CENTER FOR DIDAKTIK OG METODEUDVIKLING

Tests og Opgaver i Undervisningen i Ingeniøruddannelserne

Arne Jakobsen og Camilla Rump

Første udgave april 1999

Indhold

1 Indledning 5

2 Hvad tests måler: Elementer af kompetence 7
2.1 Kompetenceformer og typer af vanskeligheder 8
2.2 Test af kompetence 9

3 Brug af tests i undervisningen 11
3.1 Tests anvendt som indlæringsmiddel 11
3.1.1 Tests/opgaver i starten af kurser eller undervisningsforløb 12
3.1.2 Tests i løbet af kurset 13
3.1.3 Tests ved afslutning af kurser eller undervisningsforløb 14
3.1.4 Rettelser af tests og opgaver 15
3.1.5 Opsummering 15
3.2 Brug af tests i forbindelse med eksamen 16

4 Testformer 19
4.1 Sammenhængen mellem testform, kompetence og brug 20
4.2 Krav til tests 20
4.3 Valg af testformer 21

5 Eksempler på testtyper 23
5.1 Tests af studerendes faktuelle viden 23
5.2 Tests af studerendes færdigheder og algoritmiske kompetence 24
5.3 Afgrænsning og definition af betydningen af begreber og modeller 27
5.4 Intuitiv forankring, konsistens mellem teori og hverdagsopfattelse 30
5.5 Konsistens mellem teori og fysiske og rumlige forestillinger 35
5.6 Genkendelse af principper i forskellige repræsentationer 36
5.7 Indsigt i og vurdering af betydningen af forudsætninger 37
5.8 Indsigt i og vurdering af konsekvenser af en model eller metode 39
5.9 Afgrænsning, strukturering og adækvat modellering af et problem 41
5.10 Opgaver i kreativitet 45

6 Litteraturliste 49

1 Indledning

Dette skrift handler om brug af tests og opgaver i undervisning. Sigtet med skriftet er dels at søge at inspirere til en øget brug af tests, dels at inspirere til brug af flere og andre, blandt andet mere kvalitative former for tests og opgaver end de der bruges i dag.

Ved en test eller opgave forstår vi et problem, stillet af læreren, med henblik på at fremtvinge et på forhånd afgrænset ræsonnement eller en aktivitet hos studerende med et bestemt pædagogisk formål. Formålet kan være en form for evaluering - enten evaluering i form af eksamen, eller evaluering der giver lærere og/eller studerende kendskab til, en feedback på, undervisnings- og indlæringsprocessen. Formålet kan også være direkte at bidrage til indlæringen, for eksempel ved at indøve stof, tvinge studerende til at ræsonnere over et begreb eller repetere vigtige begreber. I mange tilfælde vil tests samtidigt have flere af disse formål.[1]

En præcis afgrænsning af, hvad der falder ind under begrebet tests og opgaver er vanskelig. Ifølge den oven for angivne bestemmelse vil studenteraktive undervisningsformer som projektarbejde og casebehandling være inkluderet i begrebet, og det vil stride imod almindelig brug af begreberne. Det, vi i dette skrift betegner som tests er mere begrænsede problemløsninger, der kan benyttes uanset undervisningsformen iøvrigt.

Når vi behandler tests med så forskelligartede formål i ét skrift, er det for det første fordi tests ofte samtidig tjener flere formål - eller fordi tests stillet med ét formål med fordel kan udnyttes til andre formål. Og for det andet fordi overvejelser over udformning og indhold af tests og opgaver i mange tilfælde er de samme uanset det umiddelbare formål.

Der er væsentlige pædagogiske pointer knyttet til brugen af tests. Mange af de emner, der i dag drøftes i forbindelse med udvikling af undervisningskvalitet, såsom studenteraktivitet, udfordring af studerende, eksaminers rolle samt øget indsigt i studerendes læreproces, har relation til udformningen og indholdet af tests og til den brug der gøres - eller ved en øget brug kunne gøres - af dem. I vid udstrækning vil de kvaliteter, der efterspørges i uddannelser, kunne opnås ved en bevidst brug af hensigtsmæssige tests.

Det gælder for det første arten af eksamensopgaver, hvor en række undersøgelser, herunder kvalitetsudviklingsprojektet 'Faglig Sammenhæng', der er gennemført ved DTU [5], har vist at den type af opgaver, der stilles ved eksaminer, har en afgørende betydning for studerendes indlæring og forståelse af stoffet.

Det gælder for det andet, at en bevidst brug af tests og af studerendes besvarelser, vil kunne give lærere en øget viden om studerendes indlæringsproces - en viden der kan bruges direkte til at korrigere undervisningsforløbet og til på længere sigt at udvikle hele undervisningsplanen. Samtidig vil en sådan brug af tests kunne give de studerende en mere sikker fornemmelse af deres egen indlæring.

Herudover vil tests og de studerendes besvarelser af tests, uanset formålet iøvrigt, udgøre et naturligt udgangspunkt for en meningsfuld faglig dialog mellem lærere og studerende.

Som indlæringsmiddel vil en øget brug af tests kunne bidrage til at der i undervisningen fokuseres

---

[1] Betegnelserne tests og opgaver har delvist overlappende betydning. Da betegnelsen "opgaver" i mange tilfælde inden for ingeniøruddannelser forbindes med en bestemt form for fortrinsvis beregningsorienteret type af opgaver, har vi valgt at benytte betegnelsen "tests". Imidlertid ligger der i betydningen af ordet "tests" egentlig, at de er konstrueret med henblik på en evaluering af dem, der løser dem. Evalueringsaspektet er i vores ærinde ikke det primære, og i visse sammenhænge, hvor denne betydning af ordet test vil virke decideret meningsforstyrrende, har vi valgt at bruge ordet "opgaver".

på det centrale i stoffet og at de studerende udfordres til at ræsonnere over de centrale begreber og problemer i indholdet. I det hele taget kan tests være et nyttigt redskab for lærere i en tid hvor forholdet mellem pensummængden og den til rådighed værende tid sætter læreren i et reelt dilemma mellem at skulle dække bredden, dvs. dække hele pensum, og at skulle sikre dybden, dvs. sikre en egentlig forståelse af fagets centrale elementer hos de studerende.

Besvarelsen af en tests er en form for, ofte meget tidsbegrænset, studenteraktivitet. Brug af tests vil da også kunne have samme pædagogiske formål som brug af egentligt studenteraktive undervisningsformer som øvelser, projekter og case-behandling. Vi mener afgjort ikke at sådanne undervisningsformer kan undværes eller at tests kan erstatte dem. Men en pointe er, at man ved brug af tests ret billigt kan opnå nogle af de pædagogiske mål, man ellers søger opnået ved de mere gennemført studenteraktive former. I øvrigt vil brug af tests også kunne bidrage til undervisningen i forbindelse med sådanne former.

I de indledende afsnit af skriftet søger vi at give et overblik over forskellige anvendelser og forskellige typer af tests.

Tests kan klassificeres såvel efter den *type af kompetence* de afprøver eller bidrager til at indøve, som efter deres *form* og deres brug i en bestemt sammenhæng. I afsnit 2 behandler vi forskellige typer af kompetence, vi mener er af betydning, især i forbindelse med ingeniøruddannelser. I afsnit 3 behandler vi forhold i forbindelse med forskellige måder at bruge tests på, og i afsnit 4 behandles kort testformer, dvs. dels de typer af ræsonnementer og aktiviteter besvarelse af en tests indebærer, dels deres "ydre" form.

Endelig omfatter afsnit 5 en samling af eksempler på tests, opdelt ud fra den type af kompetence, der primært søges testet.

Eksemplerne stammer for en stor dels vedkommende fra kvalitetsudviklingsprojektet 'Fagligt Sammenhæng' [5]. Andre er fundet i litteraturen eller ved samtaler med lærere. Der anvendes utvivlsomt tests, der, bedre end nogle af de her viste, illustrerer skriftets pointe eller som illustrerer pointer vi ikke har med. Vi udgiver derfor skriftet med en markering af, at det er en første udgave med den hensigt at kunne udarbejde en senere udgave med ændringer og suppleringer, blandt andet af testeksemplerne. Skulle læsere have ideer hertil, er vi meget interesserede.

2 Hvad tests måler: Elementer af kompetence

Uanset om tests bruges til den ene eller den anden form for evaluering, eller som undervisningsmiddel, er det afgørende, at testenes indhold er i overensstemmelse med undervisningens mål - at testene måler eller befordrer indlæringen af den tilsigtede kompetence. Ved undervisningsmål forstår vi en beskrivelse af dels det stof, der skal gennemgås, dels en beskrivelse af hvilken kompetence, den studerende skal have ved undervisningens slutning - altså hvad de studerende skal kunne.

En professionel ingeniørkompetence består i at kunne afgrænse, strukturere og løse komplekse tekniske problemer i en praktisk eller videnskabelig kontekst, under hensyntagen til de praktiske muligheder og omstændigheder.[2]

Målet med uddannelsen er at give grundlaget for udvikling af en sådan professionel ingeniørkompetence. Et sådant mål er imidlertid ikke velegnet som undervisningsmål for de enkelte forløb i en uddannelse. Det er for det første ikke operationelt og for det andet vil mange forløb i en uddannelse sigte mod kompetence på lavere niveauer. Der er gjort mange forsøg på at give en opdeling i kompetenceniveauer[3] for forskellige trin i uddannelserne. Vi vil ikke her gentage et sådant forsøg. Vi vil i stedet tage et udgangspunkt, der bygger på erfaringerne fra kvalitetsudviklingsprojektet 'Fagligt Sammenhæng' [5].

Udgangspunktet her er at forudsætningen for at en kandidat efter endt uddannelse kan udvikle sig til en kompetent professionel problemløser, er at hun har en dyb forståelse af fagets centrale elementer, det vil sige dets centrale begreber, principper, teknikker og metoder.

Vi vil ikke her beskrive, hvori forståelse egentlig består eller hvornår man kan sige at man forstår noget, idet dagligsprogsbetydningen af ordet er ganske godt dækkende til vores formål med dette skrift. Det vi vil beskæftige os med, er hvad et bestemt niveau af forståelse sætter én i stand til at gøre, altså den kompetence, forståelsen giver.

En opstilling af et kursus' undervisningsmål kan med fordel starte med en identifikation af de centrale elementer. Herefter følger en fastlæggelse af hvilken kompetence, der knytter sig til de enkelte elementer på dette trin i uddannelsen: Et niveau kan være blot at have et overfladisk kendskab til elementet, dvs. at man kan genkalde sig det. Et andet niveau, der fordrer en lidt dybere forståelse, kan være at man kan løse en bestemt type opgaver i faget. Et tredje, og ret avanceret niveau, er at man kan vurdere fagets metodeanvendelser under praktiske omstændigheder - under hvilke forudsætninger teori og metoder kan anvendes.

Den dybe forståelse af et fags centrale elementer, der ligger til grund for professionel problemløsning

---

[2] Ingeniørarbejde er ikke studeret helt så intensivt som visse andre professionelle problemløsningsfelter, som f.eks. medicin. Alligevel er der visse karakteristika, der træder tydeligt frem i de undersøgelser, der er gennemført. For det første udgør selve problemafgrænsnings- og definitionsaspektet ofte hovedproblemet og er det, der bruges mest tid på. Når først problemet er formuleret, ligger løsningen ofte lige for. For det andet er det praktiske aspekt ofte meget påtrængende. Økonomiske og tidsmæssige overvejelser er blandt de afgørende faktorer ved valg af problem og løsning.

