og repræsentanter for aftagerne at være en høj grad af grundlæggende enighed med hensyn til at identificere centrale elementer.

Det skal i øvrigt bemærkes, at de elementer der blev identificeret som centrale for forståelse i ganske mange tilfælde er begreber eller modeller der indgår i DTU's grundfag eller specifikke anvendelsesrettede udgaver heraf. Samtidig skal det dog bemærkes at udformningen afviger fra den udformning de har i grundfagene.

Medens det således ikke indebar større problemer at identificere hvad der er centrale elementer med henblik på at opnå hvad vi har betegnet en fagintern forståelse, viste det sig vanskeligere at identificere elementer der er centrale med henblik på at opnå forståelse af teoriens anvendelse ved løsning af praktiske problemer. Generelt synes kurserne i mindre grad at rette sig mod en sådan forståelse. Med hensyn hertil synes repræsentanterne for aftagerne i øvrigt ikke at have en afvigende opfattelse.

Det er i sagens natur ikke muligt ved et projekt som det foreliggende at afgøre hvilken type af kompetence der er vigtigst for kandidater fra en ingeniøruddannelse. Det er således heller ikke muligt at påvise at forståelse af de elementer som er blevet identificeret som de mest centrale, faktisk udgør den vigtigste kompetence med henblik på videre professionelt arbejde.

På den anden side synes der at være ret bred enighed blandt de involverede lærere og aftagere om vigtigheden af at de studerende opnår forståelse af centrale elementer, og i hvert fald enighed om at de mangler med hensyn til forståelse af centrale faglige elementer der blev fundet, udgør et alvorligt problem i forbindelse med en professionel kompetence.

Der kan være grund til at nævne at nyere forskning af professionel problemløsning synes at støtte antagelsen.

6.2 Antagelser om studerendes forståelse

At det i høj grad er i forbindelse med forståelse af centrale elementer i uddannelsernes indhold, der er kvalitetsmæssige problemer i DTU's uddannelser (såvel som i andre ingeniøruddannelser og i øvrigt andre universitetsuddannelser); dette betyder naturligvis ikke, at vi mener at beregningskompetence ikke er vigtig.

At eksamensformen og arten af eksamensspørgsmål spiller en afgørende rolle for, hvilken grad af forståelse, studerende opnår.

At en kompetence der består i en høj grad af færdighed i at løse bestemte typer af beregningsopgaver ikke nødvendigvis er ensbetydende med en høj grad af forståelse af fagområdets teori.

At studerendes forståelsesmæssige vanskeligheder i mange tilfælde ikke er tilfældige, men at der ofte er tale om et begrænset antal typiske misforståelser eller forståelsesmæssige mangler og at et kendskab til disse er af værdi for tilrettelæggelse af kvalitetsudvikling og undervisningsplanlægning.

Som der er redegjort for i afsnit 4 er disse antagelser bekræftet, og det er yderligere ud fra interviews med studerende bekræftet at problemet er forbundet både med eksamensformen og arten af eksamensopgaver samt med stoftrængselsproblemet. Som nævnt gør problemerne sig ikke blot gældende for DTU's undervisning. En lang række undersøgelser viser at problemerne gør sig gældende i mange andre universitetsuddannelser og i øvrigt gymnasiale uddannelser (se note 10 side 36). At eksamensformen spiller en afgørende rolle for studerendes arbejde og udbytte er også fundet i andre undersøgelser (Brown 1997, Ramsden 1988 og 1992).

Det er i øvrigt bemærkelsesværdigt at problemer med såvel mangelfuld forståelse som den funktion eksaminer har, i disse år drøftes på mange nationale og internationale konferencer - blandt andet i forlængelse af det øgede fokus på de studerendes indlæring som omtalt i indledningen.

Selvom det ikke med statistisk sikkerhed kan påvises ud fra dette projekts resultater, bekræfter opgørelserne over sluttetestresultater overfor eksamensresultater (afsnit 4.3) antagelsen om at en høj grad af beregningskompetence ikke er ensbetydende med en dybere forståelse af fagområdets teori. Dette bekræftes endvidere af en række andre undersøgelser, mest direkte af Nakhleh (Nakhleh m. fl. 1993). Det er givet at beregningskompetence er en afgø-

rende del af den ingeniørkompetence DTU skal give de studerende. Men skal de studerende opnå forståelse, er dette ikke tilstrækkeligt.

