

TEKST NR 33

1980

ARNE JAKOBSEN

Konstituering af fag
inden for teknisk-
naturvidenskabelige
uddannelser

I-II

TEKSTER fra

IMFUFA

ROSKILDE UNIVERSITETSCENTER
INSTITUT FOR STUDIET AF MATEMATIK OG FYSIK SAMT DERES
FUNKTIONER I UNDERVISNING, FORSKNING OG ANVENDELSER

-
- 1/78 "TANKER OM EN PRAKSIS" - et matematikprojekt
Anne Jensen, Marianne Kesselhahn, Lena Lindenskov og Nicolai Lomholt.
Vejleder: Anders Madsen.
- 2/78 "OPTIMERING" - Menneskets forøgede beherskelsesmuligheder af natur og samfund.
Projektrapport af Tom J. Andersen, Tommy R. Andersen, Gert Kreinøe og Peter H. Lassen. Vejleder: Bernhelm Booss
- 3/78 "Opgavesamling", breddekursus i fysik.
Lasse Rasmussen, Aage Bonde Kræmmer, Jens Højgaard Jensen.
- 4/78 "Tre essays" - om matematikundervisning, matematiklæreruddannelsen og videnskabsrindalismen.
Mogens Niss.
- 5/78 "BIBLIOGRAFISK VEJLEDNING til studiet af DEN MODERNE FYSIKS HISTORIE"
Helge Kragh.
- 6/78 "Nogle artikler og debatindlæg om - læreruddannelse og undervisning i fysik, og - de naturvidenskabelige fags situation efter studenteroprøret"
Karin Beyer, Jens Højgaard Jensen, Bent C. Jørgensen.
- 7/78 "Matematikens forhold til samfundøkonomien"
B.V. Gnedenko.
- 8/78 "DYNAMIK OG DJAGRAMMER". Introduktion til energy-bond-graph formalismen.
Peder Voetmann Christiansen.
- 9/78 "OM PRAKSIS' INDFLYDELSE PÅ MATEMATIKENS UDVIKLING"
Motiver til Kepler's: "Nova Stereometria Dolliorum Vinarium"
Projektrapport af Lasse Rasmussen.
Vejleder: Anders Madsen.
-
- 10/79 "TERMODYNAMIK I GYMNASIET"
Projektrapport af Jan Christensen og Jeanne Mortensen
Vejledere: Karin Beyer og Peder Voetmann Christiansen.
- 11/79 "STATISTISKE MATERIALER"
red. Jørgen Larsen.
- 12/79 "Lineære differentiaalligninger og differentiaalligningssystemer"
Mogens Brun Heefelt.
- 13/79 "CAVENDISH'S FORSØG I GYMNASIET". Projektrapport af Gert Kreinøe.
Vejleder: Albert Chr. Paulsen.
- 14/79 "Books about Mathematics: History, Philosophy, Education, Models, System Theory, and Works of Reference etc. A Bibliography".
Else Høyrup.
- 15/79 "STRUKTUREL STABILITET OG KATASTROFER i systemer i og udenfor termodynamisk ligevægt." Specialeopgave af Leif S. Strieglor.
Vejleder: Peder Voetmann Christiansen.

ARNE JAKOBSEN

Konstituering af fag inden for teknisk- naturvidenskabelige uddannelser

I-II

FORORD

Den foreliggende publikation er det første skrift i en serie under temaet fagdidaktik. Betegnelsen fagdidaktik skal her forstås i vid forstand, omfattende såvel egentlig fagdidaktik som hertil knyttede teoretiske udredninger inden for områder som kvalifikationsteori samt videnskabs- og teknologiteori.

Publikationen omfatter to arbejdspapirer, udarbejdet som led i projektet "Konstituering af fag inden for teknologisk-naturvidenskabelige erhvervsuddannelser". Dette projekt udføres i tilknytning til Institut for Matematik og Fysik samt deres funktioner i undervisning, forskning og anvendelser, IMFUFA, på Roskilde Universitetscenter.

Formålet for dette projekt er at opbygge en didaktisk teori for nævnte uddannelsesområde, og projektet bygger blandt andet på analyser gennemført i forbindelse med projektet "grundlag for fagdidaktiske analyser inden for erhvervsuddannelser", som udføres i tilknytning til Statens Erhvervspædagogiske læreruddannelse.

Foruden i SEL's skrifter indgår disse arbejdspapirer også i IMFUFA's skriftserie.

Redaktionen

Oktober 1980

INDHOLD

GRUNDLÆGGENDE FORHOLD I EN FAGDIDAKTISK ANALYSE

	Side
Indledning	7
1. BEGRUNDELSE AF UNDERVISNINGSINDHOLD	9
1.1 Begrundelsessammenhæng	9
1.1.1 Relation til erhvervspraksis	10
1.1.2 Teoretiske forudsætninger	11
1.1.3 Konkretisering	13
1.1.4 Metateoretiske forhold	14
1.2 Anden form for begrundelse: legitimering	15
1.3 Analyse af begrundelse	15
2. FAGKONSTITUERING	21
2.1 Arter af viden i teknologifag	22
2.2 Afgrænsning af teknologifag	24
2.3 Undervisningsfags struktur	25
2.4 Typer af fagkonstitution inden for videregående erhvervsuddannelser	27
2.4.1 Fag med et indhold af grundvidenskabelig viden, konstitueret med henblik på at udgø- re en teoretisk forudsætning for andre fag.	27
2.4.2 Teknologifag konstitueret på basis af rela- tion til erhvervspraksis og i analogi med grundvidenskabelige fag	30
2.4.3 Teknologifag konstitueret på basis af rela- tion til erhvervspraksis samt relationer mellem grundvidenskab og teknologi	31
2.4.4 Teknologifag konstitueret på basis af rela- tion til erhvervspraksis samt relation mel- lem forskellige arter af viden	35

2.4.5	Teknologifag konstitueret på basis af relation til erhvervspraksis samt ud fra handlingsforeskrivende systematiske modeller ..	36
2.4.6	Teknologifag konstitueret på basis af relation til erhvervspraksis samt ud fra eksterne ordningsprincipper	40
	Litteratur	43

OM FAG, FAGKONSTITUERING OG TVÆRFAGLIGHED

Nogle grundlæggende didaktiske begreber

1.	FAG - UNDERVISNINGSFAG	45
2.	ABSTRAKTION, GENERALISERING, IDEALISATION	47
3.	PRAKSISNÆRHED - LABORATORIEPRAKSIS	51
4.	KATEGORIER AF TEKNOLOGISK OG NATURVIDENSKABELIG VIDEN	53
5.	TEKNOLOGI - NATURVIDENSKAB	57
6.	BASISFAG - UNDERVISNINGSFAG	63
7.	FAGKONSTITUERING - FAGDIDAKTIK	67
8.	FAGINTEGRATION - TVÆRFAGLIGHED	71
9.	LITTERATUR	75
	ABSTRACT	77

GRUNDLÆGGENDE FORHOLD I EN FAGDIDAKTISK ANALYSE

Indledning

I dette og et par efterfølgende skrifter vil jeg forsøge at skabe et overblik over, og behandle, nogle centrale fagdidaktiske og kvalifikationsteoretiske problemområder i forbindelse med fag i de videregående tekniske uddannelser.

Udgangspunktet i disse artikler er didaktisk. Interessen går dog mere på den måde, på hvilken undervisningsfag konstitueres end på, hvordan konstitueringen påvirker undervisningen og dermed den kvalificering, der sker gennem uddannelsen.

Man kan naturligvis have forskellige formål med at gennemføre fagdidaktiske analyser. Der er imidlertid nogle grundlæggende forhold, som en analyse dårligt kan undgå at inddrage eller tage stilling til, uanset hvad analysens formål er. Det drejer sig om:

hvilke elementer af viden, der indgår,
hvorledes fagene er afgrænset som undervisningsfag,
hvilke strukturer, der indgår i fagene.

At disse forhold er så grundlæggende hænger sammen med, at de relaterer sig til forskellige sider af den proces, ved hvilken fagene konstitueres.

Det er karakteristisk for mange fag i erhvervsuddannelser, og det er af stor betydning for forståelse af fagene at bemærke, at de indholder viden, der er meget forskellig m.h.t. teoretisk underbygning og i det hele taget m.h.t. videnskabsteoretisk status (f.eks. grundvidenskabelig viden og teknologi). Ud over at være holdningsdannende tilsigter uddannelser dels at meddele teoretisk viden, dels at give færdigheder, f.eks. i laboratorieteknik, betjening af udstyr og redskaber og tillige

i anvendelse af håndregler og forskrifter. Jeg vil i det følgende under ét tale om viden, uanset hvilken status denne viden teoretisk set har.

Det er desuden karakteristisk for fag i erhvervsuddannelser, at fagbegrebet ofte er meget løst, idet fagenes grænser er vage. Man kan således finde det samme fagområde forskelligt opdelt på forskellige uddannelsesinstitutioner. Det hænger naturligvis sammen med den teoretiske status af fagenes indhold og med, at der er så store variationer m.h.t. typer af fagstruktur, som tilfældet er.

Ved et undervisningsfags struktur vil jeg forstå den orden, der skabes af fagets indhold. Den kan, som det senere vil fremgå, være identisk med en tilsvarende videnskabelig disciplins struktur, men begrebet omfatter også relationer, der bevidst er skabt i undervisningsfaget af pædagogiske grunde.

Fagkonstituering opfattes her som en fortløbende proces, ved hvilken fagenes indhold, deres afgrænsning og struktur bestemmes. De faktorer, der er bestemmende for fagkonstitueringen, falder i tre kategorier. Det drejer sig om hensyn til basisfaget, hensyn til kvalificering samt formidlingsmæssige hensyn.

I et projekt om fagdidaktiske analyser, som udføres i tilknytning til Statens Erhvervspædagogiske Læreruddannelse, er udviklet ansatser til en teori, ifølge hvilken analyser må foretages af tre komponenter, nemlig en videnskabsteoretisk, en kvalifikationsteoretisk og en formidlingsteoretisk komponent^{*)}.

Dette skrift er et forsøg på at belyse disse forhold. Jeg vil i den første del søge at gå tættere på fagkonstitueringen og analysere nogle former for begrundelse af indhold, der er bestemmende for indholdets art samt for strukturering og afgrænsning af fag.

I anden del behandles forskellige eksempler på erhvervsuddannelsesfags konstituering.

^{*)} Rapport over første del af projektet: Grundlag for fagdidaktiske analyser inden for erhvervsuddannelser. SEL. København 1977.

1. Begrundelse af undervisningsforhold

Ser vi på en del af indholdet i en uddannelse - en del af et fag eller et helt fag - kan der naturligvis gives en forklaring på, hvorfor denne del er taget med på dette sted i uddannelsens indhold.

Begrundelsen for den pågældende del kan være dens relation til andre dele af indholdet eller til den erhvervspraksis, uddannelsen sigter mod. Om begrundelsen er explicit udtrykt i form af et uddannelsesmål er i denne forbindelse underordnet.

Begrundelsen kan imidlertid også ske ud fra opfattelser og værdier - f.eks. ud fra opfattelser af uddannelsens karakter, af hvad videnskab er eller ud fra traditioner. Sådanne opfattelser eller værdier har ofte karakter af normer. Jeg vil i sådanne tilfælde benævne begrundelsen legitimering. Dvs. at begrundelse - i den betydning ordene her benyttes - er mere omfattende end legitimering.

1.1 Begrundelsessammenhæng

Jeg skal i dette afsnit behandle forskellige former for begrundelse, som skaber sammenhænge i uddannelsesindholdet og herunder nogle former for legitimering. De begrundelsessammenhænge, jeg vil arbejde med, er følgende:

- at anvendelsesrettede indholdsdele begrundes deri, at de mere eller mindre direkte tilsigter at give handlemuligheder overfor bestemte typer af tænkte problemer eller situationer i erhvervspraksis,
- at nogle indholdsdele udgør den teoretiske forudsætning for andre dele,

- at nogle indholdsdele konkretiserer den viden, der indgår i andre dele, samt
- at nogle indholdsdele står i et metateoretisk forhold til andre dele.