[3] *Kompetence-* eller *målniveauer* kaldes også *taksonomier for undervisningsmål*, og de har ofte relation til Blooms taksonomi [3].

inden for faget, er blandt andet kendetegnet ved, at man har en intuitiv forankring af de centrale elementer, at man kan genkende dem i forskellige repræsentationer, at man kan genkende dem i en praktisk kontekst, at man kan foretage komplicerede beregninger med dem, at man kan foretage passende vurderinger i forbindelse med dem og at man kan manipulere og tilpasse dem, når det er påkrævet. Med andre ord: At man forstår stort set alle aspekter af det.

På denne baggrund vil det være nærliggende, at en uddannelse sørger for at studerende konfronteres med så mange aspekter af de centrale elementer som muligt. En måde at sikre dette på er ved variation i de typer af ræsonnementer, de studerende konfronteres med for eksempel ved brug af opgaver og tests.

I det følgende vil vi skelne mellem hvad vi vil betegne som en *fagintern* kompetence, og hvad vi vil betegne som en *praktisk* kompetence. En fagintern kompetence vil sige en kompetence, der omfatter viden og forståelse, der alene knytter sig til faglige begreber, modeller og metoder, som de optræder inden for fagets rammer. En praktisk kompetence vil sige en kompetence, der omfatter at kunne anvende fagets begreber på mere eller mindre praktiske problemer.

2.1 Kompetenceformer og typer af vanskeligheder

Erfaringerne fra kvalitetsudviklingsprojektet 'Fagligt Sammenhæng' viser at der er en række specifikke kompetenceelementer, som de studerende synes at have særligt vanskeligt ved at opnå. Disse er udgangspunktet for den følgende beskrivelse af kompetenceformer.

To vigtige former for kompetence består i:

- At kunne genkalde sig faktuel viden og
- At kunne udføre færdighedsprægede opgaver

Disse to typer af kompetence vil vi samlet betegne som *algoritmisk kompetence*.[4] Medens faktuel viden og færdigheder er ret nemme at afgrænse og beskrive, gælder det ikke de typer af kompetence, der er baseret på forståelse af stoffet, nemlig at kunne gennemføre løsning af problemer ved anvendelse af faglige begreber. Nedenstående fem kompetenceelementer vedrører selve tilegnelsen af centrale elementer.

- At kunne afgrænse og definere betydningen af begreber og modeller. I projekt 'Fagligt Sammenhæng' er den mest udprægede vanskelighed hos de studerende at de har vage begreber og en usikker modelforståelse. F.eks. kan mange ikke give præcise sproglige definitioner af selv elementære begreber, eller de kan ikke redegøre for betydningen af de indgående led i en formel.
- At forståelsen af de teoretiske begreber er intuitivt forankret. Hvis forståelsen ikke er det, vil det vise sig ved at man forfalder til brug af sin hverdagsforståelse hvis man skal løse et problem,

[4] Idet den type viden, der her søges beskrevet er den type viden, der opnås gennem indøvelse af en algoritme, f.eks. ved at man opnår rutine i at følge en bestemt opgaveløsningsforskrift eller ved brug af mnemoteknikker "lagrer" faktuel viden i hukommelsen.

der ikke er stillet indenfor fagets kontekst. Et 'klassisk' eksempel stammer fra undersøgelser foretaget blandt fysikstuderende, der også på senere trin i deres uddannelser benytter 'hverdagsfysiske' ræsonnementer, når de stilles over for hverdagsproblemer, mens de godt kan bruge de Newtonske begreber ved opgaver, der er stillet indenfor fagets rammer. [8]

- At kunne forestille sig en teori fysisk eller rumligt.
- At kunne genkende principper i forskellige repræsentationer. Mange genkender ikke mekaniske principper, når de bliver iklædt for eksempel en kemiteknisk kontekst. Nogen gange vil blot en ændret symbolkonventionen volde vanskeligheder.
- At kunne genkende principper uanset hvilken grad af idealisering eller generalisering de bliver præsenteret i. For eksempel vil en del studerende ikke genkende specifikke udformninger af Newtons love som værende sådanne.

De følgende kompetenceelementer vedrører anvendelsen af centrale elementer:

- At kunne opstille og gennemtænke scenarier.
- At kunne indse og vurdere betydningen af forudsætningerne for at bruge en model eller metode.
- At kunne indse og vurdere konsekvenserne af at bruge en model eller metode.

De følgende to typer af kompetence adskiller sig fra de foregående. De forudsætter ofte en ret dyb forståelse af et fagområde, men de omfatter også en slags "metafærdigheder":

- At kunne afgrænse, strukturere og modellere et problem.
- At kunne gennemføre løsninger der indeholder kreative elementer (f.eks. konstruktion eller design).

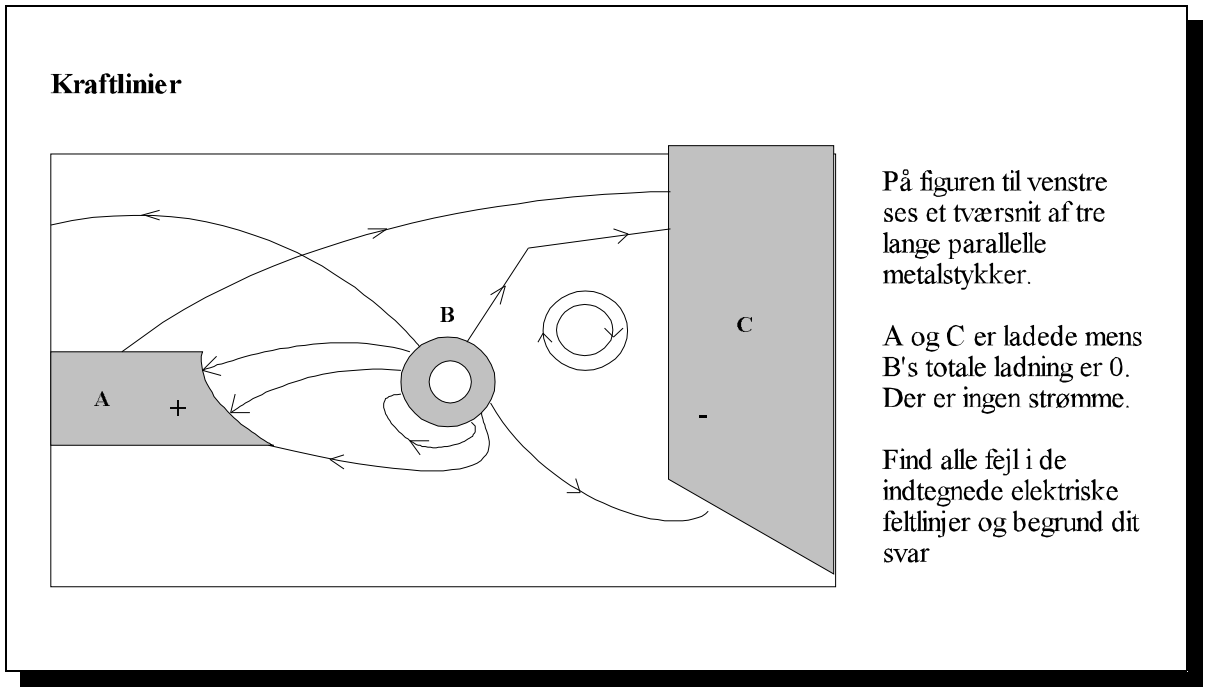
2.2 Test af kompetence

Vi skal i afsnit 5 vise eksempler på tests, der sigter på bestemte elementer af kompetence. Der er imidlertid en principiel usikkerhed med hensyn til hvilken kompetence en test måler.

Ser vi på det testspørgsmål der er angivet i figur 1 er det klart, at nogle studerende vil kunne løse den alene ved at genkalde sig regler, f.eks. "to feltlinier kan ikke krydse hinanden" eller "feltlinier kan ikke knække".

Besvarelsen forudsætter i så fald alene en algoritmisk kompetence og ikke en egentlig forståelse af felteori. Andre studerende vil kunne løse den uden at kunne genkalde sig regler, men ved ræsonnementer, der forudsætter en sådan forståelse. Hvad en test måler er således afhængig af omstændighederne. Til gengæld vil sådanne omstændigheder ofte være kendt af læreren der stiller testen, idet de i høj grad udgøres af hvilken kompetence, undervisningen har givet.

I mange undersøgelser er det problem trukket frem, at studerende i forskellige uddannelser, blandt andet ingeniøruddannelser, lærer sig algoritmisk at løse opgaver af bestemte typer, der forventes at optræde ved eksamen. Sådanne opgaver kan være ganske krævende og tilsyneladende forudsætte en høj grad af forståelse, men vil reelt i den grad de studerende har kunnet forudse typen af opgaven, kunne løses alene ved en algoritmisk kompetence.



Figur 1. Ræsonnementer om feltlinier. Testen er af typen "find fejl" [9].

3 Brug af tests i undervisningen

Brug af tests og opgaver har traditionelt været opfattet som aktiviteter med to hinanden uafhængige formål: Enten som et middel til evaluering og da i form af eksamensopgaver - eller som indlæringsmidler, i ingeniøruddannelser ofte i form af øvelsesopgaver til indøvelse af teori eller færdigheder i form af for eksempel beregningskompetence.

En gennemgående opfattelse i dette skrift er imidlertid, at denne opfattelse er forenklet. Dels fordi den brug man gør af tests, også selvom det umiddelbare formål er evaluering, med stor sandsynlighed vil have stor betydning for indlæring og udbytte af undervisningen. Dels fordi der findes meget mere differentierede anvendelser af tests, der med et ret begrænset ressourceforbrug vil kunne øge de studerendes udbytte af undervisningen.

Den form for evaluering, der er den primære i forbindelse med eksaminer, betegnes i evalueringsteori *summativ evaluering*. Dens formål er at afgøre og "deklarere" studerendes kompetence på et bestemt tidspunkt. Denne deklaration, som oftest i form af en karakter, har i hvert fald potentielt konsekvenser for den studerende i forhold til videre uddannelse eller beskæftigelse.

En anden form for evaluering, som betegnes *formativ evaluering*, har til formål at give læreren feedback på undervisningsprocessen og/eller give de studerende feed-back på deres indlæringsproces. Det er intentionen, at den skal have konsekvenser for undervisningen og/eller de studerendes arbejde, men den enkelte studerendes besvarelse har ikke herudover konsekvenser. Således lader man ofte besvarelserne være anonyme.[5]

Det er klart, at resultater af eksaminer også kan have konsekvenser for både undervisning og studerendes arbejde med indlæring og således have et formativt element (mens det modsatte ikke kan være tilfældet).

Vi vil i det følgende behandle tests anvendt til formativ evaluering sammen med anvendelser af tests som indlæringsmiddel, dvs. under ét: Anvendelser der direkte har til formål at bidrage til de studerendes indlæring og udbytte. Vort sigte er her at inspirere til en øget og differentieret brug af tests.

Vi vil derefter behandle tests anvendt i forbindelse med eksamensformer, det vil sige med et primært summativt formål, men ud fra den synsvinkel, at indholdet af sådanne tests har en afgørende betydning for studerendes arbejde og dermed deres udbytte af undervisningen. Vort sigte er her at bidrage til at der i højere grad anvendes opgaver, der er egnede til at måle de typer af kompetence uddannelsen tilsigter. Man kan derved søge at sikre, at de studerende arbejder med, og opnår, denne kompetence.