Antagelsen om at studerendes forståelsesmæssige vanskeligheder i mange tilfælde ikke er tilfældige, men at der ofte er tale om et begrænset antal typiske misforståelser eller forståelsesmæssige mangler, stammer bl. a. fra en række undersøgelser gennemført med relation til den såkaldt "fænomenografiske" skole (Ramsden 1988 og 1992, Booth 1992), men også den såkaldte Conceptual Change Model bygger på denne antagelse (Hewson m. fl. 1989). Antagelsen er i nogen grad bekræftet ved kategorisering af de studerendes besvarelser af tests. At studerende således synes at udvikle typiske alternative og forkerte eller mangelfulde opfattelser har pædagogisk betydning. Det indebærer at et større kendskab til studerendes indlæring kunne medføre, at lærerne i højere grad i deres planlægning og gennemførelse af kurser kan imødegå sådanne opfattelser.

6.3 Antagelse om studerendes forudsætninger

At mangler og forskelle i de studerendes forudsætninger ved starten af et kursus udgør et alvorligt problem for planlægning af kurser og for studerendes udbytte.

Denne antagelse er bekræftet. Uanset placering i uddannelsesforløbet påviser forudsætnings-tests afgørende mangler i og store forskelle mellem studerendes forudsætninger, i forhold til hvad lærerne angav var en forudsætning for at få (fuldt) udbytte af kurset.

Problemet hænger naturligvis sammen med det generelle problem om studerendes forståelse. En mangelfuld forståelse i ét kursus vil ofte optræde som manglende forudsætning i følgende kurser. Problemet vil således kunne forfølge studerende gennem hele deres studieforløb.

I øvrigt er også dette problem fremme i nyere universitetspædagogisk litteratur (Hewson 1982, Prosser 1988, Prosser m. fl. 1997).

Et specielt problem gælder de forudsætninger studerende i anvendelsesfag har fra grundfagene. Af en del interviews med studerende om deres besvarelse af tests fremgår det at de ofte har svært ved at se sammenhængen mellem de begreber og sammenhænge de har lært i grundfag, og som de senere i en anden udformning, møder i anvendelsesfag. I nogle tilfælde er det et problem, at studerende slet ikke opdager at det er samme begreb; i andre tilfælde ved de at det er samme begreb, men kan ikke gennemskue forbindelsen mellem de måder de samme begreber fremstilles i grundfag og senere anvendelsesfag.

6.4 Antagelser om kvalitetsudvikling af DTU's undervisning

At kvalitetsudvikling der sikrer blivende forbedringer ikke sker ved forsøg på indførelse af bestemte, på forhånd valgte undervisningsformer.

At en afgørende betingelse for en vedvarende kvalitetsudviklingsproces er den enkelte lærers kendskab til studerendes læreproces, faglige forudsætninger og indlæringsmæssige og forståelsesmæssige vanskeligheder.

At de i dag mest benyttede eksamensformer og evalueringer af studerendes opfattelser og tilfredshed med undervisningen giver et utilstrækkeligt grundlag for kvalitetsudvikling.

At succes'en af kvalitetsudviklingstiltag blandt andet er betinget af, at lærere inddrages fra starten og har indflydelse på forløbet.

At kvalitetsudvikling bør knyttes til institutter eller til de grupper af lærere ved institutter der har ansvaret for undervisningen.

At en pædagogisk kvalificering af etablerede lærere bedre opnås ved deltagelse i kvalitetsudvikling af egne fag, hvor pædagogiske principper kan inddrages og drøftes med kolleger i forbindelse med konkret undervisning, end ved pædagogiske kurser hvor pædagogikken må introduceres mere generelt og abstrakt.