Det, der har interesse i forbindelse med begrundelsessammenhæng, er altså relationerne mellem enkelte dele af et uddannelsesindhold, evt. dele af et fag, og sådanne deles relation til opfattelser af erhvervspraksis eller til andre opfattelser og værdier.

Det skal bemærkes, at den begrundelsessammenhæng der består i, at nogle indholdsdele udgør teoretisk forudsætning for andre dele i meget forskellige sammenhænge har været genstand for behandling inden for forskellige områder af pædagogikken. Det drejer sig især om sekvensering inden for enkelte fag - i reglen undervisningsfag som modsvarer videnskabelige discipliner.

1.1.1 Relation til erhvervspraksis

De anvendelsesrettede fag - eller dele af fag - relaterer sig til en opfattelse af erhvervspraksis. Denne relation består i, at den indeholdte viden giver forståelse og handlemuligheder hvad angår problemer eller situationer i en tænkt erhvervspraksis. Som tidligere nævnt vil den kvalificering, der sker gennem uddannelsen, set over for de kvalifikationer, der er behov for i den virkelige erhvervspraksis, blive behandlet i et senere skrift. Det, der har interesse, er den måde, hvorpå uddannelsernes indhold afspejler en opfattelse af denne relation. I forbindelse med relationen til erhvervspraksis skal to aspekter behandles. Disse er

- hvilke former for handlemuligheder, der gives; hvorvidt det drejer sig om bestemte metoder, eller om viden, der giver et bredere beredskab,
- hvor entydigt de problemer/situationer, der gives handlemuligheder overfor, er defineret.

F.eks. har kvalificeringen i forbindelse med undervisning i et ingeniørfag som "bærende konstruktioner" undertiden bestået i at indøve anvendelsen af bestemte metoder til beregning af kon-

struktioner udsat for belastninger svarende til bestemte belastningstilfælde. Dvs. der er tale om meget direkte at give handlemuligheder i form af bestemte metoder til løsning af klart definerede problemer.

Heroverfor står et fag som materialelære, der i hvert fald i nogle udformninger giver viden, som temmelig indirekte betyder forøgede handlemuligheder over for problemer eller situationer, der er meget bredt definerede. Som det i et senere afsnit skal vises, er der i dette fag i nogle bygningsingeniøruddannelser tendenser i retning af at ændre fagets karakter således, at det sigter imod at bibringe de studerende en metode til løsning af en type af problemer.

En tredje type af relationer ses i nogle udformninger af fag som konstruktionslære, der sigter mod handlemuligheder over for et overordentligt bredt spektrum af problemer, men samtidig sigter mod at give sådanne handlemuligheder i form af en metode. Udviklingen af "system engineering" kan ses som forsøg på at muliggøre en sådan type af relation.

1.1.2 Teoretiske forudsætninger

Vi vil altså kunne identificere dele af et fag - eventuelt hele fag - som er anvendelsesrettede i den forstand, at den indeholdte viden giver forståelse af, og handlemuligheder ved udøvelsen af erhvervsfunktioner. Andre fag - eller dele af fag - indeholder viden, der udgør en teoretisk forudsætning for de anvendelsesrettede fag(dele). Eksempelvis er visse former for matematik og fysik forudsætninger for forståelse af faget statik.

Sådanne forudsætningssammenhænge kan fortsættes "bagud", således at fag(dele), der i sig selv udgør en teoretisk forudsætning for andre fag(dele), har endnu andre fag(dele) som forudsætning. F.eks. udgør teorien om kontinuerte funktioner, dvs. viden om grænseværdi og kontinuitet, en forudsætning for differentialregning i de fleste former for matematikundervisning.

Begrundelsessammenhæng i form af teoretiske forudsætningssammenhænge findes altså såvel inden for enkelte fag som for større dele af uddannelser og indgår ofte i et fags strukturering.

Man kan i øvrigt se to tilsvarende aspekter af sammenhængen som ved relationen til erhvervspraksis:

- hvor entydigt de problemer eller forhold, der gives teoretisk forudsætning for, er defineret,
- og om det drejer sig om bestemte metoder eller mere diffust om at give en ramme eller baggrund for forståelse.

Der kan være grund til at pointere, at retningen af sådanne forudsætningssammenhænge som regel ikke udgør nogen logisk nødvendighed, men blot er knyttet til én måde at ordne et fags indhold på. F.eks. kan matematikundervisning tilrettelægges således, at differenskvotienter gennemgås før, og danner forudsætning for teorien om kontinuerte funktioner (Tarp, 1974). Det betyder dog ikke, at rækkefølgen af disse begreber er logisk vilkårlig, men at man kan følge forskellige didaktiske principper *).

Der kan imidlertid også, bl.a. inden for matematikken, findes områder, hvor rækkefølgen af begreber er vilkårlig, men hvor begreberne i undervisning danner forudsætning for hinanden. Et eksempel herpå er begreberne spejling-kongruens i den elementære geometri.

Der har i det hidtil omtalte været tale om teori, der danner forudsætning for anden teori. Og det vil i videregående uddannelser være det almindelige. I grundlæggende uddannelser, hvor de anvendelsesrettede dele af fagene ofte omfatter manuelle færdigheder, kan der derimod være tale om teori, der danner forudsætning for forståelse af manuelle processer eller af de situationer, i hvilke de manuelle processer udføres.

 *) Se Ole Skovmose: Nogle principper i matematikkens didaktik. SEL, april 1979. Dette skrift er udarbejdet som led i projektet: Grundlag for fagdidaktiske analyser inden for erhvervsuddannelser.

1.1.3. Konkretisering

Det er ofte nødvendigt at konkretisere den teori, der indgår i ingeniøruddannelser, både den grundfaglige og den teknologiske teori. Behovet for konkretisering vil i mange tilfælde udgøre begrundelsen for øvelser og projekter og for en del opgaver, selvom disse naturligvis kan have funktioner, som kan falde ind under andre former for begrundelse *) .

Både T.S. Kuhn og M. Polanyi (Kuhn, 1973 og Polanyi, 1973) har i deres videnskabsteoretiske arbejder været inde på betydningen af konkrete problemløsninger som en betingelse for erkendelse af nogle former for videnskabelig viden. Begge argumenterer i forbindelse med videnskabelig erkendelse, men argumentationen kan direkte overføres til teknologi.

En del af det, videnskabsfolk inden for en disciplin er fælles om, hos Kuhn kaldet den "faglige matrix", er kendskabet til bestemte konkrete problemløsninger - eksemplarer - der illustrerer, hvorledes videnskabeligt arbejde skal udføres. Det, der således læres, og som det er nødvendigt at konkretisere, er at udvælge og identificere de relevante aspekter i en situation, dvs. hvordan disciplinens teori udnyttes i (videnskabelig) praksis.

I uddannelsesmæssig sammenhæng kan konkretisering af begrebet tillige træde i stedet for indhold, der udgør den teoretiske forudsætning for f.eks. en matematisk teori eller en teknologisk sammenhæng eller formel. Det vil ofte være tilfældet, når en gennemgang af den teoretiske forudsætning fører for vidt. Dette kan der ses mange eksempler på inden for erhvervsuddannelserne. Et eksempel hentet fra matematikundervisningen ses i forbindelse med undervisning i Laplace-transformationer, hvor en gennemgang af de - meget omfattende - teoretiske forudsætninger er erstattet med en række øvelser, der konkretiserer Laplace-transformationer og deres anvendelse.

 *) Se "Rapport over delundersøgelse i forbindelse med projektet: Grundlag for fagdidaktiske analyser inden for erhvervsuddannelser: Øvelser, opgaver og projekter i en ingeniøruddannelse". SEL, København 1979.

Der skal her skelnes mellem to former for konkretisering, der indebærer forskellige relationer mellem det teoretiske begrebssystem og den form for virkelighed, øvelsen repræsenterer.

På den ene side kan øvelser tilrettelægges, så de alene letter indlæring eller forståelse af et begrebssystem, dvs. at øvelsespraksis tilpasses og bekræfter teorien. Jeg vil betegne dette forhold "assimilation" - øvelsespraksis assimileres under begrebssystemet eller teorien. Denne form for konkretisering har været fremherskende i grundfaglige laboratorieøvelser og opgaver, hvor der ikke har været tale om, at man gennem øvelsen kunne nå resultater, der rokkede ved teorien. Forhold der måtte medføre, at resultater afveg fra teorien, blev betragtet som forstyrrelser, man måtte eliminere eller se bort fra.

På den anden side kan forholdet være det, at praksis ikke uden videre lader sig assimilere under begrebssystemet. Det er da teorien, begrebssystemet, der må tilpasses praksis. Jeg vil betegne dette forhold "adaption" (Polanyi, 1973). *)

Hvornår der i undervisningen bør anvendes øvelser, der bekræfter teorien, og hvornår øvelserne bør tilrettelægges således, at teorien afprøves og tilpasses praksis, må afhænge af undervisningens indhold og formål. Det må bl.a. afhænge af, om det indhold, teorien og øvelserne repræsenterer, er grundvidenskabelig eller teknologisk viden. Dette vil blive behandlet nærmere, side 17.

1.1.4 Metateoretisk forhold

Fag med et indhold af videnskabsteori og teknologivurdering samt nogle former for samfundsfag har som genstandsområde aspekter af andre fags virksomhed. Deres forhold til disse er således metateoretisk. I de videregående erhvervsuddannelser er man i de senere år begyndt at undervise i sådanne fag. Det dre-

 *) Den måde, på hvilken begreberne assimilation og adaption her er benyttet, bygger på M. Polanyi: Personal Knowledge, og afviger lidt fra den måde, hvorpå de normalt benyttes inden for psykologien.

jer sig især om undervisning, der beskæftiger sig med forudsætninger for - og konsekvenser af - teknologiudviklingen *) .

1.2 Anden form for begrundelse: Legitimering

De former for begrundelsessammenhænge, der hidtil er omtalt, indebærer en logisk sammenhæng med andet uddannelsesindhold eller med det faglige indhold i erhvervspraksis.

Anderledes forholder det sig med den form for begrundelse, jeg vil benævne legitimering, og som skal behandles i næste afsnit. Det drejer sig her om forhold, hvor dele af indholdet reelt har hentet deres begrundelse ud fra bestemte værdier eller opfattelser. Det er karakteristisk, at en sådan begrundelse eller legitimering ofte er ubevidst.

1.3 Analyse af begrundelse

De forskellige former for begrundelse udgør en forklaringsmodel for fags indhold og tillige for fagenes afgrænsning og struktur.

En fagdidaktisk analyse, der skal forstå et fag i sin helhed, må for det første gøre de begrundelsessammenhænge, der findes i faget, explicitte. Den må derudover gå nærmere ind på de dele af indholdet, der er legitimeret udfra opfattelser, der ligger uden for begrundelsessammenhængene og vurdere disse opfattelser.

At begrundelsessammenhænge bliver gjort explicitte er imidlertid kun første skridt i en analyse. Det følgende skal tjene som eksempler på forhold, der herudover kan analyseres.

*) Se i øvrigt: Arne Jakobsen "Samfundsfaglig undervisning i forbindelse med videregående tekniske uddannelser: Analyse og kategorisering af formål og dannelsesopfattelser. Dansk Pædagogisk Tidsskrift, 4, 1978.

I forbindelse med relationen til erhvervspraksis må det undersøges, hvor autentisk den opfattelse af erhvervspraksis, faget er et udtryk for, er. Det er ved nogle undersøgelser (bl.a. i forbindelse med undersøgelsen nævnt i noten side 13) fundet, at fag, der foregav at relatere sig til en autentisk erhvervspraksis, rent faktisk ved sit indhold - bl.a. ved tilrettelæggelse af øvelser og projekter, relaterede sig til en art "laboratoriepraksis", i hvilken en række væsentlige aspekter var skåret væk eller fordrejet.

Dette ses såvel i forbindelse med rent tekniske fagområder som områder, der omfatter samfundsfaglige aspekter. Et eksempel er fagområdet miljølære, som i nogle tilfælde er reduceret til alene at være den tekniske færdighed i måling af støj og forurening. Sådanne færdigheder kan naturligvis være nyttige, men udgør ikke i sig selv en virkelighedsnær miljølære.