3.1 Tests anvendt som indlæringsmiddel

Den brug af opgaver som undervisningsmiddel, de fleste antageligt umiddelbart kommer på, består i at indøve teori - gøre studerende fortrolige med teori - eller indøve færdigheder i form af f.eks. beregningskompetence. En sådan brug kan naturligvis være vigtig, og den er velkendt i mange uddannelser i form af øvelser, øvelsesregning og hjemmeopgaver. Når opgaver har dette formål er det naturligt, at

[5] I en del litteratur benyttes betegnelserne ekstern og intern evaluering synonymt med henholdsvis summativ og formativ evaluering.

de gives efter at teorien er gennemgået - teorien må først præsenteres og så indøves.

Tests kan imidlertid benyttes med andre pædagogiske formål som vigtige midler i undervisnings- og indlæringsprocesser. Det er da ikke så givet, at opgaver gives efter gennemgangen af teorien.

3.1.1 Tests/opgaver i starten af kurser eller undervisningsforløb

Vi vil gå ud fra et eksempel:

Ved starten af en forelæsning i rørhydraulik gives en test, som vist i figur 2. Testen kan gives ved at læreren, på en overheadplanche, viser testen og lader de studerende overveje svaret i et par minutter. Derefter gennemgår læreren eksemplet i dialog med de studerende og introducerer en række begreber,



Figur 2. Test hvor studerende skal ræsonnere om stød i rør. Testen er anvendt af Morten Kjeldsen, førsteamanuensis, Dr. Ing., NTNU.

der udgør forudsætninger for kurset (og som har relation til besvarelsen af spørgsmålet). Læreren referer her til dagligdags begreber.

De studerende bør fra tidligere kurser have kendskab til flere af de begreber, som indgår i besvarelsen af spørgsmålet, men de har ikke tidligere hørt om stød i rør, og de kan ikke, og forventes ikke at kunne, give en fyldestgørende forklaring. De kan relatere problemet til en dagligdags erfaring og ved at ræsonnere over det opnå en første intuitiv forståelse. De bør også kunne relatere problemet til de teoretiske begreber, de tidligere har lært.

I den følgende del af forelæsningen inddrager læreren teorien og kan da relatere den til de studerendes intuitive forståelse. Han har dermed i en tid, en ganske anderledes motivation hos de studerende, end hvis han blot havde startet med teorien.

Et andet formål med brug af tests i starten af et undervisningsforløb er at få et indtryk af de studerendes forudsætninger. Sådanne tests kan baseres på faktuel viden eller forståelse af de begreber, modeller og principper, der udgør de væsentligste forudsætninger for at kunne følge kurset.

Læreren har dermed en mulighed for at gøre noget ved et problem, som vist er velkendt af alle lærere: At der er stor usikkerhed, og meget stor spredning, i de studerendes faktiske forudsætninger. Han kan gøre de studerende klart, hvad der med hensyn til det pågældende emneområde er uomgængelige forudsætninger for at få udbytte af undervisningen, og han kan i den udstrækning han vælger det, repetere og/eller henvise til, hvor studerende selv kan læse manglende forudsætninger op.[6]

Sådanne tests kan benyttes såvel ved starten af et kursus som ved starten af gennemgangen af et nyt emneområde inden for et kursus. De kan gives skriftligt eller mundtligt og have et større eller mindre omfang. De kan gives som led i en forelæsning og besvares efter en kort pause til overvejelse, eventuelt efter at de studerende har talt med sidemanden i nogle minutter. De kan gives som hjemmeopgave eller de kan, hvis de er mere omfattende, eventuelt gives i forbindelse med opgaveregningstimer.

Afhængigt af hvordan sådanne tests bruges, kan besvarelser samles ind og gennemgås af læreren, der derved får et billede af de studerendes forudsætninger og forståelse. Han kan naturligvis yderligere uddybe et sådant billede ved samtaler med de studerende om deres besvarelser.

Ved brug af tests i starten af et undervisningsforløb, kan der således opnås:

- At de studerende ved at reflektere over spørgsmålet får en første intuitiv opfattelse/forståelse, som de kan relatere til noget de er fortrolige med.
- At de studerendes opmærksomhed fokuseres på centrale begreber i kursets indhold.
- At de studerendes nysgerrighed vækkes og de udfordres til at ræsonnere.
- At læreren - og de studerende - får mulighed for at danne sig et billede af de studerendes faktiske forudsætninger og af, hvor langt de kunne nå i besvarelsen.

3.1.2 Tests i løbet af kurset

På forskellige tidspunkter i løbet af et kursus kan studerende gives tests. Formålet kan være de allerede nævnte, at fokusere de studerendes opmærksomhed og udfordre dem til at ræsonnere med vigtige begreber. Derudover kan formålet være:

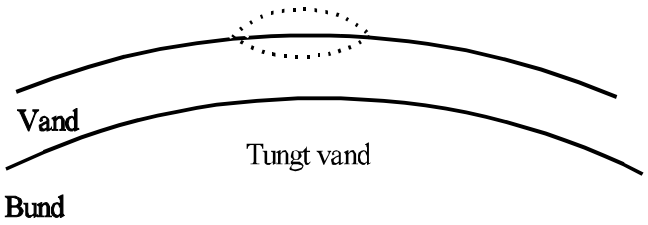
- At læreren og de studerende får en opfattelse af de studerendes indlæring og forståelse, som er så klar som mulig - hvad der volder vanskeligheder - og dermed får et grundlag for at korrigere undervisnings- og indlæringsprocessen .

[6] Det er vist mange underviseres erfaring at det blot at fortælle de studerende at forudsætninger er vigtige for at få udbytte af undervisningen ikke gør det store indtryk. Med brug af tests kan det meget konkret demonstreres, hvad manglende forudsætninger kan betyde.

- At give de studerende en oplevelse af, hvad de har lært - at de faktisk kan bruge, det de har lært.[6]
- At 'tvinge' de studerende til at ræsonnere.

Et eksempel på sidstnævnte er når underviseren, feks. lige før en pause, stiller følgende spørgsmål og efter pausen drøfter eller gennemgår besvarelserne.

Antag at der eksisterer et område under havbunden, hvis massefylde er væsentlig større end den øvrige havbunds massefylde. Vil vandet danne en top eller en fordybning over det 'tunge' vand?



Figur 3. Testen er anvendt af lektor Erik Both, DTU.

De fordele, der kan opnås ved brug af tests gælder naturligvis også en bevidst brug af de øvelsesopgaver og hjemmeopgaver der allerede benyttes.

3.1.3 Tests ved afslutning af kurser eller undervisningsforløb

Ved afslutning af et kursus eller i løbet af et kursus, når et emneområde afsluttes, kan tests benyttes i forbindelse med repetition af centrale dele af stoffet. Startes repetitionen med tests, vil læreren opnå et billede af, hvad der bør lægges vægt på ved repetitionen, og hvad der måske ikke er grund til at repetere.

[6] At studerende løbende får feedback på deres arbejde og får oplevelsen af at have lært noget er i flere undersøgelser fundet at høre til de mest motiverende faktorer [7].

3.1.4 Rettelser af tests og opgaver

Hvorvidt og hvordan tests og opgaver rettes må afhænge af hvordan de bruges og af hvad man vil opnå med brugen. Det må desuden afhænge af de ressourcer, der er til rådighed.

Udfra et indlærings- og motivationsmæssigt synspunkt er det som nævnt afgørende, at de studerende får en hurtig feedback. Drejer det sig om korte tests, vil det ofte være tilstrækkeligt at se, og eventuelt få gennemgået, den rigtige besvarelse.

Såfremt læreren ønsker at opnå et billede af de studerendes viden, kompetence eller indlæringsmæssige vanskeligheder, kan det være påkrævet at han selv retter testene.

Når det drejer sig om lidt større opgaver, kan der være fordele ved at de studerende retter hinandens opgavebesvarelser. Det kan befordre indlæringen af stoffet at blive tvunget til at forholde sig til andres besvarelser. Det er også fundet, at de studerende, ved at rette andre studerendes opgaver, hurtigere end hvis de blot afleverer egne besvarelser, gør sig kriterierne for en god opgavebesvarelse klar og dermed selv udarbejder bedre besvarelser. [4]

3.1.5 Opsummering

Ovenfor har vi beskrevet en række pædagogiske formål, der kan søges tilgodeset ved brug af tests. De er:

1. At indøve viden og færdigheder. Da denne anvendelse af opgaver er velkendt, har vi ikke behandlet den yderligere.

2. At fokusere de studerendes opmærksomhed på det væsentlige. Studerende har ofte ikke mulighed for at vurdere hvad der er de væsentlige pointer i undervisningen. Tests kan være et middel til at understrege det væsentligste.

3. At udfordre de studerende til at ræsonnere og reflektere over stoffet samt at demonstrere, at de faktisk har lært noget - at de kan løse problemer ved hjælp af den teori de har været igennem.

4. At etablere en intuitiv forståelse som et grundlag for at udvikle en teoretisk forståelse. En antageligt uomgængelig forudsætning for at lære noget er at man kan relatere det der skal læres, til noget man allerede har en grad af fortrolighed med. Studerende på mange universitetsuddannelser har store vanskeligheder med at relatere teori til noget de er fortrolige med. Besvarelser af tests som den ovenfor angivne om stød i rør med en efterfølgende gennemgang, men selvfølgelig også demonstrationer og forklaringer, kan bidrage til indlæring og forståelse ved at etablere en sammenhæng mellem noget kendt og den teori, der skal læres.

5. At opnå kendskab til studerendes indlæring og forståelse. Et nødvendigt grundlag for at gennemføre undervisning, der mest muligt bidrager til studerendes indlæring, og for at påvirke deres indlæringsproces, er kendskab til deres forudsætninger, deres indlæringsproces og deres vanskeligheder med at opnå forståelse. Ved brug af tests og udnyttelse af den information man iøv-

rigt kan opnå blandt andet ved dialog med studerende, kan lærere opnå et sådant kendskab, der kan udnyttes både til øjeblikkelige justeringer og til mere langsigtede ændringer og eventuelle reformer.

6. At opnå dialog med de studerende om fagligt relevante spørgsmål og emner. På mindre hold kan en dialog om tests og om besvarelserne heraf direkte etableres. På store hold har lærere mulighed for ved gennemgang af holdets besvarelser af tests at påpege og korrigere typiske fejltagelser, uddybe forhold de studerende finder vanskelige og i det hele taget reagere på de studerendes arbejde og derigennem opnå en erstatning for en egentlig dialog.

3.2 Brug af tests i forbindelse med eksamen

Resultaterne fra en efterhånden lang række af undersøgelser, der i de senere år er gennemført i forskellige lande inden for forskellige fag, er meget samstemmende, at indholdet af de opgaver der benyttes ved eksaminer, er af afgørende betydning for studerendes indlæring [7]. Resultaterne understreger, at den type af eksamensopgaver studerende forventer og gør en stor indsats for at identificere, i meget høj grad er bestemmende for deres studieindsats og dermed for deres udbytte af undervisningen.