Egentlige kontrollerede, empiriske undersøgelser der kan påvise sammenhænge mellem studerendes generelle udbytte af undervisning og anvendelse af bestemte undervisningsformer vil være overordentligt vanskelige og omfattende. Der er dog i de seneste årtier blandt andet i USA, gjort flere forsøg på at sammenfatte resultater fra en række delundersøgelser der har søgt at relatere studerendes udbytte til karakteristika ved undervisningen (Wallen m. fl. 1963, Good m. fl. 1992). Sammenfattende er resultaterne fra disse, at der nok kan påvises forskelle med hensyn til udbytte mellem forskellige uddannelser, men en sammenhæng mellem studerendes udbytte og anvendelse af bestemte undervisningsformer kan ikke påvises. Dette er naturligvis ikke ensbetydende med at det er ligegyldigt hvilken undervisningsform, eller kombination af undervisningsformer, der benyttes. Snarere betyder det for det første at valget af undervisningsform må afhænge af undervisningsmål og omstændigheder for afholdelse af kurser, og for det andet, at faktorer som engagement, studenteraktivitet, udfordringer og feed back til studerende om deres fejltagelser og deres fremskridt kan være vigtigere for udbyttet end hvorvidt en bestemt kombination af undervisningsformer er anvendt. Eller sagt på en anden måde: Alle undervisningsformer kan i en hesigtsmæssig kombination gennemføres så en høj kvalitet opnås, og alle kan gennemføres så kun en lav kvalitet opnås.

Det ligger i forlængelse heraf at vedvarende kvalitetsudviklingsprocesser beror på at lærere har et kendskab til de studerendes læreproces, forudsætninger og vanskeligheder. Denne opfattelse er iøvrigt central i den model for kollegavejledning der er afprøvet i forbindelse med projektet. (Lauvås m. fl. 1996 og 1997).

En erfaring fra mange kvalitetsudviklingsprojekter som vi mener støttes af dette projekt, er at en afgørende betingelse for en varig kvalitetsudviklingsproces er at lærerne inddrages fra starten af processen.

Vi mener således at det er en styrke ved resultaterne af evalueringen af de ti kurser at det har været lærerne der i samarbejde med repræsentanter fra erhvervsliv, har identificeret de

centrale faglige elementer, studerende skal opnå forståelse af, og som i samarbejde med projektgruppen, har udformet tests og spørgeskemaspørgsmål. Vi mener at deltagelsen i et sådant forløb på flere måder har været kvalificerende for de involverede lærere.

6.5 Antagelse om pædagogisk meritering

At det er afgørende for gennemførelse af en mere omfattende kvalitetsudvikling at læreres, og for den sags skyld også institutter, arbejde med kvalitetsudvikling gøres meriterende.

Der er i uddannelser som DTU's med en solid tradition for brug af bestemte undervisningsformer en tilbøjelighed til at forsøge at rette op på mangler ved hjælp af ændringer inden for rammerne af allerede benyttede undervisningsformer. For den enkelte lærer er større ændringer arbejdsmæssigt uoverskuelige.

Ud fra generelle erfaringer fra universiteter og ud fra samtaler med de involverede lærere der alene ved deres deltagelse i projektet har udvist en stor interesse for udvikling af undervisningskvalitet, står det projektgruppen klart at skal mere omfattende ændringer eller reformer gennemføres skal der stærke tilskyndelser til antageligt både i form af mere omfattende ledelsesinitiativer eventuelt kombineret med didaktisk bistand, og i form af at det at levere undervisning af høj kvalitet og bruge arbejde på kvalitetsudvikling bliver meriterende.