De dele af undervisningsindholdet, gennem hvilke dette sker, vil ofte være øvelser og projekter med den dobbelte begrundelse:

- dels at konkretisere stoffet (og det er da vigtigt, hvilken type konkretisering der er tale om),
- og dels at repræsentere et stykke virkelighed og demonstrere ingeniørmæssig problembehandling i virkelighedsnære situationer.

Den sidstnævnte form for begrundelse vil jeg se som en særlig type af begrundelsessammenhængen: relation til erhvervspraksis. Begge de aspekter, som indgår i denne relation - opfattelse af erhvervssituation og metoder til brug herfor - kan gøres explicite. Og det må ske, hvis demonstrationen af ingeniørmæssig problembehandling skal være autentisk.

Men herudover rejser der sig kvalifikationsmæssige spørgsmål både om, hvilken type af erhvervspraksis faget skal relatere sig til, og hvilken type handlemuligheder der bør gives.

Mange af de spørgsmål, der melder sig i forbindelse med en analyse af legitimering eller begrundelse, vedrører opfattelsen af teknologi og af forholdet mellem naturvidenskab og teknologi.

En opfattelse, som undertiden er gjort gældende og som synes at ligge til grund for megen planlægning inden for ingeniøruddannelserne, går ud på, at teknologien nærmest er et biprodukt af naturvidenskabelig forskning. Denne opfattelse ses bl.a. skitseret i (Woldbye, 1975). Sagt med andre ord, at naturvidenskabelige landvindinger kommer først, og at teknologi relaterer sig til en efterfølgende udnyttelse heraf. Jeg skal, som nævnt, behandle dette forhold nærmere i et senere skrift, og skal her blot angive enkelte træk ved den opfattelse, der ligger til grund for det følgende. Det ligger i denne opfattelse, at der er tale om ofte ret stor uafhængighed mellem grundfag og teknologifag. Bl.a. derved:

- at teknologiens udvikling i mange tilfælde i længere perioder foregår ret uafhængigt af naturvidenskabelig forskning,
- at det da ofte er teknologiske muligheder (f.eks. muligheden af tilstrækkeligt billige beregninger), der giver anledning til, at området videnskabeliggøres og evt. til ny teknologisk eller grundvidenskabelig forskning, samt
- at teknologisk udvikling i flere tilfælde kommer før den naturvidenskabelige forskning på et område.

Heroverfor står, at naturvidenskabelig viden i uddannelsen ofte meddeles som teoretisk forudsætning for teknologisk viden. Det sker dels i form af grundvidenskabelige fag i starten af uddannelsen, dels inden for de enkelte teknologifag. Undervisningen i grundfag antages at være instrumentel i en meget direkte forstand.

I det omfang denne opfattelse tjener som begrundelse for grundfagsindholdet, og der altså rent faktisk ikke er tale om, at det udgør den teoretiske forudsætning for den teknologiske viden, er der tale om legitimering, idet det grundfaglige indhold reelt er begrundet ud fra en forestilling om relationen mellem grundvidenskab og teknologi.

Et andet eksempel på legitimering ses i forbindelse med øvelser i ingeniøruddannelsen, der ofte som øvelsesformål har at eftervise naturlove, og som det angivne pædagogiske formål at

demonstrere grundvidenskabelig forskning. I de fleste tilfælde vil der inden for ingeniøruddannelser være tale om, at sådanne øvelser er legitimeret ud fra en opfattelse af naturvidenskabernes betydning (for ingeniøruddannelser) og ikke begrundet ud fra ønske om konkretisering eller lignende.

I det første af disse tilfælde er legitimeringen falsk, idet grundfagsindholdet rent faktisk ikke udgør en forudsætning for den teknologiske viden. Det kan diskuteres, om den også er i det andet eksempel. Men i den betydning af begrebet, som her anvendes, behøver legitimering naturligvis ikke at være falsk; den vil ofte omfatte værdier, der unddrager sig afgørelse af sandhed, og hvor den didaktiske opgave ikke består i at afgøre legitimeringens gyldighed, men at erkende dens art.

En stor del af den didaktiske debat drejer sig om at bestemme den grad af generalitet, uddannelsernes indhold skal besidde. Meget af den pædagogiske udvikling i 60'erne indebar en generalisering af undervisningsindholdet under forskellige former. En sådan tendens har gjort sig gældende såvel i folkeskolesammenhæng som inden for de videregående uddannelser, bl.a. tydeligt i reformen af teknikuddannelserne omkring 1967. Udviklingen har haft flere paralleller inden for den teoretiske pædagogik^{*)}. Den har her især været begrundet i form af didaktiske principper, der anviste muligheder over for den hastige udvikling af viden og de deraf følgende problemer med forældelse og stoftrængsel. Spørgsmålet om grad af generalitet er således centralt i forbindelse med den tidligere nævnte relation til erhvervspraksis, der begrunder dele af teknologifag.

Sådanne generaliseringer kan for det første medføre pædagogiske problemer bl.a. i forbindelse med konkretisering af et mere abstrakt stof. Der er endvidere en fare for mere afgørende fejltagelser i de tilfælde, hvor teknologien er udviklet ret uafhængigt af grundvidenskab, og hvor grundvidenskabelig viden så-

^{*)} Det gælder de strukturelle principper f.eks. i form af den såkaldte "videnskabscentrerede læseplansteori", som er udviklet i USA, såvel som tyske didaktiske principper som det eksemplariske princip, nøglekvalifikationer osv.

ledes ikke reelt udgør en teoretisk forudsætning for teknologien. En ændring som indebærer, at uddannelsen får større indhold af naturvidenskab vil rent faktisk ikke medføre større generalitet, men derimod flytte vægten i uddannelsen over på en anden kategori af indhold.

Et andet punkt jeg her skal komme ind på, vedrører både det forhold, der hersker mellem et fags viden og dets anvendelse i praksis og den konkretisering, der finder sted i uddannelserne. Det vil i de fleste tilfælde være urimeligt at forestille sig, at ingeniører kommer til at videreudvikle grundvidenskabelig teori (selv om det naturligvis finder sted på nogle områder). Det er derfor rimeligt, når den form for konkretisering af grundvidenskabelig teori, der sker i uddannelserne, er assimilering (at øvelserne underordnes eller tilpasses teorien). Situationen er imidlertid en helt anden i teknologifagene. Der er her ofte tale om en teori, hvis gyldighedsområder er afgrænset, og teori der må tilpasses og videreudvikles til praktiske situationer. Hvis den konkretisering, der foregår, i høj grad består i assimilering, vil det dels give - eller understøtte - en falsk opfattelse af teknologi, dels medføre, at de studerende ikke lærer at undersøge og tilpasse teknologisk teori til praktiske problemer.

En noget anden form for legitimering af undervisningsindhold sker i forbindelse med forskellige former for samfundsfaglig og især humanistisk undervisning i erhvervsuddannelser. I mange tilfælde er sådant indhold legitimeret ud fra opfattelser af almen dannelse, f.eks. ud fra opfattelser af, at undervisning inden for sådanne områder er et nødvendigt supplement til f.eks. ingeniørfaglig undervisning, for at danne en type personlighed ("a whole man").

2. Fagkonstituering

De former for begrundelse, som er behandlet i den foregående del, udgør som angivet en forklaring på indholdsdeles tilstedeværelse og placering i uddannelsen. En analyse af begrundelses-sammenhæng kan således give en første nødvendig forståelse af et undervisningsfags indhold, afgrænsning og struktur, dvs. af et fags konstitution.

Men overordnet begrundelsessammenhæng vil der være overvejelser og principper, der er afgørende for, hvilke begrundelses-sammenhænge der gør sig gældende - f.eks. hvilke former for teoretisk forudsætningssammenhæng der hersker - i et fag.

Sådanne styrende principper og hensigter kan bestå i egentlige didaktiske principper (Skovsmose, 1979), eller de kan bestå i ikke formulerede overvejelser. I begge tilfælde vil de hvile på elementer af et eller som oftest flere af følgende hensyn:

hensyn til kvalificering,
hensyn til "fremstilling af basisfaget", eller
hensyn til formidlingen.

F.eks. vil strukturelle - og genetiske - didaktiske principper hvile på især hensyn til fremstilling af faget, men tillige på hensyn til formidling. Medens f.eks. det i Tyskland formulerede didaktiske princip om nøglekvalifikationer (Sørensen, 1979) væsentligst hviler på hensyn til kvalificering.

Man kan således se flere niveauer af "styrende principper". På et niveau over didaktiske principper vil der findes opfatterser og værdier, der er afgørende for, hvilke didaktiske principper, man anvender (og som vel har været afgørende for udformningen af de didaktiske principper.

Inden for erhvervsuddannelserne sker fagkonstitueringen i mange tilfælde uden henvisning til - og uden kendskab til - bestemte didaktiske principper. Det vil her ofte være opfattelser og overvejelser over kvalificering til erhvervspraksis og over naturvidenskabers forhold til teknologi, der udgør styrende principper.

I det følgende skal jeg først foretage nogle sondringer inden for de arter af viden, der udgør indholdet i de videregående tekniske uddannelser. Desuden mellem forskellige arter af faggrænser inden for dette område. I den resterende del af artiklen gøres der rede for typer af fagkonstituering ud fra en række konkrete eksempler på fag.

2.1 Arter af viden i teknologifag

I erhvervsuddannelserne indgår forskellige arter af indhold ofte i samme fag. Det drejer sig for det første om de to hovedkategorier naturvidenskabelig og teknologisk viden. Med teknologi vil jeg i første omgang forstå teori-områder knyttet til løsning af praktiske problemer. Der er ikke hermed taget stilling til den videnskabsteoretiske status af teknologisk teori. De spørgsmål, der rejses i forbindelse hermed, er oftest spørgsmål om teknologiens forhold til den anden hovedkomponent i disse uddannelser, naturvidenskab.

Der er tidligere i dette skrift gjort rede for en (meget udbredt) opfattelse af teknologisk viden som anvendt naturvidenskab. Tillige for at teknologien, ud fra den opfattelse der ligger til grund for artiklen, ses som et mere selvstændigt teoriområde.

Jeg skal nu vende tilbage til nogle aspekter heraf og så i øvrigt henviser til et senere skrift, i hvilket forholdet teknologi-naturvidenskab, og uddannelsesmæssige spørgsmål i forbindelse hermed, behandles.

Jeg har betegnet teknologien som teoriområde og derved afgrænset den fra håndværksmæssig viden, håndregler og konventioner. Sådan viden og færdighed indgår i mange undervisningsfag sammen med et indhold, der i øvrigt består af teknologi. Bl.a.

inden for fag som konstruktion findes en del viden af denne type.

En udviklingstendens inden for ingeniørmæssig viden ses deri, at kompleksiteten i ingeniørmæssige opgaver medfører større og større grad af tværfaglighed, hvilket bl.a. betyder, at ultraditionelle fagområder i stigende omfang medtages i ingeniørudannelser. Dette ses bl.a. i forbindelse med udviklingen af fag, der vedrører miljøteknik, hvor der må undervises f.eks. i biologi i et omfang, der gør opstilling og gennemregning af biologiske modeller mulig.

De videregående erhvervsuddannelser har i stigende omfang omfattet fag med samfundsfagligt, humanistisk eller filosofisk (videnskabsteoretisk) indhold. Det drejer sig om fag, der som dansk/kulturhistorie på teknika ofte har haft til formål ud fra et dannelsesideal at supplere undervisningen inden for det egentlige ingeniørfaglige univers (se noten, side 13). Og det drejer sig om fagområder, der især i forbindelse med organisation-virksomhedsledelse har udvidet det ingeniørfaglige univers. Og endelig drejer det sig om de fag, der har et metateoretisk forhold til det ingeniørfaglige univers, dvs. at de beskæftiger sig teoretisk med ingeniørfaglig teori eller praksis.

Ud fra den relation, der hersker mellem en teori og dens genstandsfelt, udviser (natur)videnskabelige og teknologiske teorier på flere måder forskelle.