Et andet resultat er, at studerendes resultater ved eksaminer der tester et ensidigt element af den samlede kompetence, f.eks. beregningskompetence, ikke nødvendigvis afspejler deres forståelse . Det gør den ofte ikke når typen af beregningsopgaver er forudsigelig og "trænet" af de studerende, så den kompetence der faktisk måles har karakter af en algoritmisk færdighed. De studerende synes at kunne "afkode systemet" og opnå en klar fornemmelse af hvad der er sandsynlige typer af eksamensopgaver og så indøve en algoritmisk kompetence i at løse dem, uden nødvendigvis at opnå nogen større forståelse af fagets centrale elementer.

Det skal understreges, at det her anførte ikke indebærer nogen afstandtagen fra beregningsopgaver. Dels er beregningskompetence selvfølgelig i mange faglige sammenhænge vigtig. Dels behøver beregningsopgaver ikke kun at måle en algoritmisk kompetence. Problemet opstår hvis en stor del af eksamen består af typeopgaver som de studerende kan identificere og træne en algoritmisk kompetence i at løse, uanset om det er beregningsopgaver eller mere kvalitativt orienterede opgaver.

I det omfang målet med undervisningen omfatter forståelse, har sådanne eksaminer en lav validitet. Det er naturligvis i sig selv uheldigt. Endnu mere uheldigt er det imidlertid, hvis studerendes forventning om bestemte typer af eksamensopgaver forvrider deres arbejdsindsats væk fra at arbejde mod at opnå forståelse. Det synes faktisk at være tilfældet i mange universitetsuddannelser.

En løsning på dette problem ligger lige for: Brug af opgaver, der reelt måler de typer af kompetence, der tilstræbes i uddannelsen. I de tilfælde, hvor eksaminer traditionelt har kunnet bestås med en algoritmisk kompetence er en sådan ændring selvfølgelig ikke uden omkostninger. For det første vil det i mange tilfælde kræve andre eksamensformer og opgaver, og omstillingen og indarbejdelsen af en ændret måde at stille eksamensopgaver på kan være ressourcekrævende. For det andet forudsætter det, at studerende fra starten af kurserne er bekendt med de nye krav.

[7] I hovedrapporten fra 'Fagligt Sammenhæng' [5] er en del af sådanne undersøgelser refereret.

Af flere af de omtalte undersøgelser fremgår det, at de studerendes forståelse slet ikke står mål med det faglige niveau, eksamensopgaverne umiddelbart synes at være udtryk for. Et krav om forståelse af stoffet må da forventes at indebære enten en væsentlig større arbejdsbyrde for de studerende og/eller en reduktion i stofmængden. I hvor høj grad dette er tilfældet i det enkelte kursus, kan lærere få belyst ved at teste de studerendes forståelse af de begreber og sammenhænge, der indgår i de benyttede eksamensopgaver.

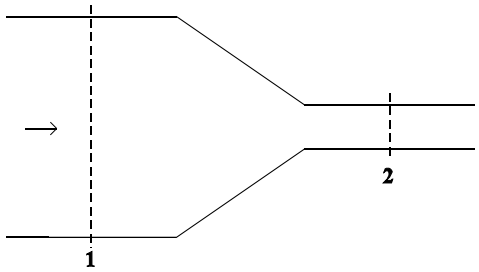
4 Testformer

Tests kan relatere sig til forskellige typer af kompetence og sigtet med at benytte dem kan være forskellige i forskellige pædagogiske sammenhænge. Hvad vi endnu ikke har behandlet er at tests naturligvis kan have forskellige udformninger. Vi vil i dette afsnit behandle dette, idet vi vil tale om forskellige testformer.

Der er to betydninger af testformer, som ikke er sammenfaldende:

- Vi kan med testform forstå *den type af ræsonnement* eller aktivitet, besvarelsen af testen indebærer (eller rettere: som den der udvikler testen, har til hensigt at besvarelsen skal indebære). Eksempler kan være at redegøre for et begreb, at ræsonnere sig til konsekvenser af at benytte en metode til løsning af et givet problem eller at gennemføre en beregning.
- Vi kan også ved testform forstå *den ydre form*, testen har, f.eks. skriftlig redegørelse (essays), multiple-choice, forklare et begreb i hverdagssprog etc.

Vi vil ikke i dette korte skrift gøre meget ud af denne sondring. Det kan dog være vigtigt at gøre sig klart, at der ofte til en given type af ræsonnement kan tænkes mange alternativer med hensyn til ydre form, og at begge dele hver for sig kan have betydning for hvilken kompetence der testes. Det viser sig at ræsonnementer om ydre former kan udgøre specifikke vanskeligheder for de studerende: F.eks. har mange studerende vanskeligheder med at ræsonnere over grafer og lave præcise skriftlige begrebsdefinitioner.



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: $p_1 = p_2$

Figur 4. Test af kendskab til Bernoullis ligning (modelforståelse og intuitiv forankring). Testen er af typen multiple-choice med krav om sproglig begrundelse.

I mange tilfælde vil en kombination af flere ydre former være en 'billig' måde at opnå test af de studerendes forståelse af de centrale elementer. I figur 4 er der vist et eksempel på en test hvor besvarelsen skal gives ved multiple choice i kombination med en sproglig forklaring.

Det fremgår ikke af testen, hvilken lov eller model, de studerende skal benytte ved løsningen. Meningen er altså at de studerende selv skal identificere problemet som et spørgsmål om energibevarelse i den form Bernoullis ligning udtrykker. Opgaven tester således de studerendes modelforståelse. Her skal besvarelsen gives ved valg mellem tre muligheder for hvad relationen mellem de to tryk er, samt en hverdagssproglig begrundelse, altså en intuitiv forklaring. Opgaven søger således også at teste de studerendes begrebsafgrænsning og om teorien er intuitivt forankret.

4.1 Sammenhængen mellem testform, kompetence og brug

Der er naturligvis en vis sammenhæng mellem testformen, især typen af ræsonnement eller aktivitet der knytter sig til testen, og den type af kompetence testen drejer sig om. Men der er ikke tale om nogen enkel sammenhæng, blandt andet fordi det ræsonnement der kræves gennemført, og dermed den kompetence der testes, vil afhænge af den sammenhæng og situation, testen bruges i. I forbindelse med testen i figur 1 påpegede vi at en korrekt besvarelse kunne gives ved at studerende gennemførte et ræsonnement ud fra en forståelse af feltteori eller ved at de genkaldte sig regler. På samme måde vil testen i figur 4 i nogen tilfælde kunne løses uden et egentligt forståelsesbaseret ræsonnement ved at man genkalder sig definitionen på Bernoullis ligning og husker den figur, der som regel illustrerer den, og så genkalder sig at trykket er mindst på det snævre stykke. Begrundelsen kan da blot være en henvisning til Bernoullis ligning, men mangle en redegørelse for, hvad Bernoullis ligning udtrykker, altså at den er en specifik udgave af loven om energibevarelse, og at de tre led er henholdsvis; tryk, kinetisk energi og potentiel energi. En sådan rent algoritmisk baseret løsning vil kunne umuliggøres ved at der stilles større krav til en begrundelse for svaret end blot en henvisning til Bernoullis ligning, hvilket igen illustrerer at den ydre form også kan have indflydelse på hvilken kompetence der testes. Dertil kommer så, at mange tests tester flere forskellige kompetenceelementer.

I lyset af dette, og i lyset af det faktum at næsten enhver form for test kan blive en typeopgave der tester algoritmisk kompetence, er det vigtigt at både testens ydre form og den type ræsonnement der sigtes på, ikke bliver for stereotyp: At tests ikke bliver typeopgaver hvis løsning studerende kan finde ved en art mønstergenkendelse.

4.2 Krav til tests

Man taler i evalueringsteori ofte om to former for krav til en test:

- En høj grad af *reliabilitet*. Dette krav indebærer at testen er pålidelig i den forstand at gentagen brug af den, eller gentagne bedømmelser af den uanset hvem der foretager bedømmelsen, giver samme resultat.
- En høj grad af *validitet*. Dette krav indebærer at testen måler dét det er hensigten den skal måle.

Det ideelle er naturligvis at de tests, der bruges har en høj grad af både reliabilitet og validitet. Herover-

for står at disse krav i praksis må afvejes over for et krav om at tests med hensyn til udformning, gennemførelse og rettelse ikke må være unødigt ressourcekrævende. Sidstnævnte krav må i særlig grad tages alvorligt, når ønsket, som det er tilfældet med dette skrift, er en øget brug af tests.

På mange institutioner har der traditionelt været et afgørende krav om reliabilitet til tests der indgår i en summativ evaluering, altså i eksaminer - også selvom dette skete på bekostning af validiteten. Muligvis er dette sket ud fra et retfærdighedssynspunkt, men dette krav har antageligt været medvirkende årsag til en udbredt brug af opgaver med entydige løsninger og dermed en opgavestereotypi der har givet for rige muligheder for en algoritmisk opgaveløsningsstrategi med faldende validitet til følge.

For tests anvendt som indlæringsmiddel er kravet om reliabilitet, og til en vis grad også validitet, mindre afgørende. Det skyldes naturligvis for det første, at besvarelsen ikke har de samme konsekvenser for studerendes fremtid. Det skyldes imidlertid også, at anvendelse af sådanne tests næsten altid giver mulighed for supplerende forklaringer, og at de i øvrigt bør kombineres med en form for dialog.

4.3 Valg af testformer

Der er med hensyn til valg af testformer overordentligt mange muligheder.

Tests kan være skriftlige eller mundtlige og evt. indebære, at studerende skal konstruere, eller i deres ræsonnement benytte, figurer eller diagrammer.

Derudover kan tests have lukkede eller åbne svarmuligheder.

Tests med lukkede eller givne svarmuligheder kan f.eks. bestå i;

- at afgøre hvorvidt på forhånd angivne mulige svar er korrekte,
- at afgøre hvorledes på forhånd angivne mulige svar skal kategoriseres i givne kategorier,
- at afgøre hvordan udsagn skal matches,
- at studerende skal finde fejl i tekster eller figurer,
- at studerende skal udfylde 'huller' i tekster eller figurer, indtegne grafer, etc.

De to sidste varianter kan ved ret enkle svar afspejle ret komplicerede ræsonnementer. En anden variant, der har denne egenskab består i;

- at studerende skal angive hvilke data eller oplysninger der er nødvendige for at løse et givet problem.

Tests kan have helt åbne svarmuligheder hvor de studerende selv frit vælger formen af besvarelsen eller der kan være mere specifikke krav til besvarelserne;

- at besvarelsen, eller eventuelt blot forklaringer, skal angives i hverdagssprog,
- at besvarelsen skal være rettet til en given modtager(gruppe),
- at besvarelsen skal gives ud fra angivne synspunkter eller opfattelser,
- eller besvarelsen kan bestå i stillingtagen til modstridende påstande eller modstridende løsninger på et givet problem.

Herudover kan besvarelsesformer kombineres, eksempelvis kan der være krav om et lukket svar, men yderligere et krav om en sproglig begrundelse.

Endelig er der den mulighed at viden om et emne kan testes ved en række af spørgsmål f.eks. en række multiple choice spørgsmål eller en række "short questions".

Disse muligheder er kun eksempler. De mange muligheder for variation skulle fremgå af eksemplerne i næste afsnit samt af litteraturen om tests [2 og 4].

5 Eksempler på testtyper

I det følgende er, ud fra eksempler, vist en række typer af tests/opgaver.