7 Referencer

- 90'ernes Civilingenior. *Det vedtagne strategiforslag*. DTH's uddannelsesplanlægning. Danmarks Tekniske Universitet, Lyngby, 1992.
- Angelo, T. A., & K. P. Cross. *Classroom Assessment Techniques: A Handbook for College Teachers*. 2nd ed. Jossey-Bass Publishers, San Francisco, 1993.
- Ashworth, A. & R. Harvey: *Assessing Quality in Further and Higher Education*. Higher Education Policy Series, 24, London, 1994.
- Bentz, S. m.fl.: *Kvalitetsstyring af Ingeniøruddannelser*. DTU, 1995.
- Bergquist, W. & H. Heikkinen: Student ideas regarding chemical equilibrium. What written test answers does not reveal. *Journal of Chemical Education*, 67(12), 1990.
- Bloom, B. S. (red.): *Taxonomy of Educational Objectives: The Classification of Educational Goals. Handbook I: Cognitive Domain*. David McKay, New York, 1956.
- Booth, S.: *Learning to Program - a Phenomenographic Perspective*. Ph.d. Thesis. Acta Universitatis Gothoburgensis, Box 5096, S-402 22 Göteborg, Sweden. Göteborg, 1992.
- Bowden, J., G. Dall'Alba, E. Martin, D. Laurillard, F. Marton, G. Masters, P. Ramsden, A. Stephanou & E. Walsh: Displacement, velocity and frames of reference: Phenomenographic studies of student's understanding and some implications for teaching and assessment. *American Journal of Physics*, 60(3), 1992.
- Brown, G. med J. Bull & M. Pendlebury: *Assessing Student Learning in Higher Education*. Routledge, London, 1997.
- Bruner, J.: *Uddannelsesprocessen*. Gyldendals Pædagogiske Bibliotek, København, 1971.
- Carter, R.: A taxonomy of objectives for professional education. *Studies in Higher Education*, 10, 135-149, 1987.
- Dahlgren, L. O.: Outcomes of learning. I F. Marton, D. Hounsell & N. Entwistle (red.): *The Experience of Learning*. Scottish Academic Press, Edinburgh, 1984.
- Dahlgren, L. O.: *Effects of University Education on the Conception of Reality*. Paper presented at the 4th Int. Conf. On Improving University Teaching. July 26-29, 1978, Aachen, F. R. Germany. Reports from the Department of Education, University of Gothenburg, 65, 1978.
- Danske Ingeniører Mellem Skylla og Karybdis. Hovedrapport*. En scenarieanalyse udarbejdet for Ingeniørforeningen i Danmark, Ingeniørforbundet i Danmark og Ingeniørernes Arbejdsløshedskasse af Institut for Fremtidsforskning. 1996.
- McDermott, L. C. m. fl.: Student difficulties in connecting graphs and physics: Examples from kinematics". *American Journal of Physics*, 55(6), 1987.

- DTH's uddannelsesplanlægning. Oplæg til diskussion 1990.* Danmarks Tekniske Universitet, Lyngby, 1992.
- Dunkin, M. J.: Teaching: University and College. I Clark & Neave (red.): *The Encyclopedia of Higher Education*. Oxford, 1992. pp.1750-1760.
- Dunkin, M. J. & J. Barnes: Research on Teaching in Higher Education. I Wittrock, B. (red.): *Handbook of Research on Teaching. Third Edition*. New York 1986. pp 754-777.
- Gibbs, G. (red.): *Improving Student Learning - Theory and Practice*. The Oxford Center for Staff and Learning Development, Oxford, 1994.
- Gibbs, G. (red.): *Improving Student Learning - Using Research to Improve Student Learning*. The Oxford Center for Staff and Learning Development, Oxford, 1996.
- Good, T. L. og M. M. McCaslin: Teaching effectiveness. I M. C. Alkin (red.): *Encyclopedia of Educational Research, Sixth Edition*. Macmillan Publishing Company, New York, 1992.
- Greeno, J. G. & H. A. Simon: Problem solving and reasoning. I R. C. Atkinson, R. J. Herrnstein, G. Lindzey & R. D. Luce (red.): *Steven's Handbook of Experimental psychology. Volume 2: Learning and Cognition*. John Wiley & Sons, New York; Chichester; Brisbane; Toronto; Singapore, 1988.
- Hewson, P. W.: A case study of conceptual change in special relativity: The influence of prior knowledge on learning. *European Journal of Science Education*, Vol. 4, 1, 61-78, 1982.
- Hewson, P. W. & N. R. Thorley: The conditions of conceptual change in the classroom. *International Journal of Science Education*, Vol. 11, 541-553, 1989.
- Jacobi, O. & A. Jakobsen (red.): *DTH's uddannelsesplanlægning. Aftagerkonference*. April 1990.
- Jakobsen, A.: Om Forståelse af Ingeniørfaglige Begreber (arbejdstitel). Center for Didaktik og Metodeudvikling, Danmarks Tekniske Universitet, 2800 Lyngby. CDM's skriftserie, 4, 1998b.
- Jakobsen, A.: Kursusevaluering som kvalitetsforbedring. *Universitetslæreren* nr.97. September 1996.
- Jakobsen, A.: *Praktisk Kursusplanlægning*. Center for Didaktik og Metodeudvikling, Danmarks Tekniske Universitet, 2800 Lyngby. CDM's skriftserie, 2, 1998a.
- Jakobsen, A.: *Studiegennemførelse - udvikling i studieforhold samt studiestartproblemer ved DTH*. Ingeniøruddannelsens Didaktik, DTH, 1987.
- Jakobsen, A. (red.): *Udviklingstendenser i Ingeniørarbejdet 2. 25 Essays*. Teknisk Forlag, København, 1984.