For det første derved, at naturvidenskabelige discipliner er delrationelle, medens teknologifag er helhedsrationelle. I videnskabelig sammenhæng er man interesseret i undersøgelse af snævert afgrænsede problemstillinger, medens man i teknologifag er interesseret i løsning af problemer i deres totalitet (selv om denne totalitet meget ofte er begrænset til det snævert tekniske!). Dette forhold afspejler sig for teknologifagernes vedkommende i deres relation til erhvervspraksis.

For det andet i forbindelse med de tidligere anførte teori-praksis forhold: adaption - assimilation.

For naturvidenskabernes vedkommende er der forholdsvis vel-etablerede regler for en teoris gyldighedsområde. Og afgørel-

ser heraf har stor betydning for videnskabelig praksis.

Det er derimod tit vanskeligt at give dækkende regler til afgrænsning af de praksisområder, inden for hvilke teknologiske teorier er gyldige. Og den gyldighed, der har interesse i forbindelse med teknologi, er ofte af en anden art, idet den i mange tilfælde vil gå på hensigtsmæssighed mere end på kriterier knyttet til erkendelse og verifikation. Det er en ofte observeret kendsgerning, at megen teknologisk teori er god og brugbar, selv om den klart ikke er sand i videnskabelig forstand.

Endnu en sondring inden for området teknologifag skal kort omtales. Traditionelt har disse fag været knyttet til naturvidenskab. Relationen til erhvervspraksis har været præget af, at de enten meddelte viden, som ikke indeholdt nogen metode eller handlingsforskrift, eller at den metode, der blev meddelt, var rent fysisk-teknologisk i sin natur (f.eks. metoder til beregning af bærende konstruktioner). Der er heri ved at ske en ændring mod meddelelse af rent handlingsforeskrivende teori, der ikke er knyttet til naturvidenskab, men som bygger på syntetisk-logisk problemløsningsteori eller på en form for managementteori.

Måske en af de mest markante udviklinger inden for teknologifag består deri, at en så stor - og voksende - del af indholdet i flere uddannelsesretninger nu består af fag, der på denne måde er systembaserede.

2.2 Afgrænsning af teknologifag

Jeg har tidligere omtalt teknologifags relation til erhvervspraksis (side 8), herunder såvel hvilke former for handlemuligheder der gives, som hvor entydigt erhvervspraksis opfattes. Teknologifag kan i større eller mindre grad være konstitueret - og dermed afgrænset - på grundlag af en sådan relation. Og arten af faggrænser vil da afhænge af relationens art. F.eks. er den klassiske "bærende konstruktion" (som tidligere angivet side 8) kendetegnet ved at give handlemuligheder i form af bestemte metoder til løsning af klart definerede problemer. Og faget er (i denne udformning) tilsvarende klart afgrænset. Me-

dens et fag som maskinlære, der ofte har sigtet mod ret ubestemte handlemuligheder i en bredt defineret situation, har haft meget svag afgrænsning.

Men teknologifag kan også i højere grad være konstitueret ud fra de (ofte grundvidenskabelige) fag, der udgør den teoretiske forudsætning for faget. Faget materialelære har i nogle udformninger været konstitueret, som det ovenfor er angivet for faget maskinlære og da haft svag afgrænsning. Men faget har også - i andre udformninger - været konstitueret ud fra naturfag, først og fremmest kemi, og da haft klare faggrænser.

Teknologifag har således, i forbindelse med at de er helhedsrationelle, en tendens til "flydende" faggrænser. I de tilfælde, hvor et fags konstituering overvejende sker ud fra fagets relation til erhvervspraksis - som netop afspejler i hvilken grad det er helheds-/delrationelt - antages typen af faggrænser at afhænge af denne relation. Er faget derimod i højere grad konstitueret ud fra de fagområder, der udgør dets teoretiske forudsætning, vil dette kunne bestemme type af faggrænser.

2.3 Undervisningsfags struktur

Ved et undervisningsfags struktur vil jeg, som tidligere anført, forstå den orden, der hersker m.h.t. relationer mellem forskellige dele af fagets indhold.

Sådanne relationer kan bestå i en begrundelsessammenhæng. Og den orden, der hersker mellem disse, afgøres af de nævnte "styrende principper" eller - når det drejer sig om fagets struktur - strukturerende principper.

Naturligvis kan en sådan orden i et fag logisk set være tilfældig, men den vil normalt enten afspejle en eventuel tilsvarende videnskabelig eller teknologisk disciplins struktur eller være et produkt af en tilrettelæggelse ud fra bestemte principper eller opfattelser; inden for teknologifag ofte opfattelser af erhvervspraksis. Strukturen vil således være udtryk for forhold af videnskabsteoretisk, kvalifikationsteoretisk og/eller for midlingsteoretisk natur.

Det skal bemærkes, at der kan være tale om strukturer på for-

skellige niveauer. Der vil f.eks. ofte kunne ses en struktur ud fra de relationer, der hersker mellem et fags hovedbestanddele, medens der samtidig kan findes andre strukturer i faget ud fra relationer mellem indholdsdele på et underordnet niveau.

Der skal i det følgende gennemgås nogle forskellige typer af strukturer inden for fag fra, erhvervsuddannelserne. Der skal imidlertid først sondres mellem to overordnede former for struktur, ud fra de måder, hvorpå strukturen bestemmes.

a) Strukturer kan for det første være ensbetydende med den struktur, der direkte overføres fra en tilsvarende videnskabelig eller teknologisk disciplin, der danner grundlag for undervisningsfaget.

Sådanne "fagimmanente" strukturer er oftest mere entydige i videnskabelige end i teknologiske discipliner og tydeligst i de mest fast etablerede discipliner. Der vil dog også i videnskabelige discipliner som regel være mulighed for at tolke flere strukturer - flere former for orden i et givet sæt af relationer mellem dele af disciplinens indhold. Det er velkendt, f.eks. fra Kuhn, 1973, at der tillige kan være flere konkurrerende opfattelser af, hvad der er det vigtigste ordnede princip i et fag.

b) Strukturen kan bestemmes med henblik på at ordne et fags indhold (der ikke nødvendigvis behøver at modsvare én disciplin/ét erhvervsfag), således at f.eks. formidlingsmæssige forhold som begrebsprogression, meningsfuld sekvensering, konkretisering eller lignende, fremmes.

Bestemmes strukturen således bevidst ud fra en pædagogisk hensigt, kan det naturligvis være en disciplins videnskabelige struktur, der vælges som struktur i undervisningsfaget, dvs. at a) og b) falder sammen. Det er netop en af hovedpointerne i den retning inden for didaktikken, som går under betegnelsen "videnskabscentreret læseplansteori" *). Inden for denne anses

 *) Der findes en ganske stor mængde litteratur herom. Se f.eks. K. Reisby's bidrag: Undervisningens indhold - udvælgelse og sekvensering. I Handal, G. m.fl.: Universitetsundervisning, Problem - empiri-teori, Studentlitteratur 1973.

en videnskabelig struktur for den eneste acceptable form for struktur i et undervisningsfag. Det hænger sammen med, at den videnskabscentrerede læseplansteori, som en anden hovedpointe, stort set alene befatter sig med egentlig videnskabelig viden som indhold i undervisning. Dette antages her uden videre argumentation for klart utilstrækkeligt i erhvervsuddannelser.

I erhvervsuddannelserne vil relationen til erhvervspraksis: bestemte opfattelser af erhvervsudøvelsen og af hensigtsmæssige metoder til brug heri, næsten altid udgøre et styrende princip for strukturen.

Der kan være tale om, at et undervisningsfags struktur i alt væsentligt bestemmes som a) eller som b), eller at disse falder sammen. Der kan endvidere være tale om, at undervisningsfaget struktureres ud fra et styrende princip f.eks. ud fra en bestemt relation til erhvervspraksis, men samtidig søger at tilgodese et til grund liggende fags immanente struktur. Og der kan være tale om, at et undervisningsfag på forskellige niveauer er struktureret ud fra forskellige principper.

2.4 Typer af fagkonstitution inden for videregående erhvervsuddannelser

I den resterende del af skriftet skal en række typer af fagkonstituering inden for erhvervsuddannelserne eksemplificeres. Fremstillingen vil bygge på konkrete fag, som de på et givet tidspunkt ud fra forskellige former for beskrivelser ses realiseret.

Jeg vil med gennemgangen af disse typer søge at angribe nogle af de centrale didaktiske problemer ved hjælp af det i det foregående udviklede begrebsapparat.

2.4.1 Fag med et indhold af grundvidenskabelig viden, konstitueret med henblik på at udgøre en teoretisk forudsætning for andre fag

Et helt generelt problemområde i erhvervsuddannelserne hænger sammen med tilpasningen mellem på den ene side krav om viden

ud fra opfattelser af erhvervspraksis og på den anden side den systematiske videns opdeling i fag og discipliner.

Vi skal først se på nogle sider af dette problemområde fra grundfagsside.

Nogle problemer er knyttet til det forhold, at de meget abstrakte grundfag oftest ligger først i uddannelserne. Det gælder problemer om motivation, om den socialiserende virkning grundfagsundervisningen har, og om fagenes funktion som selektionsmiddel.

Andre, mere faginterne problemer, har forbindelse med grundfagenes funktion. Skal fagene give en fra et grundfagligt synspunkt relevant og forsvarlig fremstilling, eller skal krav til grundfagene (alene) afledes af anvendelsen i teknologifag *).

Det første eksempel, der skal omtales, er faget elektrofysik (1), som det er planlagt og gennemført i forbindelse med det såkaldte basisgruppeprojekt, et forsøg med projektorganisering under bibeholdelse af fagopdelingen, gennemført på Københavns Teknikums Svagstrømstekniske afdeling 1976/77 **).

Undervisningen i faget er - efter en indførende gennemgang af elektrisk og magnetisk feltteori - i hovedparten af tiden centreret om de studerendes arbejde med fremstilling af tre spoler med forskellig induktans (fra 25 H til 0,1 H) samt med udarbejdelse af målemetode hertil og en beskrivelse af spolerne.

I slutningen af undervisningen systematiseres resultater af arbejdet, og der gøres rede for strukturen i denne del af fysikken samt for dens eksperimentelle natur. Endelig gennemgås elektrostatiske teori.

Relationerne mellem forskellige dele af faget og dermed fagets struktur har dermed fået en anden karakter end i den traditionelle undervisning. F.eks. kan elektrostatiske gennemgås som en

*) En behandling af disse problemer findes i Helge Elbrønd Jensen: Studiestartproblemer. Nordisk Matematisk Tidsskrift. Hefte 2, 1976.

**) Projektet er beskrevet i: Rapport om Basisgruppeprojektet. Københavns Tekniskum 1977. Faget elektrofysik er beskrevet i Ole Winther: Project-organization within single subjects. Konferencepapir, Kbh. 1979.

art analogi med den magnetismeteori, de studerende har arbejdet med (normalt gennemgås elektrostatikken før magnetismeteorien). Og måske vigtigere: sammenhængen mellem den teoretiske spoleformel (som forudsætter en uendelig lang spole, at der ikke sker tab osv.), og beregning af en virkelig spole, fremgår nu ved den konkretisering af teorien i form af adaption (se side 12), som projektarbejdet indebærer. Anvendelsen af teorien i anvendelsesfagene er herved lettet.

Det andet eksempel er undervisningen på Århus Teknikum i matematik på adgangskursus og 1. semester set under ét. Der ses her en deling af matematikundervisningen i to hovedområder *).

For det første matematik som grundfag, hvor hensyn til fremstilling af videnskabsfaget matematik er centralt, dvs. at der stilles krav om præcision og logisk stringens. Dette hovedområde dækker matematikundervisningen fra starten af adgangskursus og til ind i 1. semester.

For det andet som anvendelsesfag med vægt på, hvilke områder der skal bruges senere (i teknologifag). Dette område, der stort set dækker den resterende del af matematikundervisningen, er mindre bundet af matematikkens egen struktur. Der ses inden for dette område eksempler på spring i begrundelsessammenhængen i form af, at indhold, der udgør den teoretiske forudsætning for andet indhold, udelades. Det gælder f.eks. ved gennemgangen af Laplace-transformationer, der skal bruges inden for andre fag, men for hvilket det ville føre for vidt at give de egentlige teoretiske forudsætninger for udledning af teorien.