Testene er kategoriseret ud fra den type af kompetence, der testes. Der er således ikke ved kategoriseringen skelnet mellem tests, der kan bruges summativt eller formativt eller som undervisningsmiddel. I mange tilfælde kan typerne bruges til alle tre formål, med det forbehold at summative tests/opgaver som nævnt skal sikres en høj grad af reliabilitet og validitet. Listen er meget langt fra at være dækkende.

Vi har forsøgt at variere eksemplerne med hensyn til testformer, både med hensyn til den ydre form og den type af ræsonnement eller aktivitet, løsning af testen antages at indebære.

En bemærkning til denne samling af tests er: De anførte eksempler udmærker sig ikke nødvendigvis ved at have specielle kvaliteter. Flere af eksemplerne er udarbejdet under tidspres i forbindelse med kvalitetsudviklingsprojektet 'Fagligt Sammenhæng'. Der er ikke generelt lagt vægt på at opnå en høj grad af validitet, men der er lagt vægt på at testene skal være realistiske, i den forstand at lærere enten har brugt dem i deres kurser, eller at det ikke ville være urealistisk ressourcekrævende at gøre det. Herudover tjener de det formål at illustrere variationsmulighederne for tests også indenfor ingeniørfaget.

En pointe er at tests/opgaver som anvendes formativt eller som indlæringsmiddel, kan udarbejdes uden det store besvær. Deres opgave, som er at udfordre studerende og tilvejebringe en konstruktiv undren over et fænomen, er ikke afhængig af at testen nødvendigvis er reabel eller valid.

5.1 Tests af studerendes faktuelle viden

Eks. 1. "Short questions": Test af *faktuel viden.*

1.b. Hvad betyder ordet "stratosfære"?

1.c. Hvad er den fysiske årsag til dannelsen af inversionslag?

1.d. Hvad er temperaturfaldet normalt med højden i den nedre troposfære?

Fra eksamen i 6380 E95 Luftforurening og miljøeffekter (Spørgsmål 1.b-1.d).

Eks. 2. "Multiple choice"-skema for enheder: Test af *faktuel viden og fysisk forståelse* [feltstørrelser].

Enheder for feltstørrelser

Nedenfor ser du en tabel hvor enhederne for de i kurset anvendte feltstørrelser **B**, **D**, **E**, **H**, **I**, **J**s,**P**, ϵ, μ, η, ρ, σ kan indplaceres. Indplacer feltstørrelserne i nedenstående skema, således at deres enheder fremkommer som produktet af de i første søjle og først række angivne simplere enheder.

	1	1/m	$1/m^2$	$1/m^3$
ampere	I	H, **J**s		
coulomb			D	ρ
farad		ϵ		
henry		μ		
ohm	η			
siemens		σ		
volt		**E**		
watt	**P**			
weber			**B**	

Fra sluttesten til 4818 F96 Indledende feltteori. I svartabellen er her indført den korrekte fordeling af feltstørrelserne (i testen er tabellen naturligvis tom).

5.2 Tests af studerendes færdigheder og algoritmiske kompetence

Opgaver der alene drejer sig om studerendes beregningskompetence i en form der er kendt for de studerende, er velkendte. Der er derfor kun medtaget to eksempler, eksempel 3 og 4. I eksempel 5 testes en lidt anden type algoritmisk kompetence hvor formen dog er velkendt for de studerende.

Eks. 3. Løsning af en ligning: Test af en *algebraisk beregningsfærdighed*.

Bølgeligning

Angiv en løsning til nedenstående bølgeligning.

$$\left(\frac{d^2}{dz^2} + k^2 \right) A = 0$$

hvor A er en funktion af (x y z) og k er en konstant.

Fra forudsætningstesten til 4810 F96 Indledende Feltteori.

Eks. 4. Test af en tillært *procedure* [afstemning af reaktionsskema].

Afstemning af reaktionsskema

Afstem reaktionsskemaet i en vandig sur opløsning:

$$Cr_2O_7^{2-} + SO_2 \rightarrow Cr^{3+} + SO_4^{2-}$$

Fra forudsætningstesten til 6380 E95 Luftforurening og miljøeffekter.

Eks. 5. Test af en tillært algoritmisk færdighed:

Imperativ Programmering, *reverse*

Betragt følgende skitse af et Pascal-program:

```
program reversetest;
...
type at=array[1..19] of real;
...
procedure reverse(antal: ...; ...);
   ...;
   begin
     ⋮
   end;
...
var B: at;
...
begin
...
n:= ...;
for i:= 0 to n-1 do B[i]:= ...;
reverse(n,B);
for i:= 0 to n-1 do write(B[i], ','); writeln;
...
end.
```

I programmet ovenfor er vist skitsen af en procedure `reverse`. Den procedure forventes at have to parametre, nemlig `antal`, som skal være et heltal mellem 0 og 19 og en array-variabel af den definerede type `at`. Proceduren `reverse` skal modificere den aktuelle array-variabel, således at de første `antal` elementer ligger i omvendt rækkefølge.

1. Lav proceduren `reverse`. Angiv parameterspecifikationerne omhyggeligt. Du har to muligheder. 1) Skriv proceduren i Pascal. 2) Skriv proceduren i C; du skal da også angive den tilsvarende typedefinition af `at` samt erklæringen af det globale array `B`.
2. Forklar i ord hvorfor din `reverse`-procedure virker både for et lige og et ulige `antal`.

Fra forudsætningstesten i 4356 E95 Oversætterteknik.

Testen i eksempel 5 burde kunne besvares af en rutineret programmør på få minutter, og de studerende forventes at have opnået en tilsvarende rutine i et tidligere kursus. I opgaven bliver de ikke bedt om at

skrive et program, men blot udfylde en procedures parametre: `antal` og en array af en defineret type `at`, samt iøvrigt at lave proceduren `reverse`. Testen fanger med få og enkle midler en række typiske programmeringsfejl hos de mindre rutinerede studerende.

5.3 Afgrænsning og definition af betydningen af begreber og modeller

Den mest oplagte måde at teste denne kompetence på er ved at bede de studerende simpelthen give en sproglig definition af begrebet "med deres egne ord", som vist i eksempel 6 og 7. Ideen i at de skal bruge "deres egne ord" er at undgå at de studerende søger at genkalde sig lærebogsdefinitioner. De studerendes vanskeligheder med denne kompetence ytrer sig oftest ved at definitioner er vage og upræcise, til tider decideret uforståelige. En anden mulighed, der ikke knytter sig så meget til de enkelte begreber, men snarere til en præcis, eller (oftest) usikker, modelforståelse, er at lade de studerende redegøre sprogligt for indgående led i en formel - som de ellers er vant til at håndtere beregningsmæssigt.

Eks. 6. Definition af et begreb med egne ord: Test af begrebsafgrænsning og præcision.

Syrer og baser.

a) Beskriv med dine egne ord hvad en *syre* er.

b) Beskriv med dine egne ord hvad en *base* er.

Fra forudsætningstesten til 6380 E95 Luftforurening og miljøeffekter.

Eks. 7. Definition af et begreb med egne ord: Test af begrebsafgrænsning og præcision.

Tilstandsfunktion

Beskriv med dine egne ord hvad du forstår ved en tilstandsfunktion.

Fra forudsætningstesten til 3600 E95 Kemisk procesteknik.

Eks. 8. Forklaring af en formels fysiske betydning: Test af modelforståelse.

Gauss' sætning

Gauss' sætning for et vektorfelt C lyder som følger:

$$\int_V \nabla \cdot \overline{C}\ dV \quad = \quad \int_A \overline{C} \cdot \hat{n}\ dA$$

hvor dV er et volumenelement,
dA et fladeelement og $\hat{n}$ en enhedsvektor.

4.1. Forklar, eventuelt ved hjælp af en figur, hvad V og A står får.
4.2. Hvilke symbol(er) i Gauss' sætning udtrykker en divergens? _____
4.3. Hvilke symbol(er) i Gauss' sætning udtrykker en flux? _____
4.4. Forklar i ord, hvad Gauss' sætning udtrykker.

Fra forudsætningstesten til 4810 F96 Indledende Feltteori .

Eks. 9. Skitsering af en model: Test af modelforståelse [reaktionskinetik]

Reaktionskinetik

Hvordan forandrer koncentrationen af B sig i omdannelsen $A \rightarrow B$ med tiden i

7. a) en 0.-ordens reaktion

7.b) en 1.-ordens reaktion

Du kan f.eks. opskrive hastighedsudtrykkene og forklare dem, tegne den omtrentlige grafiske sammenhæng, eller forklare sammenhængen i ord.

Fra forudsætningstesten til 6380 E95 Luftforurening og miljøeffekter.

Eks. 10. Opstilling og anvendelse af lov: Test af faktuel viden og modelforståelse.

Idealgasloven

1.a) Opstil idealgasloven.

1.b) Hvad står de enkelte led i idealgasloven for og hvilke enheder måles de i?

1.c) Forklar ud fra idealgasloven, hvad der sker med luft, der tvinges til vejrs (f.eks. ved en bjergkæde).

Fra forudsætningstesten til 6380 E95 Luftforurening og miljøeffekter.

5.4 Intuitiv forankring, konsistens mellem teori og hverdagsopfattelse

Medens eksemplerne 1 t.o.m. 10 drejer sig om beregningsfærdigheder, definitioner og faginterne ræsonnementer over begreber og principper, testes i det følgende eksempel de studerendes evne til at ræsonnere over principper der er 'skjult' i et praktisk komplekst problem. Ud over de her nævnte eksempler er både eksemplerne i figur 1, figur 3 og figur 4 egnede til tests af denne kompetence. Eksemplet i figur 4 har vist sig velegnet til at afsløre mulige konflikter i studerendes modelforståelse mellem et fysisk begreb (*tryk*) og hverdagsforestillinger (tryk som "sammenpresning"), mens eksempel 11 har vist sig velegnet til at afsløre hvordan studerende undertiden husker grafisk repræsenterede sammenhænge rent 'billedligt', dvs. uanalyseret.

Eks. 11. Test af intuitiv forankring ved brug af hverdagssituationer og hverdagssprog.

> "Kære fysikbrevkasse. Min pige siger at når man smider en bold lodret op i luften, så vil den, lige i det øjeblik den vender, have en vis acceleration, men en hastighed på nul. Jeg siger det er noget vrøvl at den kan have acceleration uden at have hastighed. Kan du ikke forklare den sag for os, da den belaster vort forhold? Knus, Kurt."

Kilde: Christian Koch. [6]

For at svare Kurt adækvat skal eleven skrive både kort og klart, og frem for alt, i almindelig prosa, ikke i formler. Det forudsætter at eleven selv har en fysisk forståelse af legemers hastighed og acceleration.

Eks. 12. Multiplechoice-spørgsmål: Indirekte test af *modelforståelse og intuitiv forankring af et begreb* [coriolis-kraft og relativ bevægelse].