- Jakobsen, A. & C. Rump: *Tests og Opgaver i Undervisningen i Ingeniøruddannelserne*. Center for Didaktik og Metodeudvikling, Danmarks Tekniske Universitet, 2800 Lyngby. CDM's skriftserie, 3, 1998a.
- Jakobsen, A., M. May & C. Rump: Centrale Elementer af Ingeniørkompetence samt Forståelsesvanskeligheder og Mulige Tests. Arbejdspapir. Kvalitetsudviklingsprojektet Faglig Sammenhæng, DTU, 1995a.
- Jakobsen, A., P. F. Laursen & C. Rump: *Bedømmelse af Kvaliteten af Universitetsundervisning og Universitetslæreres Pædagogiske Kvalifikationer*. Evalueringscentret, Østbanegade 55, 2100 København Ø. Evalueringscentrets skriftserie, 1, 1998b.
- Jakobsen, A. & S. A. Pedersen: Cognitive aspects of engineering work and research: implications for curriculum planning. In S. Törnkvist (ed.): *Teaching Science for Technology at Tertiary Level. Proceedings*. Centre for Educational Research and Development, Royal Institute of Technology, Box 700 30, 100 44 Stockholm, 1995b.
- Johansson, B.: *Krafter vid Rörelse. Teknologers Uppfattningar av Några Grundläggande Fenomen Inom Mekaniken*. (Forces in motion. Technological students' conceptions of some basic phenomena in Mechanics.) Reports from the Department of Education, University of Gothenburg, 14, 1981.
- Lauvås, P., K. Lycke & G. Handal: *Kollegavejledning i Skolen*. Klim, Århus, 1996.
- Lauvås, P. & G. Handal: *Vejledning og Praktisk Fagteori*. Klim, Århus, 1997.
- Lauvås, P. & C. Rump: *Kollegavejledning - en håndbog for lærere ved højere uddannelsesinstitutioner (arbejdstitel)*. Udkommer i 1999.
- Light, R. J.: The Harvard Assessment Seminars. First Report: *Exploration with Students and Faculty about Teaching, Learning, and Student Life*. Harvard University, Graduate School of Education and Kennedy School of Government, Cambridge, Massachusetts 02138, 1990.
- Lybeck, L., F. Marton, H. Strömdahl & A. Tullberg: The Phenomenography of the 'Mole Concept' in Chemistry. I P. Ramsden (red.): *Improving Learning*. Kogan Page, London, 1988.
- Marton, F.: Phenomenography - Describing conceptions of the world around us. *Instructional Science*, Vol. 10, 1981.
- Marton, F. & S. Booth: *Learning and Awareness*. Lawrence Erlbaum Assoc., Inc., New Jersey, 1997.
- Marton F. & R. Säljö: On qualitative differences in learning II - Outcome as a function of the learner's conception of the task. *British Journal of Educational Psychology*, 46, 115-127, 1976.
- Marton, F., D. Hounsell & N. Entwistle (red.): *The Experience of Learning*. Scottish Academic Press, Edinburgh, 1984.