Der benyttes i stedet øvelser, som konkretiserer såvel teorien som deres anvendelse af teorien. Der optræder da sådanne "spring" i strukturen - som er karakteristisk for mange grundfag i erhvervsuddannelserne.

 *) Fremstillingen bygger på et kursusarbejde: "Fagkonstitution og øvelsers art og funktion" skrevet af civilingeniør Flemming Kristensen i forbindelse med Statens Erhvervspædagogiske Læreruddannelses intermitterende årskursus nr. 16.

Springet forekommer som brud på begrundelsessammenhængen - i form af, at teoretiske forudsætninger mangler. Og dette kompenseres ved en anden begrundelsessammenhæng, nemlig i form af konkretisering.

2.4.2 Teknologifag konstitueret på basis af relation til erhvervspraksis og i analogi til grundvidenskabelige fag

Teknologifag, der er konstitueret omkring en praktisk anvendelse af et område inden for en grundvidenskabelig disciplin, kan vel i nogle tilfælde overtage disciplinens struktur, men vil ofte - som følge af sin konstitution som anvendelsesrettet fag - blive omstruktureret.

Faget "dynamiske mekanik-systemer", som det var udformet på Århus Teknikum i 1977, har benyttet både en struktur, hentet fra den grundvidenskabelige disciplin, på basis af hvilken det er dannet (svingningsteori, som er et område inden for den mekaniske fysik) og - senere - en struktur dannet i analogi til en anden del af fysikken (elektrisk kredsløbsteori).

Fagets formål er "at sætte de studerende i stand til at konstruere og analysere dynamiske systemer, dvs. forudsige ønskede/uønskede deformationer, hastigheder, bevægelser og kræfter i dynamiske systemer".

Konstitueringen af dynamiske mekanik-systemer som selvstændige fag må ses på baggrund af den teknologiske udvikling, der har skabt problemer af vibrationsmæssig art, der dårligt kunne løses blot ved anvendelse af svingningsteorien som den forelå som en del af den mekaniske fysik. Inden dannelsen af faget bestod fysikundervisningen på dette område i en generel orientering til brug ved ret udefinerede situationer/problemer. Da et klart defineret problem blev påtrængende i praksis, konstitueredes faget som en mere entydig metode til brug heroverfor.

Fagets struktur blev da i første omgang hentet fra den mekaniske fysik. Metoden bestod i på traditionel måde at opstille systemets integral-differentialligninger og at bestemme disses løsninger ad sædvanlig matematisk vej.

Senere blev faget struktureret i analogi med kredsløbsteori,

inden for hvilken systemerne direkte kan afbildes i et elektrisk diagram, og hvor der er udviklet begreber til bestemmelse af systemet. Denne struktur var yderligere naturlig, da faget især havde betydning for el-ingeniører.

Der er endelig, da denne struktur viste sig at give vanskeligheder (især af pædagogisk art) udviklet en struktur alene med henblik på dette fag, men med tydelige træk fra de tidligere benyttede strukturer.

2.4.3 Teknologifag, konstitueret på basis af relation til erhvervspraksis samt ud fra relationen mellem grundvidenskabelig viden og teknologi

En stor del ingeniørfag har et indhold, der omfatter to mere eller mindre skarpt adskilte dele, nemlig grundvidenskabelig viden (ofte fysik) og teknologi.

Sådanne fags indhold og struktur er ofte i første omgang bestemt ud fra en opfattelse af, hvad der vil være hensigtsmæssige metoder eller viden over for en forventet erhvervspraksis. Det er typisk teknologidelen, der er bestemt af denne relation til erhvervspraksis. Det grundvidenskabelige indhold er da bestemt over for teknologidelen, i hvert fald tilsyneladende, som teoretisk forudsætning herfor. Vi skal se på nogle typer af strukturer, ud fra eksempler på konkrete fag, der viser forskellige relationer mellem på den ene side den grundvidenskabelige del og på den anden side teknologidelen.

Den første type skal illustreres ud fra det konkrete fag hydraulik, som det er planlagt på Esbjerg Teknikum *).

I dette fag kan de to kategorier: forudsætningsteori og teknologi ret klart identificeres. Relationen mellem disse udgør en hovedstruktur i faget.

*) Faget er nyt på teknika, startet af civilingeniør Marianne Rosenørn i forbindelse med indførelse af modulstruktur 1979. Beskrivelsen af faget består af en "modulbeskrivelse" indeholdende formål, placering i uddannelsen og timetal - et kompendium skrevet til brug for undervisningen i dette modul samt en række øvelses- og opgavetekster, alt skrevet af Marianne Rosenørn.

Fagets formål er at give det mest nødvendige teoretiske grundlag for at forstå beregning af tryktab i vandførende rørsystemer. Det er således ikke formålet at kvalificere til selvstændigt at kunne gennemføre beregninger, men til at kunne forstå beregninger. Relationen til erhvervspraksis er altså bestemt ved en opfattelse af en ret entydigt afgrænset problemsituation og indsigt i nogle bestemte metoder til brug herved.

I den første del af faget gennemgås den fysiske teori med relation til stoffet, dvs. energiforhold, fysiske egenskaber og dele af den hydrodynamiske fysik med sigte på at opstille et grundlag for beregning af energitab i rørsystemer. I det meste af denne del er strukturen karakteriseret ved, at der i starten etableres et grundlag af teori (energiforhold - væskers fysiske egenskaber) delvis ved repetition af tidligere læst stof, og derefter ved en logisk opbygning af teorien for væskestrømning under inddragelse af flere og flere forhold. Denne (deduktive) struktur kan dog ikke opretholdes, når det drejer sig om turbulent strømning, hvor størrelser og variationer (f.eks. friktionstal) bestemt ved forsøg (skalering), må inddrages. Denne første del slutter med en angivelse af Collebrook og White's formel for friktion, der er opstillet med henblik på at dække forsøgsresultaterne bedst muligt. Parametre i denne formel forklares, men ikke opstillingen af formlen.

Strukturen i denne del, der omfatter de teoretiske forudsætninger, består altså for det meste i logisk opbygning - deduktion m.h.t. den rene grundvidenskabelige fysik, men slutter med angivelse af forklaringen af eksperimentelt baseret viden

Den logisk deduktive struktur brydes helt ved overgang til fagets anden - teknologiske - del. Denne del indeholder forskrifter for beregning af rørsystemer i praksis. Gennemgangen omfatter brug af formler, som tilsammen udgør en tilnærmelse til den nævnte Coolebrook og White's formel, forudsætninger for brug af formler og beskrivelse af forskellige, i praksis forekommende, komponenter.

Gennemgangen knytter sig for en stor dels vedkommende til et tilnærmet autentisk eksempel på et rørsystem.

I forbindelse med gennemgangen udføres en del opgaver og laboratorieøvelser. Den konkretisering, der herved sker, er overvejende assimilation, dvs. at øvelsespraksis er underordnet teorien og bekræfter denne. For den viden, der indeholdes i denne del af undervisningsfaget, gives der altså ikke megen teoretisk forudsætning. Der angives nogle formler - og brugen af dem indøves ved arbejde med opgaver og øvelser. Den konkretisering dette medfører, træder i stedet for en forståelse af formlerne baseret på udledning ud fra teoretiske forudsætninger. Den første del - indeholdende egentlig fysik - er derved ikke instrumentel i den forstand, at den teknologiske del kan udledes heraf. Den har den funktion at introducere de begreber, det drejer sig om, og give en idé om sammenhænge. Desuden at angive, hvad det er for forhold i den teknologiske del, der ikke kan klares af fysikken.

Dette sidste kunne imidlertid gøres uden at den første ret omfattende del af faget skulle benyttes hertil. Denne del og dens placering, og dermed en hovedstruktur i faget vil samtidig have den utilsigtede funktion at give indtryk af, at det naturlige ville være, at fysikken gav de teoretiske forudsætninger, hvorudfra den teknologiske del kunne udledes (svarende til en bestemt opfattelse af forholdet mellem naturvidenskab og teknologi). Den er således legitimeret ud fra denne opfattelse.

Et andet eksempel på et fag med en struktur bestemt af relationen mellem grundvidenskabelig viden i form af fysik og heroverfor teknologi, er faget "strømningsmaskiner", som det har været undervist på Århus Teknikums maskintekniske linie i 1978 *). Faget beskæftiger sig med centrifugalpumper, vandturbiner og damp-turbiner. Vi skal her blot se på den del af faget, som omfatter centrifugalpumper, og som udgør ca. halvdelen af undervisningstiden.

 *) Faget er beskrevet i et kursusarbejde "Planlægning af undervisning i strømningsmaskiner ved maskinteknisk linie, 3.del", udført af civilingeniør Preben Hansen i forbindelse med et pædagogisk grundkursus under Statens Erhvervspædagogiske Læreruddannelse. Undervisningen bygger på lærebogen: Tore Lundberg: Hydro-maskinlära, GÖteborg 1960.

Det fremgår, at formålet med undervisningen er at sætte de studerende i stand til at "anvende viden" om centrifugalpumper i forbindelse med målinger af - eller konstruktion af - sådanne pumper. Samtidig at centrifugalpumpen ses som et eksempel, der demonstrerer principper også i andre strømningsmaskiner.

Relationen til erhvervspraksis kan karakteriseres som et sæt metoder til brug over for et ret bredt problemfelt.

Der indgår også i dette fag en del grundvidenskabelig viden (fysik) og en del teknologi. Men relationen mellem disse dele af faget er en anden end tilfældet var i hydraulikseksemplet. Fysikken udgør her reelt en teoretisk forudsætning for en stor part af den teknologiske del.

Faget starter - efter en kort gennemgang af pumpens virkemåde - med en ren grundvidenskabelig udledning af "pumpens teoretiske hovedligning", der, forudsat ideelle forhold, ville angive pumpens effekt. Efter - og ud fra - denne gennemgås "pumpens virkelige hovedligning", idet der inddrages forhold som

afvigelse fra det ideelle tværsnit på grund af skovles godstykkelse,

afbøjning af vandets strømretning, da skovlantallet ikke er uendelig stort,

modstand og friktion i pumpen samt tab ved hastigheds- og tværsnitsændringer,

m.fl.,

dvs. at den teoretiske hovedligning udgør den teoretiske forudsætning for forståelse af den virkelige hovedligning. Den grundvidenskabelige teori meddeles da også i en form, der ret nøje svarer til den form, i hvilken teknologifaget bygger på teorien.

Den resterende del af fagets indhold består for det første af udledning af beregningsmetoder for forskellige parametre ved pumpen. Denne del bygger for en dels vedkommende videre på hovedligningerne, men omfatter tillige erfaringsviden. Og for det

andet af en række konstruktionsanvisninger angående skovltykkelse og -antal og lignende. Denne del er rent erfaringsbestemt.

Den struktur i faget, der er bestemt ved relationen mellem den grundvidenskabelige del og den teknologiske del, er således karakteriseret ved, at den førstnævnte udgør den teoretiske forudsætning for sidstnævnte. Samt at den indgår som forudsætning for flere områder af faget.

2.4.4 Teknologifag konstitueret på basis af relation til erhvervspraksis samt relation mellem forskellige arter af viden

Problemet omkring tilpasningen mellem praksisbestemte krav om viden og heroverfor den systematiske videns opdeling i fag og discipliner er berørt.

Et eksempel på et fag, hvis konstitution er bestemt af meget ringe grad af sammenfald herimellem, er faget "Teknisk virksomhedsledelse" på Odense Teknikum 1977.

Faget har til formål at give indblik i og kendskab til virksomhedsorganisation, ledelsesfunktioner og forskellige hjælpemidler i forbindelse hermed.

Relationen til erhvervspraksis har for enkelte hjælpemidlers vedkommende karakter af bestemte metoder til brug ved veldefinerede problemer, men for andre deles vedkommende (indblik i en virksomhedsorganisation f.eks.) karakter af en mere diffus baggrundsviden uden sigte mod bestemte problemer eller situationer.