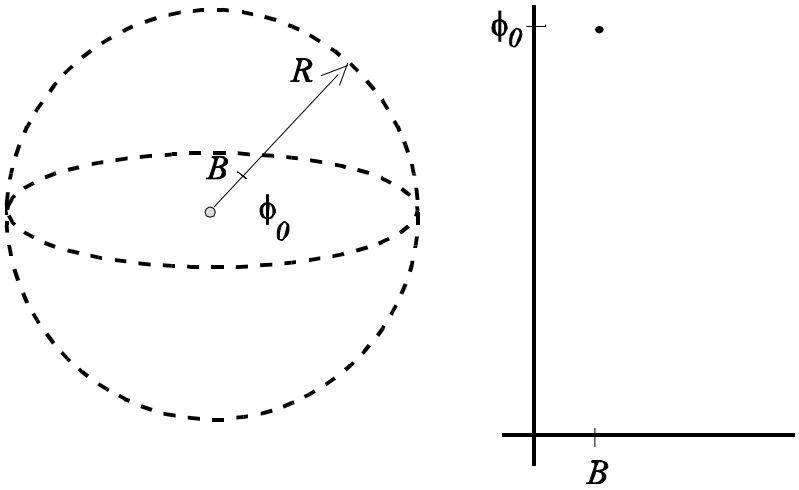
> Bevæger en luftmasse på vejen fra Rom til Oslo sig omtrent over England eller over Polen?

Fra eksamen i 6380 E95 Luftforurening og miljøeffekter.

Eks. 13. Kvalitativ skitsering af graf: Indirekte test af modelforståelse og intuitiv forankring af et begreb, et princip etc.

Elektrostatisk potential

Der er givet en ladning i rummet. I afstanden B er potentialet f_0 (se figuren nedenfor)
Angiv i koordinatsystemet nedenfor en kvalitativ skitse af forløbet af kurven for $\phi(R)$,
hvor R er afstanden fra ladningen og ϕ er det elektrostatiske potential.



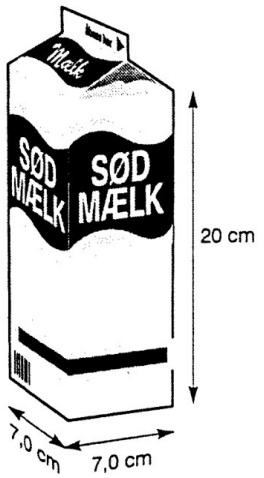
Fra forudsætningstesten til 4810 F96 Indledende Feltteori .

Eks. 14. Modellering, valg og vurdering af metoder samt vurdering af de studerendes forudsætninger.

En mælkekarton indeholdende 1 liter sødmælk tages ud af et køleskab og anbringes på et varmeisolerende underlag på et spisebord. Stuetemperaturen er 20 °C. Mælkens temperatur i køleskabet er 4 °C. Temperaturen af mælken vil naturligvis stige.

a) Bestem det antal minutter det varer, før mælkens gennemsnitlige temperatur er steget 1,0 °C.

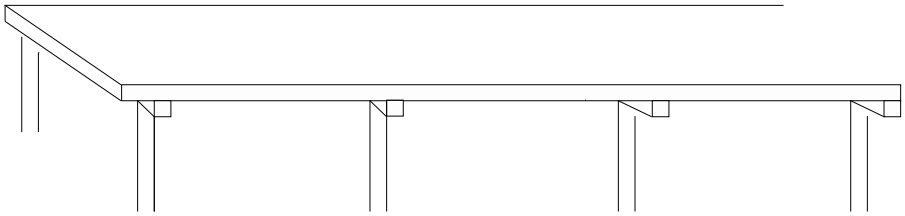
Bemærkninger: *Dette spørgsmål kan ud fra lærebogens indhold og de givne oplysninger ikke løses eksakt. Ved bedømmelsen vil blive lagt vægt på de metoder, du benytter, og på argumentationen for de forudsætninger, du foretager. Nødvendige taloplysninger må enten skønnes eller findes i lærebogens tabeller.*



Test anvendt af lektor Erik Both, DTU.

Eks. 15. Alternative beregningsprincipper.

I forbindelse med projektering af et havneanlæg i Sydamerika dimensionerer en ingeniør i en dansk ingeniørvirksomhed en rampe, vist herunder. Rampen er 6 meter bred og 42 meter lang.



Rampen skal benyttes som oplagsplads, og der skal køre små trucks på den.

Som maksimal belastning regnes med 4 kN/m2.
Rampen tænkes udført som armeret plade, der støbes *in situ,* hvilende på præfabrikerede piller. En ingeniør i København beregner pladen som en fast, gennemgående, plade med en tykkelse på 350 mm.

En lokalboende ingeniør hævder heroverfor, at konstruktionen bør være hængslede plader og beregner tykkelsen til 500 mm.

Du bliver bedt om at angive, hvad der kan være årsagen til uenigheden.
Hvad skal du vide for at afgøre dette?

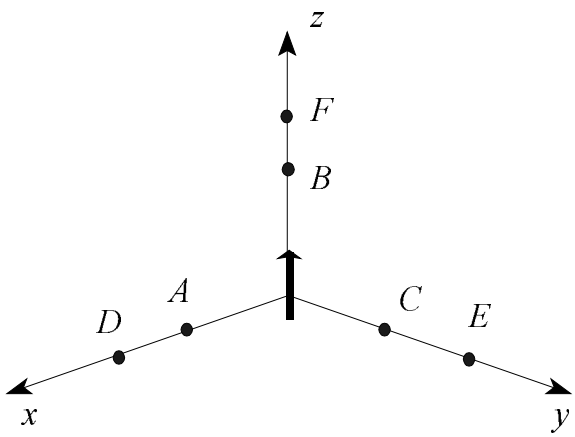
Testen kan tænkes anvendt i forbindelse med undervisning i bærende konstruktioner.

Denne test tester også de studerendes evne til at vurdere betydningen af forudsætningerne for brugen af en teori.

5.5 Konsistens mellem teori og fysiske og rumlige forestillinger

Eks. 16. Rumlige repræsentationer: Test af den studerendes rumlige forestillingsevne (og model-forståelse).

Hertz-dipol



Figuren viser en Hertz-dipol anbragt i et xyz koordinatsystem.

(a) Indtegn en E-feltvektor i hvert af punkterne A, B og C.

(b) Indtegn en H-feltvektor i hvert af punkterne D, E og F.

Fra sluttesten til 4820 E96 Anvendt feltteori.

5.6 Genkendelse af principper i forskellige repræsentationer

Eks. 17. Lokalisering og forklaring af fejl i forskellige repræsentationer: Test af modelforståelse.

Plane bølger

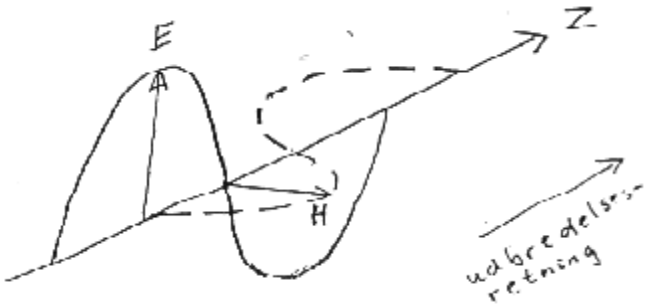
Nedenfor finder du to forslag til plane bølger, den ene fremstillet algebraisk den anden grafisk.
Angiv *om* der er tale om plane elektromagnetiske bølger, og begrund dit svar.

(a) Algebraisk forslag

$$\mathbf{E} = z\, E_o\, e^{jky}$$
$$\mathbf{H} = x\, (1/\eta)\, E_o\, e^{jky}$$

E_o er en konstant, og k er udbredelseskonstanten og η er mediets specifikke impedans.

(b)



Fra Sluttesten til 4810 F96 Indledende felteori.

5.7 Indsigt i og vurdering af betydningen af forudsætninger

Nedenstående tests drejer sig om de studerendes evne til selv at foretage vurderinger af forudsætninger for modeller, deres grad af idealisering, og hvilken information der påkrævet for at løse et problem.

Eks. 18. Forklaring af en lov og dens betingelse: Test af modelforståelse.

Bernoullilignigen

Bernoullilignigen kan skrives:

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

Beskriv kvalitativt den fysiske betydning af de indgående led.

Hvad er forudsætningerne for at kunne anvende Bernoullilignigen?

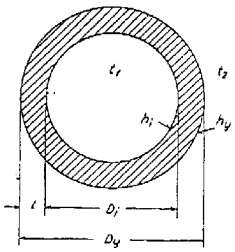
Fra forudsætningstesten i 3600 E95 Kemisk procesteknik.

Vurdering af betydningen af forudsætninger testes desuden i nært autentiske situationer i test nummer 15, 22 og 23.

Eks. 19. Selektion af relevante parametre: Test af den studerendes evne til selv at vurdere hvilken information der er nødvendig for at løse et problem.

På en kemivirksomhed har man en rørreaktor med varmekappe. I denne rørreaktor foregår der en endoterm reaktion. Hvor stor en varmemængde skal der tilføres pr. tidsenhed fra varmekappen til reaktoren hvis ind- og udløbstemperatur skal være den samme?

Figur af rørreaktor (bemærk at varmekappen ikke er vist på figuren):



Data:

Rør:

Varmeledningsevne for kobber: k_{Cu} [W/(m K)]

Tykkelse: l [m]

Udvendig diameter: D_y [m]

Varmekappe:

Varmeovergangstal på kappesiden: h_y [W/(m^2 K)]

Densitet: ρ_y (kg/m^3]

Indgangstemperatur: t_2 [^{o} C]

Volumenflow: Q_y [m^3/s]

Varmekapacitet: $C_{\rho\gamma}$[J/mol K]

Diameter for varmekappen: D_{kappe} [m]

Viskositet: η_y [kg/m s]

Reaktor:

Længde: Reaktoren er så lang at reaktionen løber til ende.

Indvendig diameter: D_i [m]

Varmeovergangstal: h_i [W/(m^2 K)]

Indgangstemperatur: t_1 [^{o} C] -

Indgangskoncentration: C_{A0} [mol/m^3]

Reaktionen er en irreversibel 1. ordens reaktion hvor A omdannes til et produkt.

Hastighedskonstanten er K_{reak}[mol/m^3 s]

Reaktionsvarme: ΔH [J/mol]

Densitet: ρ_t (kg/m^3]

Volumenflow: Q_i [m^3/s]

Varmekapacitet: $C_{\rho i}$[J/mol K]

Viskositet: η_i [kg/m s]

Testforslag tænkt anvendt i kemiteknikkursus.

5.8 Indsigt i og vurdering af konsekvenser af en model eller metode

Eks. 20. Kritisk vurdering af fejlbehæftet fremstilling: Test af studerendes evne til at udføre kritiske ræsonnementer.

Følgende artikel er fundet i en dansk publikation d. 1. april 1995. Der er et antal korrekte udsagn, men desværre har forfatteren misforstået en del. Det er naturligvis utilfredsstillende at læseren bliver forkert informeret. Du bestemmer dig for at korrigere de forkerte udsagn. Du gør det ved at understrege det fejlagtige og ovenover give dit forslag til en rigtig formulering.

Ozonhullet påvirker nu alvorligt livet på jorden, men der er håb forude

Forskerne har konstateret, at det årlige hul i det antarktiske ozonlag i de sidste år er blevet stadig større. Den største reduktion af ozon finder sted i **juli** måned. Ozon er en gas der normalt dannes, og befinder sig i **mesosfæren** mellem 20 og 40 km over jordoverfladen. **Ozon er blå og giver himlen sin farve**. Forskerne har fundet, at ozonen ødelægges af sollys i kombination med forekomst af f.eks. methan og freoner. Og det er methan, hvis koncentration er steget stærkt i det sidste århundrede, der medfører langt størstedelen af miseren. Da ozonen er den vigtigste gas til beskyttelse mod solens **infrarøde** bestråling af biosfæren betragtes situationen med stor alvor. Blandt de værste følger er stigningen i forekomsten af hudkræft hos mennesker og en nedgang i vegetationsdækket, især i de polare egne.