- May, M., A. Jakobsen, C. Rump & P. Sørensen: Evalueringsrapport - for SE-kursus E4/F97 Elektromagnetisme og udbyttet af det efterfølgende projektarbejde ved Institut for Elektroniske Systemer, Aalborg Universitet. Det teknisk-naturvidenskabelige Fakultet, Aalborg Universitet, 1998.
- May, M.: Conceptual understanding of engineering courses. Paper presented at the 7th European Conference for Research on Learning and Instruction, Athens, 1997a.
- May, M.: Diagrammatisches Denken: Zur Deutung logischer Diagramme als Vorstellungsschemata bei Lakoff und Pierce. *Zeitschrift für Semiotik*, Band 17, Heft 3-4, 1995.
- May, M.: Students' conceptual understanding of physics concepts in engineering courses: cognitive and didactic aspects. Paper presented at the *First European Conference on Physics Teaching in Engineering Education*, PTEE 1997, Ingeniørhøjskolen Københavns Teknikum, 4-6 June, 1997b.
- Mintzes, J. J., J. H. Wandersee & J. D. Novak (red.): *Teaching Science for Understanding: A Human Constructivist view*. Academic, San Diego; London, 1998.
- Nakhleh, M. & R. C. Mitchell: Concept Learning versus Problem Solving. There is a difference. *Journal of Chemical Education*, vol. 70 (3), 1993.
- Nightingale, P. & M. O'Neil: *Achieving Quality Learning in Higher Education*. Kogan Page, London; Philadelphia, 1994.
- Pedersen, S.: Arv och anpassning. Lärarkandidaters förståelse av några biologiska grundbegrepp. I L. O. Dahlgren & R. Säljö (red.): *Didaktik i Högskolan. Exempel Från Biologi, Historia Och Omvårdnad*. Universitets- Och Högskoleämbetet - Forskning Och Utveckling För Högskolan - Skriftserie, 5, 1985.
- Prosser, M., E. Hazel, K. Trigwell & F. Lyons: Qualitative and quantitative indicators of students' understanding of physics concepts. *Research and Development in Higher Education*, 19, 670-675, 1996.
- Prosser, M., E. Hazel, K. Trigwell & F. Lyons: Students' experiences of studying physics concepts: the effects of disintegrated perceptions and approaches. Paper presented at the 7th European Conference for Research on Learning and Instruction, Athens, 1997. A revised version of the paper is to appear in a special edition of the European Journal of Educational psychology
- Prosser, M.: Is prior knowledge of subject matter more important to the development and use of meaningful learning skills? *Programmed Learning and Educational Technology*, 24, 280-285, 1988.
- Ramsden, P.: *Learning to Teach in Higher Education*. Routledge, London, 1992.
- Ramsden, P. (red.): *Improving Learning: New Perspectives*. Kogan Page, London, 1988.
- Renström, L., B. Andersson & F. Marton: Students conceptions of matter. *Journal of Educational Psychology*, Vol. 82, 1990.

- Rump, C., A. Jakobsen & T. Clemmensen: Improving conceptual understanding using qualitative tests. Udkommer i C. Rust & G. Gibbs (red.): *Improving Student Learning - Improving Student Learning Outcomes*. The Oxford Centre for Staff and Learning Development, Oxford, 1999.
- Seldin, P.: *The teaching Portfolio. A Practical Guide to Improved Performance and promotion/Tenure Decisions*. Anker Publishing Company, Inc., Bolton, 1997.
- Skovsmose, O.: *Kritik - Undervisning og Matematik*. Lærerforeningens Materialeudvalg, København, 1984.
- Svensson, L.: *Kroppar i linjär rörelse. Teknologers tänkande om några fenomen inom mekaniken*. Reports from the Department of Education, University of Gothenburg, 4, 1984.
- Svensson, L. & C. Högfors: Conceptions as the content of teaching: improving education in mechanics. I P. Ramsden (red.): *Improving Learning*, Kogan Page, London, 1988.
- Thiesson, L. & E. Thuesen: *Og hvad så... En debatbog om uddannelsespolitik og Ingeniørstudier*. Polyteknisk Forlag, Odense, 1989.
- Trigwell, K., M. Prosser & P. Taylor: Qualitative differences in approaches to teaching first year university science. *Higher Education* 27, 1994.
- Trigwell, K. R. & R. J. Sleet: Improving the relationship between assessment results and student understanding. *Assessment and Evaluation in Higher Education*, 13, 290-297, 1991.
- Trigwell, K.: Using evidence of outcomes to evaluate assessment practices. Udkommer i: G. Gibbs & C. Rust (red.): *Improving Student Learning - Improving Student Learning Outcomes*. The Oxford Centre for Staff and Learning Development, Oxford, 1999.
- Törnkvist, S., K.-A. Petterson & G. Tranströmer: Confusion by representation: On student's comprehension of the electric field concept. *American Journal of Physics*, 61(4), 1993.
- Voss, J. F. & T. A. Post: On the solving of ill-structured problems. I M. T. H. Chi, R. Glaser & M. J. Farr (red.): *The Nature of Expertise*. Lawrence Erlbaum Associates, New Jersey; London, 1988.
- Vroeijenstijn, A. I.: *Improvement and Accountability: Navigating between Scylla and Carybdis. Guide for External Quality Assessment in Higher Education*. Higher Education Policy Series, 30, London, 1995.
- Wagenschein, M.: *Zur Klärung des Unterrichtsprinzips des Exemplarischen Lehrers. Das Exemplarische Prinzip*. Gerner, B (hrsg.). Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt, 1970.
- Wagenschein, M.: *Verstehen lehren*. Beltz Bibliothek, Weinheim und Basel, 1982.