Faget omfatter så forskellige vidensarter som:

- fordelingsteori som baggrund for metoder til processtyring, lagerstyring og varekontrol,
- ledelsesprincipper,
- formularsystemer,
- organisationsprincipper,
- arbejdsbeskyttelseslov,

- psykologi,
- miljølære,
- planlægningsprincipper.

Der indgår i faget systemteori i betydningen systemer til styring og kontrol af materiel produktion. Systemteori i forbindelse med styring af teknikerens intellektuelle arbejde indgår derimod ikke.

Fagets konstitution er bestemt for det første ud fra relation til erhvervspraksis. Faget omfatter en række emner og færdigheder, der antages at kvalificere til arbejde som driftsingeniør. Konstitutionen er dog yderligere bestemt af formidlingsmæssige grunde bl.a. derved, at teknikumstudiet opdeles i en del, der er fælles for mange retninger, og en del, der er speciel for enkelte ingeniøruddannelsesretninger.

Vigtigheden af de emner, der indgår i faget ufortalt, har det karakter af at være residuelt bestemt. Der indgår de emner - af meget forskellige karakter - som var bestemt ud fra relationen til erhvervspraksis, men som på dette tidspunkt ikke indgik i andre fag.

Strukturen i faget er kendetegnet ved at omfatte emner, der udgør en egentlig teoretisk forudsætning for andre emner (fordelingsteori - praktiske kontrolsystemer) - desuden emner, for hvilke der ikke gives teoretiske forudsætninger (formularsystemer) og emner, for hvilke der findes teoretiske forudsætninger, men hvor disse kun medtages i begrænset omfang (arbejdsmarkedets love). Desuden er strukturen kendetegnet ved, at der er tale om flere områder inden for faget uden megen indbyrdes forbindelse.

2.4.5 Teknologifag konstitueret på basis af relation til erhvervspraksis samt ud fra handlingsforeskrivende systematiske modeller

En voksende mængde ingeniørfag baserer sig som tidligere nævnt på en art systemteori. Jeg skal beskrive to eksempler på, hvorledes dette kan give sig udtryk i et fags konstituering. Det

gælder i begge tilfælde en art systematiske modeller, der er handlingsforeskrivende i den forstand, at de styrer ingeniørens eller teknikerens intellektuelle arbejde.

I det ene af disse fag, materialelæren, som det indgår i uddannelsen på Byggeteknisk Højskole i København 1978/79 ^{*)}, findes en opdeling af faget i forskellige arter af viden. Faget omfatter to hovedområder:

- A. Et område, der behandler en del materialers oprindelse og egenskaber. Mest udførligt gennemgås de "traditionelle" byggematerialer. Gennemgangen sigter i højere grad på meddelelse af en stor mængde fakta-viden end på en egentlig strukturel grundvidenskabelig forståelse, men er dog klart ordnet ud fra naturvidenskabelige dimensioner. Og i tilknytning hertil et område, der behandler byggevarer, deres opbygning, egenskaber og anvendelse.
- B. Et område, der indeholder metoder til at analysere funktionsbestemte egenskaber samt til at foretage egenskabsanalyser af byggevarer og byggematerialer ^{**)}.

Der indgår herudover viden om metoder til materialeprøvning (hvad der vel logisk kan ses at stå i forbindelse med både A og B).

Denne opdeling af faget synes at afspejle to tendenser:

For det første, at fagets genstandsområde ændres, idet vægten forskydes fra undervisning i de enkelte materialer mod undervisning i byggevarer, og for det andet den nævnte tendens til

^{*)} Denne fremstilling bygger på forskelligt materiale fra Byggeteknisk Højskole samt på udkast til kursusarbejde udarbejdet af arkitekt Preben Selck i forbindelse med Statens Erhvervspædagogiske Læreruddannelses pædagogiske grundkursus for lærere ved Byggeteknisk Højskole i København, 1978/79.

^{**)} Uddannelsen er opdelt således, at undervisningen i de to første semestre (byggeteknikeruddannelsen) hovedsageligt omfatter indhold, der falder ind under område A, medens den videre uddannelse til bygningskonstruktør indeholder området B.

at basere større dele af faget på en handlingsforeskrivende systemteori, i dette tilfælde bestående af metoder til analyse af funktionsbestemte egenskaber samt egenskaber ved byggevarer.

Begge tendenser skyldes naturligvis udviklingen i byggeri, der medfører for det første, at antallet af forskellige materialer benyttet ved byggeri hurtigt vokser - for det andet, at materialerne bliver vanskeligere at give en reel naturvidenskabelig forståelse af - og for det tredje, at teknikeren i højere og højere grad møder materialerne i form af byggevarer.

Fagets struktur er således bl.a. bestemt ud fra en relation til erhvervspraksis, der forskydes fra en bred viden til brug ved en stor ubestemt mængde situationer i praksis mod en handlingsstrategi og et dertil hørende sæt af metoder til brug ved mere veldefinerede situationer ved projektering.

Som en hovedstruktur indgår tillige relationer mellem de nævnte arter af viden. Det virker som om denne struktur er uafklaret (bl.a. ved at opdelingen af viden følger delingen mellem bygningsteknikeruddannelsen (de to første semestre) og bygningskonstruktøruddannelsen).

Faget kan derudover illustrere en strukturering på et mere underordnet niveau. Medens det som nævnt ikke i større omfang indeholder naturvidenskabelige, teoretiske forudsætninger for materialernes opbygning, struktureres dele af faget dog ud fra naturvidenskabelige forhold. Det sker ved, at

- en forståelse af naturvidenskabelige dimensioner danner grundlag for forståelse af fagets terminologi,
- det er en forudsætning for forståelse af faget af kunne jonglere med kurver, formler og fysiske enheder,
- den naturvidenskabelige teoris begreber og kategorier i nogen grad strukturerer indholdet inden for gennemgangen af de enkelte materialer.

I faget konstruktionslære I *) ved afdelingen for mekanisk teknologi, Danmarks tekniske Højskole, arbejdes der med flere typer generelle systematiske modeller. Fagets genstand består for en stor dels vedkommende i forskellige processer i forbindelse med konstruktion, der er gjort explicitte, og systematiseret og transformeret til et vist generaliseringsniveau.

Fagets formål er "at sætte de studerende i stand til at angribe og gennemføre et konstruktionsprojekt på en systematisk måde og med rimelig sikkerhed for at nå frem til fornuftige resultater inden for en begrænset tid." Der lægges endvidere i formålet for faget vægt på, at forløb og metode ved konstruktionsprocessen er gjort explicitte for de studerende.

De handlingsdirigerende eller -beskrivende system-modeller, der udgør fagets genstand, er først og fremmest

- "produkt syntesen", der beskriver et konstruktionsprojekts gennemførelse i tre hovedfaser, problemanalyse, syntese og opfølgning,
- konstruktionsprojektets hovedfaser, der beskriver nogle niveauer for gennemførelse af projekter, samt
- en fasemodel for almen problemløsning.

Der indgår derudover systemmodeller, systemer for idégenerering osv.

Samtidig med at disse tre modeller indgår som fagets genstand er de strukturerende for faget i den direkte forstand, at arbejdet følger de i modellerne indeholdte faser.

De studerendes arbejde med faget består for en stor dels vedkommende i konstruktionsprojektøvelser, der konkretiserer de generelle modeller.

 *) Denne fremstilling bygger på Henrik Stahl & Ekild Tjalve: Konstruktions-teknisk Problemløsning 1979, Laboratoriet for konstruktionsteknik, afdeling for mekanisk teknologi, Danmarks tekniske Højskole.

Med konstruktionsøvelser i mere traditionel konstruktionsundervisning var/er der ofte tale om bundne tekniske opgaver, dvs. en konkretisering, der består i assimilering under et teknologisk princip.

Der er i denne form for konstruktionsøvelser tale om mere åbne problemer, hvor konkretiseringen mere består i assimilering under bestemte problemløsningsmodeller.

2.4.6 Teknologifag bestemt ud fra relation til erhvervspraksis samt ud fra eksterne ordningsprincipper

Nogle teknologifag henter styrende principper for deres konstituering fra teoretiske og praktiske områder, der er eksterne i forhold til pågældende fag. Der skal her til slut redegøres for to eksempler på helt forskellige typer af sådan konstitution.

Faget proceslære, som det er udviklet på Procesteknisk Institut af professor L. Alting og ingeniør Knud Thyboe Christensen (Alting & Christensen, 1974) er eksempel på en type af fag, der bevidst - af pædagogiske årsager - er planlagt på basis af en teoretisk struktur, der er ekstern i forhold til faget.

Faget omhandler bearbejdningsmetoder inden for jern- og metalindustrien. Og det er konstitueret på basis af en morfologisk struktur.

Undervisningen har til formål at bibringe en grundlæggende forståelse af principper ved bearbejdningsmetoder og kendskab til maskiners og værktøjers opbygning^{*)}. Der lægges vægt på, at de studerende skal kunne se muligheder for kombinationer af principper og dermed sammenhængen mellem forskellige metoder og tillige mulighederne for nye metoder. Undervisningen sigter mod såvel driftsmæssige som konstruktionsmæssige situationer i almen ingeniørpraksis.

En hovedstruktur i denne del af faget udgøres af en ordning af de "fundamentale" principper og elementer efter et morfologisk princip.

^{*)} På de almene kurser. Der udbydes derudover en række videregående kurser.

Analyseres bearbejdningsprocesser, kan disse beskrives - eller opbygges - af nogle få basale grundelementer. Ved at kombinere disse grundelementer fås alle kendte (og ukendte) processer frem.

Sådanne proceselementer kan bestå i såkaldte basisprocesser, der kan opdeles i mekaniske (plastisk deformation f.eks.), termiske (f.eks. hærkning) og kemiske (f.eks. metoder, der bygger på opløsning). Tillige forskellige former for bl.a. energi, materiale, bevægelsesmønstre og procestyper (dvs. om processen er massebevarende, masseformindskende, eller om den består i en form for samling). Kombineres forskellige muligheder inden for hver af disse grundelementer, fås en beskrivelse af princippet ved en kendt eller ukendt, realiseret eller ikke realiseret metode.

Undervisningen omfatter desuden kendskab til materialer, plasticitetslære og økonomisk kalkulation, der danner grundlag for vurdering af kombinationer af grundelementer.

Denne tilrettelæggelse af en del af undervisningen efter et morfologisk princip antages at medføre, at de studerende i højere grad koncentrerer sig om principper end om den specielle udformning af realiserede principper.

Det sidste eksempel, der skal behandles, er endnu ikke realiseret. Det drejer sig om den virkning reformen inden for byggetekniker-uddannelsen vil få på konstitueringen af faget bærende konstruktioner.

Ifølge undervisningsvejledningen *) skal undervisningen i samtlige fag i de to første semestre organiseres om henholdsvis hovedprojektering (1.semester) og forprojektering (2.semester). Disse faser af den samlede projektering indgår i en fasemodel SBI 88 (Karnov & Rasmussen, 1971) publiceret af Statens Byggeforskningsinstitut. Modellen omfatter følgende faser:

 *) Undervisningsvejledning for uddannelse af byggeteknikere. 1.semester. Hovedprojektering, marts 1979.

1. Byggeprogram
2. Dispositionsforslag
3. Projektforslag

I disse faser sammenfattes og koordineres klientens krav - den idemæssige hovedlinie i løsningen fastlægges, og detaljer fastlægges i et omfang, der gør det muligt for klienten at træffe beslutninger. Herefter kommer faserne:

4. Forprojekter, der indeholder et entydigt grundlag for hovedprojektet, og som kan danne grundlag for myndighedens behandling.
5. Hovedprojekt, der er det endelige projekt, som danner grundlag for afgivelse af tilbud, kontrahering og produktion.

I uddannelsesstrukturen er faserne altså byttet om, idet der startes med arbejdet med hovedprojektering.

Formålet med semestrets arbejde, dvs. med arbejde med hovedprojektering, er, at de studerende sættes i stand til at medvirke ved planlægning og kontrol af bygningers opførelse. Formålene for de enkelte fag er søgt tilpasset mere generelle formål.