Hovedårsagerne til det stigende indhold af methan (CH_4) i atmosfæren er mennesket. Den ene årsag er udvindingen og distributionen af olie og naturgas der medfører store tab af denne gas (i gennemsnit **>8%** af udvindingen). Den anden årsag er den stærkt stigende bestand af verdens drøvtyggere, der slipper ufattelige mængder tarmluft (indeholdende methan) ud i luften. Der er dog også naturlige kilder til methan, hvoraf vulkaner tegner sig for den største andel.

Det nye er andre forskeres påpegning af, at selv om ozonen i stratosfæren er under nedbrydning, er der en samtidig forøgelse af koncentrationerne af ozon i troposfæren, hvilket **skulle modvirke** skaderne.

Det skulle alt i alt betyde, at planter og mennesker **ikke** får dårligere livsvilkår på jorden. Vi kender f.eks. alle den behagelige duft af fyrrenåle som netop **skyldes ozon afgivet af nålene**, hvilket i øvrigt giver den friske følelse ved at vandre i vore skove. På trods af disse **beroligende** meldinger om den troposfæriske ozons stigning, har det internationale samfund indgået aftaler om reduktion af emissionen af freoner, som er en gruppe af ozon-ødelæggende gasser i stratosfæren. Den første aftale blev underskrevet i 1987 i Montreal, og de fleste lande i verden har senere ratificeret aftalerne. Det betyder, at man i løbet af **kun ti år kan forvente en nedsættelse af** de stratosfæriske koncentrationer af freoner **til en tiendedel**, og dermed en **hurtig** genopbygning af ozonlaget. Hvis dette mod forventning ikke viser sig tilstrækkeligt, må især **U-landene** appellere til **de rige industrilande** om yderligere reduktion af produktion og anvendelse.

Fra eksamen i 6380 E95 Luftforurening og miljøeffekter. Fede typer angiver de indførte fejl (som naturligvis ikke var fremhævet ved eksamen).

Ovenstående test tester en del kompetenceelementer udover de allerede angivne. For at besvare testen skal man dels have en vis faktuel viden, dels kunne vurdere forudsætninger for at bruge en model og dels kunne vurdere konsekvenserne af en model. I det hele taget kræver testen en rimelig forståelse af fagets centrale elementer for at oplysningerne kan vurderes. Ideen i denne test er at teste fagets kompetencemål ret direkte: Kursets mål er nemlig at de studerende skal kunne forholde sig rimeligt sagligt og kritisk til luftmiljøspørgsmål, og lærerne forventer at de studerende vil være i stand til at

gennemskue argumentationen i miljødebatten mere kvalificere end lægfolk.

5.9 Afgrænsning, strukturering og adækvat modellering af et problem

Nedenstående tests omfatter dels test af studerendes evne til at kunne overskue og forestille sig modeller med mange parametre eller dimensioner, dels studerendes evne til selv at identificere og strukturere et praktisk ingeniørfagligt problem og modellere det på en adækvat måde under hensyn til forskellige begrænsninger (tid, penge, sikkerhed etc.)

Eks. 21. Systematisk opstilling af flere samvirkende processer: Test af den studerendes evne til at overskue problemet og angribe det systematisk.

Jeg er ansat i et rådgivende ingeniørfirma, men jeg er forfærdelig bange for at blive fyret på grund af problemer med en proces, hvor der foregår flere samtidige kemiske reaktioner. Jeg har totalt mistet overblikket, da jeg forsøgte at opskrive masse-balancer for den kemiske reaktor, men jeg har hørt, at det skulle være lettere at opskrive atombalancer. Mod gode ord og nul betaling beder jeg dig om at gøre dagens gode gerning ved at hjælpe mig.

Der er som sagt flere samtidige reaktioner, men jeg kan sikkert forstå princippet, hvis du blot regner med to:

$$C_2H_6 + Cl_2 \rightarrow C_2H_5Cl + HCl$$

$$C_2H_5Cl + Cl_2 \rightarrow C_2H_4Cl_2 + HCl$$

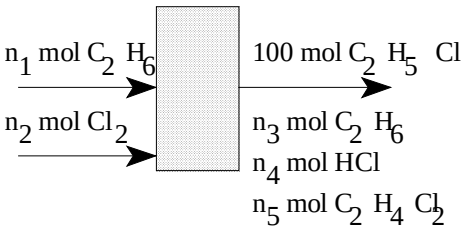
Firmaet har beordret mig til at opnå størst mulig selektivitet af C_2H_5Cl i forhold til $C_2H_4Cl_2$.

Helt konkret er mine spørgsmål til dig (begrund venligst svarene):

a. Synes du, jeg skal projektere reaktoren således, at der opnås en høj eller lav omdannelse af C_2H_6 ?

b. Skal jeg tilføre C_2H_6 eller Cl_2 i overskud?

c. Lad os antage, at omsætningsgraden f = 0,13 for C_2H_6 . Selektiviteten sættes til 13,3 mol C_2H_5Cl pr. mol $C_2H_4Cl_2$.



Opskriv venligst atombalancer og andre ligninger til bestemmelse af n_i, hvor i = 1, 2, 3, 4, 5 (jeg har her antaget, at der ikke er Cl_2 i produktet fra reaktoren).

Jeg kan selv foretage beregningerne, hvis du blot vil opstille de nødvendige ligninger til bestemmelse at produktets sammensætning.

Fra sluttesten til 3600 E95.

Eks. 22. Evaluering af alternative modeller: Test af studerendes evne til at udføre selvstændige ræsonnementer omkring modeller og deres fordelle og begrænsninger

Der ønskes gennemført en undersøgelse af strukturelle egensvingninger ved en menneskelig skinnebensknogle.

Skinnebensknoglen er en såkaldt rørknogle med et skaft og to extremiteter (se fig).

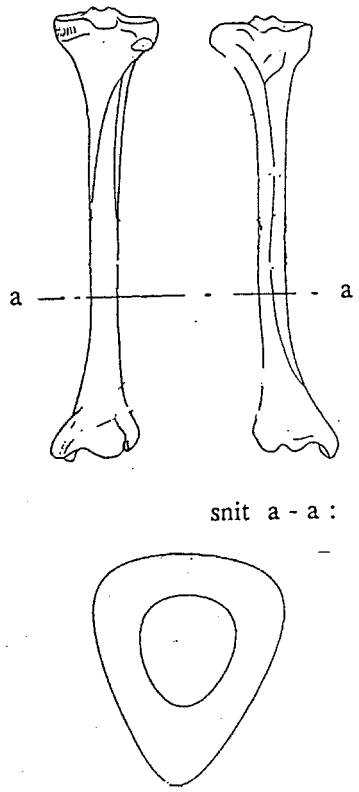
Extremiteten nærmest knæet er kolbeformet og danner en bred støtteflade for lårbenet.
Extremiteten ved anklen er lidt bredere end den tilstødende del af skaftet. Selve skaftet er i tværsnit tresidet. Det har to flader som vender fremad og én som vender bagud.

I makroskopisk betragtning består skinnebensknogler af to forskellige typer knoglevæv: dels en fast, kompakt masse, dels en nærmest svampeagtig struktur af fine bjælker eller blade som krydser hinanden under forskellige vinkler.

Skinnebensknoglens skaft består af et tykt lag kompakt knoglevæv, der som en cylinder omgiver den aksialt beliggende marvhule. De to extremiteter består derimod næsten udelukkende af svampeagtigt knoglevæv, kun dækket at et tyndt lag kompakt knoglevæv på overfladen.

Knoglevæv er et anisotropt, inhomogent kompositmateriale, i hovedsagen sammensat af organiske fibre, uorganiske krystaller, bindemiddel og vand. De mekaniske egenskaber for levende knoglevæv varierer med race, køn og individ, og varierer i det enkelte individ desuden med alder, belastning og en række andre faktorer. Selvom knoglevæv således på en række punkter adskiller sig markant fra de fleste tekniske materialer, kan det i faststofmekanisk henseende modelleres på samme måde.

Marv består hovedsageligt af fedt og har meget ringe stivhed.



Det overvejes at modellere knoglen som en Timoshenkobjælke eller en Bernoulli-Euler-bjælke.

Hvilken model ville du foretrække? Hvorfor? Ud fra hvilke hensyn?
Hvilke antagelser og tilnærmelser må gøres? Hvilke konsekvenser vil disse have?
Er antagelserne rimelige?
Hvad vil du have oplyst/undersøgt for at afgøre spørgsmålet?

Bilag: Kort beskrivelse af Timoshenkobjælke og Bernoulli-Eulerbjælke (ikke vedlagt i denne udgave).

Testen kan tænkes anvendt i forbindelse med et kursus i svingningslære for maskiningeniører.

Eks. 23. Overslagsberegning og selvstændig modellering: Test af selvstændig strukturering af et ingeniørfagligt problem og modellering under forskellige begrænsninger.

En rotor i en dampturbine, som vist på figuren nedenfor, har indtil dato kørt 10.000 timer. Turbinen benyttes til spidsbelastninger og hjælpeforsyning, og har derfor haft hyppige opstarter (omkring 300).
Rotoren der omfatter aksel og rotorblade, er opbygget som en svejset konstruktion. Hoved-dimensioner fremgår af figuren.

Rotoren kører med 3000 omdrejninger i minuttet ved drift.
Dampen har på varmeste sted (ved indløb, i midten af rotoren efter længderetning) en temperatur på 540 grader Celcius og ca. 80 grader ved de yderste rotorblade.
Dampens indløbstryk er 180 Bar.
Ved lejerne er temperaturen under drift ca. 70 grader.