Wallen, N. E. og R. M. W. Travers: Analysis and investigation of teaching methods. I N. L. Gage (red.): *Handbook of Research on Teaching*. Rand McNally & Company, Chicago, 1963.

Williams Griffin, C. (red.): *Teaching Writing in all Disciplines*. Jossey-Bass Inc., San Fransisco, 1982.

8 Samlet liste over litteratur og foredrag fra projektet

8.1 Kursusevalueringssrapporter

Evalueringsrapport nr. 1: Evalueringsrapport for kurset 3610 Transportprocesser. Efterår 1995 og 1996. Hovedforfatter: Michael May.

Evalueringsrapport nr. 2: Evalueringsrapport for kurset 3600 Kemisk Procesteknik. Efterår 1995. Hovedforfatter: Michael May.

Evalueringsrapport nr. 3: Evalueringsrapport for kurset 4305 Funktionsprogrammering. Efterår 1995. Hovedforfatter: Camilla Rump.

Appendix til evalueringsrapport nr. 3: Evalueringsrapport for kurset 4305 Funktionsprogrammering. Efterår 1996. Hovedforfatter: Torkil Clemmensen.

Evalueringsrapport nr. 4: Evalueringsrapport for kurset 4356 Oversætteteknik. Efterår 1995. Hovedforfatter: Torkil Clemmensen.

Evalueringsrapport nr. 5: Evalueringsrapport for kurset 6380 Luftforurening og Miljøeffekter E95 & E96. Hovedforfatter: Michael May.

Evalueringsrapport nr. 6: Evalueringsrapport for kurset 4810 Indledende Feltteori. Forår 1996. Hovedforfatter: Michael May.

Evalueringsrapport nr. 7: Evalueringsrapport for kurset 3621 Reaktorlære. Forår 1996. Hovedforfatter: Torkil Clemmensen.

Evalueringsrapport nr. 8: Evalueringsrapport for kurset 3601 Kemiske Enhedsoperationer. Forår 1996. Hovedforfatter: Michael May.

Evalueringsrapport nr. 9: Evalueringsrapport for kurset 3602 Øvelser i Kemiske Enhedsoperationer. Forår 1996 (Januar- og Juni-kursus). Hovedforfatter: Michael May.

Evalueringsrapport nr. 10: Evalueringsrapport for kurset 4820 Anvendt Feltteori. Efterår 1996. Hovedforfatter: Michael May.

May, M., A. Jakobsen, C. Rump og P. Sørensen: Evalueringsrapport - for SE-kursus E4/F97 Elektromagnetisme og udbyttet af det efterfølgende projektarbejde ved Institut for Elektroniske Systemer, Aalborg Universitet. Det teknisk-naturvidenskabelige Fakultet, Aalborg Universitet, 1998.

8.2 Publikationer og konferencebidrag

A. Jakobsen har været keynote speaker på 9. Netværkskonferanse i universitets & højskolepedagogikk, oktober 1998.

A. Jakobsen har præsenteret projektet på DUN-konferencen "Universitetsstuderendes begrebslige forståelse", marts 1998.

Jakobsen, A.: Et kvalitetsudviklingsprojekt på DTU. I Ingeniørernes Pædagogiske Netværk, *IPN-nyt*, nr. 2, 1997.