I faget bærende konstruktioner er det normalt at starte med gennemgang af kræfter, reaktioner, momenter osv. virkende på simple bjælker under ideelle forhold. Man arbejder sig derudfra frem til beregningsmetoder for realistiske og dermed ofte komplicerede konstruktioner.

Problemet med at indpasse faget i den overordnede model efter reformen består i, at man må arbejde om ikke modsat så i hvert fald på tværs af den traditionelle struktur, når der skal startes med de emner, der er relevante i forbindelse med hovedprojektering.

LITTERATUR

- ALTING, L.: Grundlæggende mekanisk teknologi. Almen proceslære I. Kbh., Akademisk forlag, 1974.
- ALTING, L. & A. THYBOE CHRISTENSEN: General process technology. In: International Journal of Mechanical Engineering Education. Vol. 4, No. 2, 1976.
- JAKOBSEN, A.: Samfundsfaglig undervisning i forbindelse med videregående tekniske uddannelser: Analyse og kategorisering af formål og dannelsesopfattelser. I: Dansk pædagogisk tidskrift, 4, 1978.
- JENSEN, H. ELBRØND: Studiestartproblemer. I: Nordisk matematisk tidsskrift. Hft. 2, 1976.
- KARNOV, H. H. & A. DALGAS RASMUSSEN: Bygningsplanlægning. Systematik og samarbejde. SBI-anvisning, 88, 1971.
- KUHN, T. S.: Videnskabens revolutioner (dansk oversættelse). Kbh., Fremad, 1973.
- KØBENHAVNS TEKNIKUM: Rapport om Basisgruppeprojektet. 1977.
- LØVLIE, L.: "Evaluering som metateoretisk problem". I: Kallós, D. (red.): Utvärdering av universitet. (Nordisk Utredningsserie, 20/74).
- POLANYI, M.: Personal knowledge. London, Routledge & Kegan Paul, 1973.
- REISBY, K.: Undervisningens indhold, udvælgelse og sekvensering. I: G. Handal m.fl. (red.): Universitetsundervisning. Kbh., Akademisk forlag, 1973.
- SEL: "Rapport over delundersøgelse i forbindelse med projektet: Grundlag for fagdidaktiske analyser inden for erhvervsuddannelser (øvelser, opgaver og projekter i en ingeniøruddannelse)". Kbh., 1979.
- SEL: "Rapport over første del af projektet: Grundlag for fagdidaktiske analyser inden for erhvervsuddannelser" Kbh., 1977.
- SKOVSMOSE, O.: Nogle principper i matematikkens didaktik. Artikel udarb. som led i projektet: Grundlag for fagdidaktiske analyser inden for erhvervsuddannelser. Kbh., SEL, 1979.
- STAHL, H. & E. TJALVE: Konstruktionsteknisk problemløsning. Lab. f. konstruktionsteknik, Afd. f. mekanisk teknologi, DTH, 1979.

SØRENSEN, J. HOUMAN: Kvalifikationsforskning og uddannelsespolitik. (Arbejdsrapporter om kvalifikationsteori og -analyser, 4). SEL, 1979.

TARP, A.: Matematiske vækstmodeller. GMT forlag, 1974.

WINTHER, O.: Projectorganization within single subjects. København Teknikum, 1977.

WOLDBYE, F. I: Forskningen og Samfundet, dec. 1975, s. 13.

OM FAG, FAGKONSTITUERING OG TVÆRFAGLIGHED

OM FAG, FAGKONSTITUERING OG TVÆRFAGLIGHED

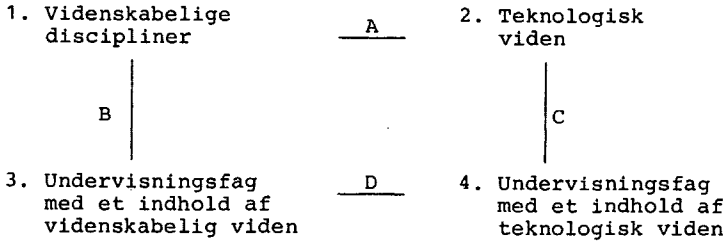
1. Fag - Undervisningsfag

Ved et undervisningsfag vil jeg i første omgang forstå en bestemt "mængde" viden og/eller færdigheder, ordnet med en bestemt indre sammenhæng - struktur - og med bestemte grænser og relationer til andre vidensområder.

Undervisningsfag eksisterer i tilknytning til bestemte uddannelser. Et undervisningsfag er således den bestemte viden og/eller det sæt af færdigheder med den bestemte struktur, der indgår i en specifik uddannelse. Strengt taget medfører denne bestemmelse, at et undervisningsfag er knyttet til den enkelte lærers undervisning i en uddannelsessammenhæng i et specifikt år/semester. En så koncis brug af begrebet vil dog sjældent være praktisk. Hvor restriktivt man i praksis vil benytte begrebet, må afhænge af omstændighederne.

Undervisningsfag er konstitueret bl.a. på basis af et vidensområde - et (eller flere) basisfag. Der kan f.eks. være tale om et undervisningsfag med et indhold af videnskabelig viden. Denne viden vil da være hentet fra en eller flere videnskabelige discipliner, som udgør det pågældende basisfag. Vi skal se nærmere på de relationer, der hersker mellem basisfag og undervisningsfag, men først skal vi se på nogle omstændigheder, der komplicerer forholdene. Det gælder for det første det forhold, at vidensteoretiske problemer er tilknyttet såvel produktion af viden som anvendelse af viden. For det andet, hvad der især komplicerer forholdene indenfor erhvervsuddannelser, at der her både findes undervisningsfag, der baserer sig på teknologi og/eller håndværksmæssig viden og færdigheder og på videnskabelige discipliner. Samt at man for at forstå disse fag (dvs. deres indhold, struktur og afgrænsning) må se på relationerne såvel mellem basisfagene og undervisningsfagene som

mellem disse indbyrdes. Disse forskellige kategorier af fag og relationerne imellem dem kan illustreres som vist i figur 1.



Figur 1. Kategorier af fag. Ved "undervisningsfag" under kategori 4 forstås også "fagområder" i de tilfælde hvor undervisningen er tværfaglig, se side 71 ff.

De lodrette streger repræsenterer her basisfag - undervisningsfags relationer (B,C), medens de vandrette streger repræsenterer relationer mellem (grund)videnskab og teknologi (A,D).

2. Abstraktion, Generalisering, Idealisation

Et udgangspunkt for arbejds papiret har været en bestemmelse af begrebet undervisningsfag, særlig de arter af fag, som findes i teknisk-naturvidenskabelige erhvervsuddannelser. Men for at gøre det må vi bestemme en del begreber som abstrakt og generel teori, fagkonstituering m.v. og - som det ses - forskellige betydninger af fag og forskellige relationer mellem kategorier af fag.

Det er således nødvendigt, før en bestemmelse af fagkategorier kan finde sted, at bestemme begreberne abstraktion, generalisering og idealisation, som i øvrigt udgør væsentlige - omend ofte implicitte - dimensioner i mange didaktiske problemer og teorier. F.eks. er begreberne generalisering og idealisation særlig centrale i forbindelse med videnskabscentreret læseplansteori og eksemplariske principper, ligesom abstraktion er det i forbindelse med studiestartsproblemer m.v.

Ved abstraktion vil jeg forstå en transformation af et begreb, en proces eller et objekt, der indebærer en eliminering af træk eller aspekter.

S. Andur Pedersen^{*)} anfører to former for abstraktion, nemlig 1) transformation fra et materielt forekommende objekt/fænomen til et conceptuelt, og 2) selektion af træk ved et fænomen.

^{*)} Upubliceret materiale.

Ved generalisering vil jeg forstå en sådan transformation af et begreb eller en lovmæssighed, at det eller den kan omfatte en større gruppe fænomener, processer eller objekter end det/den oprindeligt var bestemt til. Generaliseringen vil - foruden transformation af begreb/lovmæssighed - tillige omfatte en abstraktion dels af de objekter, processer og begreber, der allerede var omfattet af begrebet/lovmæssigheden, dels af dem som inkluderes ved generaliseringen.

Det er hævdet, at man ikke kan tale om abstraktionsniveauer, men nok om generaliseringsniveauer. Efter den her foretagne bestemmelse kan man imidlertid tale om højere generaliseringsniveau, jo større grupper af objekter, begreber og processer, begrebet/lovmæssigheden bringes til at omfatte *). Men det giver tillige mening at tale om abstraktion af objekter, begreber og processer til de samme niveauer, her i den betydning, at flere og flere træk og aspekter elimineres, og det forekommer rimeligt at kunne klassificere typer af sådanne træk/aspekter efter niveau.

Begreberne kan f.eks. illustreres udfra faget kemiske enhedsoperationer **). Dette fag, der indgår i fagområdet kemisk teknologi udgør et led i en udvikling af fagområdet, der tidligere har omfattet beskrivelse af en lang række processer og apparaturer anvendt inden for forskellige grene af den kemiske industri.

Faget omfatter nu en gennemgang af operationer som destillation, inddampning, sedimentation, filtrering m.fl. - de såkaldte enhedsoperationer.

*) Dette svarer til bestemmelsen i H.G. Alexander: Language and Thinking. Princeton. New Jersey, 1967.

**) Fremstillingen bygger på samtaler med lærere på Danmarks Ingeniørakademis Kemiafdeling samt på materialer herfra. Desuden på den her benyttede lærebog: L. Alfred Hansen og P. Søltoft: Kemiske Enhedsoperationer, Kbh. 1971, samt den tidligere benyttede, P.E. Raaschou: Forelæsninger over almen teknisk kemi. Kbh. 1949.

Disse behandles såvel kvalitativt som kvantitativt, idet faget indeholder grundlaget for beregninger, der kan indgå i en dimensionering af det apparatur, enhedsoperationerne forudsætter.

I en videreudvikling af faget behandles de såkaldte "transportprocesser", ved hvilke enhedsoperationerne opfattes som transport af impuls, varme og stof. Ved den matematiske og fysiske beskrivelse af disse transportprocesser afdækkes en vidtgående analogi mellem dem, som gør en samlet behandling mulig.

Den skitserede udvikling indebærer såvel abstraktion som generalisering^{*)}. De omtalte processer transformeres fra en beskrivelse af materielt forekommende til begrebsmæssige foreteelser og yderligere ved eliminering af en række træk og aspekter, der tilhører de i praksis forekommende processer (abstraktion af begge typer). Samtidig bliver behandlingen heraf i form af begreber og teori mere generel, dvs. begreber og teori kommer til at omfatte flere processer og objekter.

Ved idealisation vil jeg forstå en transformation af et begreb, en proces eller et objekt, som eliminerer henholdsvis tillægger træk eller aspekter og derved gør det tilgængeligt for en hensigtsmæssig teoretisk behandling.

Den uendeligt lange, tabsfri spole kan tjene som eksempel. Der er ved denne konstruktion ikke blot elimineret træk fra en real spole; der er tillagt aspekter - uendeligheden - som sikrer, at det elektriske felt, som spolen frembringer, meget let lader sig bestemme matematisk.

*) De pædagogiske fordele udviklingen indebærer, skal ikke omtales her. Udviklingen har i øvrigt træk tilfælles med udviklingen inden for flere andre tekniske fag, se Arne Jakobsen: Grundlæggende forhold i en fagdidaktisk analyse.
Herudover muliggøres f.eks. beregning af stofoverføringskoefficienter ud fra kendte (målte eller beregnede) varmeoverføringskoefficienter eller omvendt. Dette finder praktisk anvendelse ved løsning af industrielle konstruktionsopgaver.

Idealisation indebærer ofte abstraktion og er mange gange svær at skelne herfra. Men de benyttede eksempler kan belyse forskellen. Der ses i eksemplet med enhedsoperationen bort fra nogle træk/aspekter. Men de tiloversblevne aspekter af processer og objekter ændres ikke herudover. Disse er reale efter abstraktionen (bortset fra, at de ikke kan eksistere isoleret). Ved idealisation kan de tiloversblevne aspekter tillige ændres som det er tilfældet med den uendeligt lange, tabsfri spole.