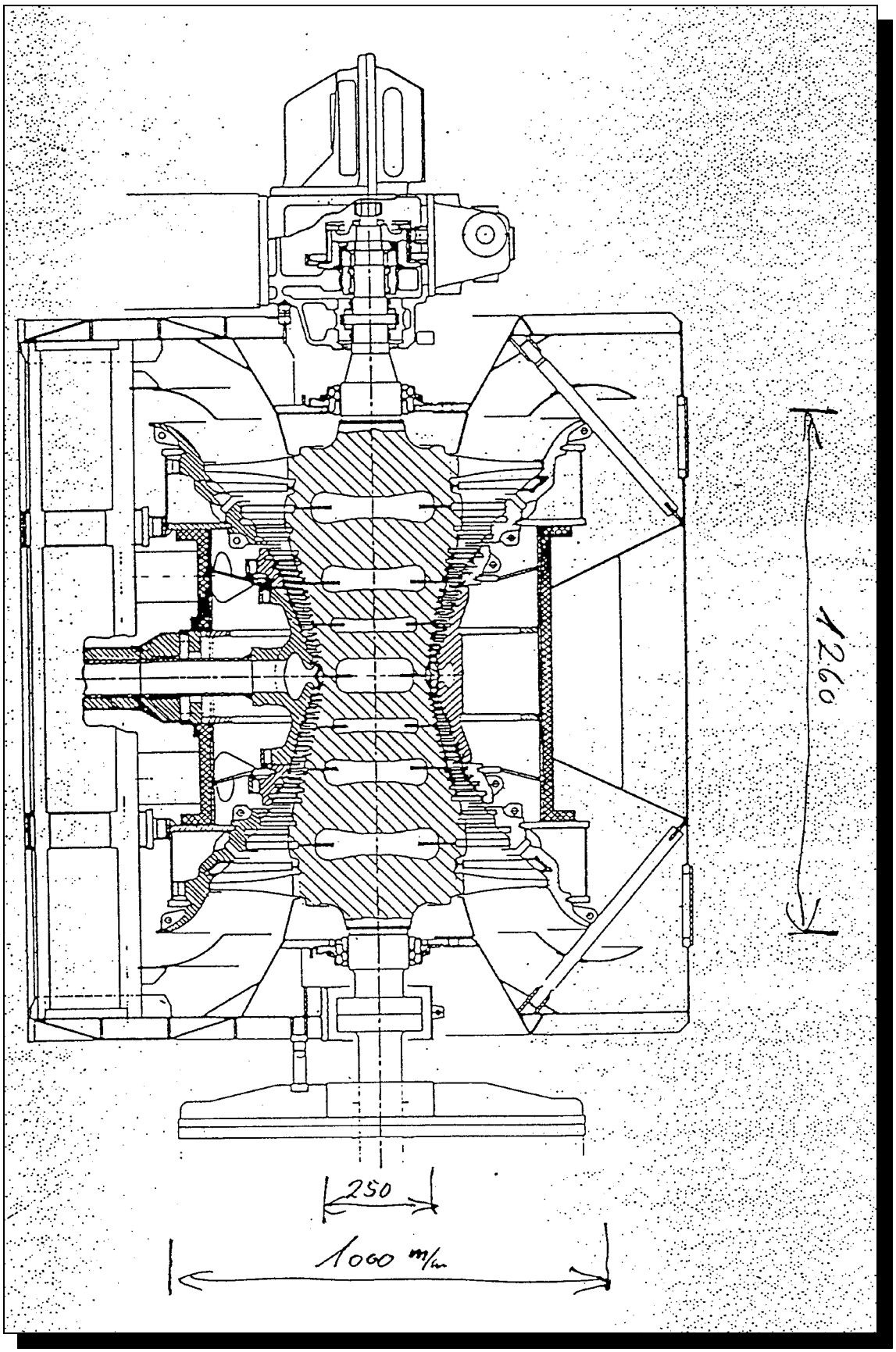
Det drøftes at gennemføre en restlevetidsberegning, men eventuelt i første omgang blot en undersøgelse på de mest udsatte steder for materialetræthed eller begyndende revnedannelser ved hjælp af ultralyd eller røntgen.

Du bliver som ingeniør bedt om et forslag til en sådan undersøgelse. Hvor omfattende bør den være? Hvad bør undersøges og hvor?

Hvilke oplysninger ønsker du for et mere gennemarbejdet forslag?

Begrund ganske kort dine forslag. Angiv dine overvejelser.

Testen tænkes anvendt i forbindelse med et kursus i styrkelære for maskiningeniører.


1260
250
1000 m/m

5.10 Opgaver i kreativitet

De hidtil behandlede tests og opgaver har drejet sig om viden, forståelse og ræsonnementer i forbindelse med teoretiske og analytiske begreber og problemstillinger.

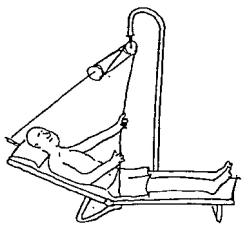
Vi vil nu, med et par mere omfattende opgaver og øvelser, fokusere på kreative og innovative processer.

Eks. 24. Øvelse til at træne kreativitet og indøve brainstorm-teknik.

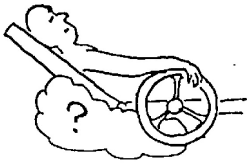
Formål:	Formålet med denne øvelse er for det første at indøve brainstorm til usystematisk løsningsopsøgning og for det andet at indøve teknikker til modellering af løsninger.
Baggrund:	En virksomhed, som producerer havemøbler, har ved en markedsundersøgelse erkendt muligheden for at udvide sit produktsortiment med en liggestol til solbadning, hvor brugeren manuelt kan indstille ryglænet i en ønsket vinkel i forhold til sædet.
Øvelsen:	Jeres opgave er at finde et løsningsprincip, som giver mulighed for at indstille og fastholde liggestolens ryglæn i en ønsket vinkel i intervallet 0°-70° i forhold til sædet. Brugeren skal kunne foretage indstillingen af ryglænet liggende i stolen. Løsningsprincippet skal baseres på energitilførsel fra brugeren, dvs. elmotor eller lignende er ikke tilladt. Herudover skal i fremstille en model i karton, der viser løsningsprincippet og virkemåden.

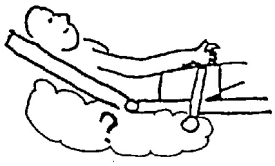
fortsættes næste side....

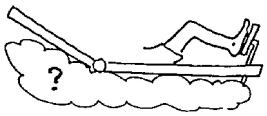
Gruppeleder: Vælg en gruppeleder for denne øvelse. Gruppelederens ansvar er:
- at sørge for at gruppen overholder tidsplanen
- at styre brainstorm-sessionen
- at aflevere gruppens resultater samlet med titelblad underskrevet af alle gruppens medlemmer.



andre inputformer kan tænkes...







Øvelse i M-Fagpakkeprojekt (Konstruktionslære).

Problemet i øvelsen ovenfor er åbent, dvs. at der eksisterer mange løsninger. Kernen i øvelsen er, at de studerende dels finder mange forskellige løsninger og dels oplever, at der findes løsninger, som de ikke selv som enkeltpersoner havde tænkt på.

Øvelsen gennemføres i løbet af en fire timers eftermiddag. Øvelsens formål, baggrund og indhold introduceres af underviseren. I introduktionen lægges der vægt på at reglerne for brainstorm overholdes, samt at tidsplanen overholdes. Herefter gennemfører de studerende øvelsen i 4-6 mands grupper. Arbejdet er struktureret efter en tidsplan med følgende punkter:

- gennemførelse af brainstormsession
- modellering på papir
- modellering i karton

Øvelsen afsluttes i plenum, hvor hver gruppe præsenterer sin model og forklarer løsningens virkemåde. Efter præsentationen opsamles de studerendes erfaringer. Det viser sig typisk, at de studerende synes,

at det er svært at være kreativ/arbejde kreativt, men også at brainstorm er en effektiv metode. De studerende erfarer, at brainstorm giver flere løsninger, end de hver især havde tænkt på.

Eks. 25. Øvelse til at træne kreativitet.

Øvelsen gennemføres af de studerende i grupper på 4. Hver gruppe får udleveret et stykke kilestål, der vejer ca. 150 gram, og skal bygge et udstyr, som kan flytte kilestålet længst muligt vandret hen ad en gang. Til at bygge udtsyret, er en række materialer til rådighed: træ-lister, papir, pap i forskellige tykkelser, gummibånd og fjederstål, som skal 'købes'.
Til at vurdere gruppernes udstyr er der opstillet en simpel godhedsfunktion, hvor kriterierne er, at udstyret dels skal kunne flytte kilestålet så langt som muligt og dels skal være så billigt som muligt.
Øvelsen gennemføres over to eftermiddage a fire timer, med fastlagte tidspunkter for delafleveringer.Den første eftermiddag skal hver gruppe dels opsøge/udtænke en række forskellige løsnings-koncepter, dels detaljere det koncept, som gruppen tror mest på til et niveau, hvor materialer kan rekvireres. Eftermiddagen afsluttes med aflevering af en materialebestillingsliste.
Den anden eftermiddag skal hver gruppe bygge deres udstyr i værkstedet. Derefter afholdes en konkurrence, hvor hvert udstyr afprøves i tre forsøg for hvor langt det kan flytte kilestålet. Dette er øvelsens højdepunkt, sandhedens time, hvor resultatet af hver gruppes overvejelser og arbejde på papir og i værkstedet konfronteres med virkeligheden. Og her får nogle grupper uventede oplevelser: Udstyret kører ikke, det vælter måske eller kører i den gale retning.
Udfra udstyrenes flytninger og priser rangordnes udstyrene efter godhed, og vindergruppen udpeges. Ugen efter konkurrencen afsluttes øvelsen med en lille opsamling i auditoriet. Her bliver de studerende bedt om, to og to, i et lille 5 minutters summemøde, at finde 4-5 svar på spørgsmålet 'Hvad lærte I af øvelsen?' Svar bliver skrevet op på tavlen og som regel udvikler der sig en livlig diskussion mellem de studerende om udbyttet af øvelsen.
Udbyttet kan typisk gøres op i tre dimensioner; nemlig i en *løsningsdimension* med forslag til hvordan det 'ideelle' udstyr vil se ud, i en *procesdimension* med erkendelser angående den synteseorienterede arbejdsmåde. F.eks. at 'konceptet fanger', dvs. når gruppen har valgt koncept og er i gang med at bygge udstyret, at der så ikke er tid til at vælge om, selvom gruppen erkender, at det valgte løsningskoncept har uforudsete problemer. Og endelig en *indlæringsdimension* med gode råd til underviseren forslag til hvordan øvelsen kan gøres endnu bedre næste år.

Øvelse anvendt ved M-Fagpakkeprojekt (Konstruktionslære).

6 Litteraturliste

[1] Angelo, T.A.: *Classroom Assessment: Assessing to Improve Higher Learning in the Life Science.* I: Modell, H.I, and Michael, J.A.: *Promoting Active Learning in the Life Science Classroom*. Annals of the New York Academy og Sciences, Vol. 701.
The New York Academy of Sciences, New York, New York, 1993.

[2] Angelo, T.A. and Cross, K.P.: *Classroom Assessment Techniques: A Handbook for College Teachers*. 2nd edition.
Jossey-Bass Publishers, San Fransisco, 1993.

[3] Bloom, B. S., M. D. Engelhart, E. J. Furst, W. H. Hill og D. R. Krathwohl (eds.): *Taxonomy of educational objectives: the classification of educational goals*.
Handbook I: cognitive domain.
New York: Longmans, Green, 1956.

[4] Gibbs, Graham: *Assessing Student Centred Courses.*
Oxford Centre for Staff Development.
Oxford Brookes University, Oxford, 1995.

[5] Jakobsen, A., Rump, C., Clemmensen, T & May, M.: *Kvalitetsudviklingsprojektet "Fagligt Sammenhæng"*: Hovedrapport.
Danmarks Tekniske Universitet, Center for Didaktik og Metodeudvikling, Lyngby, Danmark, CDM-skriftserie 1, 1998.

[6] Kock, Christian (red.): *Lær og skriv: Tekster om at skrive - i alle fag*.
Gymnasieafdelingens skriftserie no.5.
Undervisningsministeriet, Gymnasieafdelingen, 1994.

[7] Light, R.J.: The Harvard Assessment Seminars. First Report: *Exploration with Students and Faculty about Teaching, Learning, and Student Life.*
Harvard University, Graduate School og Education and Kennedy School of Government, Cambridge, Massachusetts 02138, 1990.

[8] Nielsen, Henry & Thomsen, Poul V.: *Fart og kraft*.
Det fysiske Institut, Århus Universitet, Marts 1982.

[9] Törnkvist, S., Petterson, K.-A. & Tranströmer, G.: *Confusion by representation: On students's comprehension of the electric field concept.*
American Journal of Physics, 61 (4), 1993.