C. Rump har været inviteret til at stå for en tre-timers workshop med titlen "Improving Conceptual Understanding" på "Second International Conference on Teaching Science for Technology at Tertiary Level" i Stockholm, Juni 1997.

Jakobsen, A.: Kursusevaluering som kvalitetsforbedring. I *Universitetslæreren* nr 97. September 1996.

Lauvås, P. & C. Rump: Kollegavejledning - en håndbog for lærere ved højere uddannelsesinstitutioner (arbejdstitel). Udkommer i 1999.

May, M.: Students' Conceptual Understanding of Physics Concepts in Engineering Courses: Cognitive and Didactic Aspects. Paper presented at the *First European Conference on Physics Teaching in Engineering Education*, PTEE 1997, Ingeniørhøjskolen Københavns Teknikum, 4-6 June, 1997

May, M.: Conceptual understanding of engineering courses. Paper presented at the 7th European Conference for Research on Learning and Instruction, Athens, 1997.

May, M.: Mod et lærende universitet? *Løke* nr. 4, 14-17, november 1997.

May, M.: Diagrammatisches Denken: Zur Deutung logischer Diagramme als Vorstellungsschemata bei Lakoff und Pierce. *Zeitschrift für Semiotik*, Band 17, Heft 3-4, 1995.

Rump, C. og A. Jakobsen: Forstår ingeniørstuderende når de består? *Sletten*, nr. 8, april 1998.

Rump, C., A. Jakobsen og T. Clemmensen: Improving conceptual understanding using qualitative tests. Udkommer i C. Rust og G. Gibbs (red.): *Improving Student Learning - Improving Student Learning Outcomes*. The Oxford Centre for Staff and Learning Development, Oxford, 1999.

8.3 Skrifter i CDM's skriftserie

Jakobsen, A. og C. Rump: *Tests og Opgaver i Undervisningen i Ingeniøruddannelserne*. Center for Didaktik og Metodeudvikling, Danmarks Tekniske Universitet, Lyngby, CDM's skriftserie, 3, 1998.

Jakobsen, A.: *Praktisk Kursusplanlægning*. Center for Didaktik og Metodeudvikling, Danmarks Tekniske Universitet, Lyngby, CDM's skriftserie, 2, 1998.

Jakobsen, A.: *Om Forståelse af Ingeniørfaglige Begreber*. (arbejdstitel). Center for Didaktik og Metodeudvikling, Danmarks Tekniske Universitet, Lyngby, CDM's skriftserie, 4, 1998.

8.4 Præsentationer af projektet

Projektgruppen har præsenteret projektet:

På Evalueringscentret, marts 1996.

På DTU, marts 1996.

På NTNU for Gradsudvalget, juni 1996.

På KVL Institut for Husdyrbrug og Husdyrsundhed, juni 1997.

På KU, Matematisk Fysisk Faggruppe, oktober 1997.

På DTU, afslutningen af "Faglig Sammenhæng", marts 1998.

På Høgskolen i Oslo, Ingeniørstudiet, oktober 1998.

På Sønderborg Teknikum, august 1998.

På Horsens Teknikum, august 1998.

På Ålborg Universitet, november 1998.

8.5 Arbejdspapirer

Jakobsen, A., M. May og C. Rump: Centrale elementer af ingeniørkompetence samt forståelsesvanskeligheder og mulige tests. Arbejdspapir. Kvalitetsudviklingsprojektet Faglig Sammenhæng. DTU. 1995.

May, M: Teoretiske/Metodiske tilgange til studerendes begrebslige forståelse af naturvidenskabsundervisning. Arbejdspapir 2. Enheden for Didaktik og Uddannelsesforskning, Institut for Teknologi og Samfund, DTU, november 1994.

May, M.: Case-studier i begrebslig forståelse af naturvidenskab på universitetsniveau & diskussioner af konceptuelle problemer i højere undervisning relevant for ingeniørfag (matematik, fysik, kemi). Arbejdspapir 3. Enheden for Didaktik og Uddannelsesforskning, Institut for Teknologi og Samfund, DTU, november 1994.