3. Praksisnærhed - Laboratoriepraksis

Medens det er almindeligt accepteret, at modsætningerne til abstrakt og generel udgøres af begreberne konkret og specifik, vil jeg her bestemme "praksisnær" som modsætningen til idealiseret.

Praksisnærhed for en proces eller et objekt er således afhængig af de transformationer, fortolkninger og forholdsregler, der adskiller begrebet, processen eller objektet fra benyttelse i praksis.

Der kan være tale om en transformation af et idealiseret begreb, f.eks. den uendeligt lange spole til en real ækvivalens: den endeligt lange spole med tab og udsat for forstyrrelser fra omverdenen, f.eks. i form af forstyrrelser af felter hidrørende fra jerngenstande i nærheden.

Men adskillelsen kan dække over mere end det. F.eks. kan der ved anvendelsen af Hooke's lov (der angiver sammenhængen mellem ideal konstant belastning og forlængelse af ideale stålprøvelegemer) i praksis være tale om sikkerhedskvotienter, erfaringsmæssige tillæg for at kompensere for kærsvirksomheder og for at belastningen ikke er konstant m.v.

I forbindelse med praksisnærhed står begrebet "laboratorievirkelighed". Det dækker over en form for uautentisk virkelighed, som ofte præsenteres i uddannelser, dvs. en virkelighed der stadig med hensyn til nogle aspekter er idealiseret. Det kan være på rent tekniske områder, hvor man ser bort fra sådanne forstyrrelser fra omverdenen, som netop i ingeniørmæssig praksis kan være afgørende. Eller det kan være med hensyn til politiske, værdimæssige og samfundsmæssige aspekter ved en "virkelighed", hvor man i uddannelse kun meget sjældent når ud over laboratorievirkelighed.

4. Kategorier af teknologisk og naturvidenskabelig viden

I dette og det følgende afsnit gives der en nærmere bestemmelse af de betydninger af "fag", der i figur 1 på side 46 er angivet som 1) og 2).

Medens der foreligger en ganske omfattende debat og litteratur om videnskabers og specielt naturvidenskabers teoretiske status, er de forsøg på en bestemmelse af teknologi, der i dag ses publiceret, meget spredte *).

Jeg vil ikke her referere sådanne forsøg, men i stedet gøre rede for nogle ansatser til en vidensteoretisk teknologiteori, især med henblik på at forklare forholdet mellem naturvidenskab og teknologi. Jeg opfatter ikke disse typer af fag (1 og 2 i figur 1) som to klart adskilte vidensområder med en veldefineret indbyrdes relation. I dette afsnit vil jeg foretage en kategorisering af naturvidenskabelig og teknologisk viden, hvoraf det vil fremgå, at der er tale om mange arter af viden (og vidensproduktion), hvoraf nogle klart tilhører kategorien grundvidenskab, andre klart kategorien teknologi, mens andre igen har et mindre klart tilhørsforhold **).

*) Det gælder både behandling af teknologi som en sociologisk-økonomisk faktor - som produktivkraft, og som et antropologisk fænomen, og det gælder, hvad der her er centralt, vidensteoretiske behandlinger af teknologi.

**) Den vist udbredte opfattelse - at teknologi blot er et biprodukt af videnskab - medfører antagelig, at forhold som de her anførte overses, og derved legitimeres en behandling af teknologi som værdineutral, bl.a. ved at andre end rent tekniske aspekter udelukkes.

Jeg skal starte med den videnskabelige viden og her blot referere den kategorisering T.S. Kuhn*) har foretaget: Kuhn foretager en overordnet opdeling af videnskab i revolutionær videnskab og normal videnskab.

Den revolutionære videnskab består i en særlig forskningsindsats, der er i stand til at forkaste det eksisterende mønster for videnskabelig erkendelse (paradigme) og etablere et nyt mønster.

Ved det normalvidenskabelige arbejde, der følger et paradigmes etablering, "udfyldes" paradigmet, og den videnskabelige viden bringes i overensstemmelse hermed.

Yderligere opdeler han normalvidenskab, dels i dataindsamlende arbejde og teoretisk arbejde, dels i tre kategorier:

- arbejde, der forøger omfang og nøjagtighed af vor viden om sådanne kendsgerninger, som ifølge pågældende videnskabs paradigme er særligt centrale,
- arbejde, der går ud på at påvise overensstemmelse mellem paradigme og natur,
- arbejde, der "artikulerer" paradigmet ved at fastlægge konstanter og kvantitative lovmæssigheder og ved at anvende paradigmet på nye områder.

Dette giver 6 kategorier af normalvidenskabelig viden.

Kuhn nævner derudover en kategori af teoretisk arbejde, der falder lidt udenfor videnskabeligt arbejde, nemlig arbejde, som består i at forudsige faktiske oplysninger af selvstændig (praktisk) værdi.

Der er således tale om revolutionær videnskab samt 7 kategorier af normalvidenskabelig viden, hvoraf den sidstnævnte kategori tillige kan henregnes til teknologi. Jeg skal herudover

 *) T.S. Kuhn: Videnskabens revolutioner (dansk oversættelse). Kbh. 1973.

anføre en række kategorier af teknologisk viden, som næppe er udtømmende, men som må ses som et første bud på en kategorisering.

En kategori af teknologisk viden udgøres af målinger indenfor områder, for hvilke der ikke er fundet en fyldestgørende teori (kategori 9). De målinger der omkring 1930 blev foretaget af J. Nikuraðse vedrørende en stor mængde rør med forskellig indvendig ruhed "sandruhed", og som siden har udgjort basis for vekslende beregningsgrundlag inden for hydrodynamikken, kan tjene som eksempel.

En anden kategori (kategori 10) består i tilpasning af grundvidenskabelig viden til behandling af praktiske problemer. Eulers pumpe ligning kan tjene som eksempel herpå. Udfra en rent fysisk udledning af pumpens effekt under idealiserede forhold - "pumpens teoretiske hovedligning" - udledes den "virkelige hovedligning", der tager hensyn til afvigelser fra de idealiserede forhold (bl.a. godstykkelse, modstand og friktion).

I nogle tilfælde er den teoretiske behandling så omfattende i forhold til det (normal)videnskabelige grundlag, at jeg vil henregne den til en selvstændig kategori (kategori 11). F.eks. er statikken klart udviklet på baggrund af dele af fysikken (mekanik), men den indeholder i sin nuværende form såvel egne grundlæggende antagelser som selvstændige (og indbyrdes konkurrerende) teorier. Dette forhold gør, at dette vidensområde tilhører en anden kategori end grundvidenskabelig viden tilpasset praktiske problemer.

Herudover skal anføres fire kategorier, hvis tilknytning til videnskabelig forskning er meget svag.

Det drejer sig for det første om udvikling, kategorisering og ordning af processer og maskineri på basis af praktiske erfaringer (kategori 12). I faget anlægsteknik^{*)} sammenholdes data

*) Dette refererer til en tidlig udgave af faget på Institut for anlægsteknik, DtH, som det fremgår af fx Aage Jespersen m.fl.: Materiel og udførelsesmetoder. Polytekn. Forlag. Kbh. 1976.

vedrørende forskelligt anlægsmateriel og forskellig arbejdspladsindretning med hensyn til type, virkemåde, ydeevne, økonomi osv. Og den herved fundne viden udgør en del af fagets indhold.

For det andet drejer det sig om "systemisk teori", dvs. metoder - ofte baseret på logiske, eventuelt matematiske, systematiseringer - af forskellige typer af problemløsning (kategori 13), "Værdianalyse", konstruktionsmetodik i nogle udgaver, planlægningsmetoder, f.eks. som det fremtræder i Statens Byggeforskningsinstituts projekteringsmodel, SBI-anvisning 88, og forskellige anvendelser af operationsanalyse hører til denne kategori.

For det tredje drejer det sig om udvikling af normer og standarder (kategori 14), f.eks. sådant arbejde, der udføres af Dansk Standardiseringsråd samt specielt inden for bygge- og anlægsområdet af Statens Byggeforskningsinstitut og centret for Byggeriets Planlægningssystem m.fl.

For det fjerde drejer det sig om håndregler og ren håndværksmæssig viden eller færdighed (kategori 15). Det kan være kendskab til praktisk konstruktionsudformning eller færdighed i betjening af laboratorieudstyr eller maskineri.

5. Teknologi - Naturvidenskab

Inden for den foreliggende teknologiteori af vidensteoretisk art har især spørgsmålet om teknologiens relation til naturvidenskab været genstand for interesse. Det gælder såvel forskellene mellem disse vidensarter som deres indbyrdes relation.

Sådanne relationer til naturvidenskabelig viden ses at være meget forskellige for de forskellige kategorier af teknologisk viden.

I nogle tilfælde består relationen i, at den teknologiske viden udgør en tilpasning af naturvidenskabelig viden (kategorierne 10 og 11), i andre tilfælde er den teknologiske viden resultatet af målinger, der træder i stedet for naturvidenskabelig viden (kategori 9), og i en del tilfælde findes der ingen eller kun meget indirekte relationer.

For en nærmere undersøgelse af relationen mellem naturvidenskabelig og teknologisk viden må man se på forskellige niveauer af teori, afhængig af, hvor omfattende teorielementer der undersøges. Jeg vil her behandle relationen ud fra

Niveau I : Begrænsede videnselementer i form af lovmæssigheder og singulære angivelser af sammenhæng.

Niveau II : Den sammenhæng, i hvilken lovmæssigheden indgår, dvs. enkelte teorier, eller den viden, der knytter sig til behandling af et problem.

Niveau III: Fag eller discipliner, dvs. strukturerede, afgrænsede områder.

Disse niveauer angiver tillige tre former for, eller betydninger af, begrebet struktur.

På niveau I kan nogle aspekter af en sondring mellem på den ene side grundvidenskab og på den anden side teknologi og hånd-

værksmæssig viden iagttages. Det sker ud fra den begrundelse, der gælder ved produktionen af disse arter af viden. Ved begrundelse af viden kan der lægges vægt på overholdelse af verifikationsregler og indre konsistens. En sådan begrundelse karakteriserer videnskabelig produktion. På den anden side kan begrundelse bestå i praktisk gyldighed, f.eks. en høj grad af sandsynlighed for praktisk hensigtsmæssighed eller effektivitet. Denne form for begrundelse karakteriserer såvel håndregler (håndværk) som mange af de former for angivelse af relationer og regler, der udgør teknologisk viden^{*)}.

Herudover kan begrundelsen være mere eller mindre explicit. I forbindelse med håndværksmæssig viden er begrundelsen ikke formuleret, og der er ingen interesse for at formulere den^{**)}. I forbindelse med videnskabelig viden er der derimod en stor interesse for angivelse af grænser for det gyldighedsområde, begrundelsen dækker.

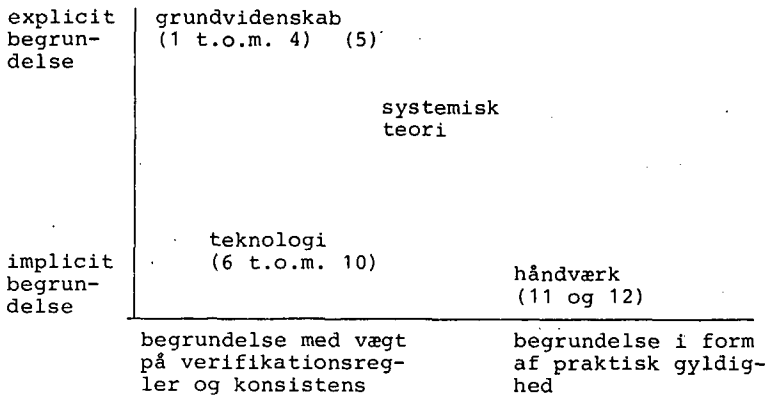
Sammenhængen mellem arter af begrundelse og arter af viden er illustreret i figur 2, hvor forskellige kategorier af teknologi er placeret meget spredt inden for et stort område.

Begrundelsen i forbindelse med teknologisk viden består i høj grad i praktisk gyldighed. Det er tillige karakteristisk, at grænserne for den teknologiske videns gyldighedsområde ofte er uklare^{***)}.

^{*)} Det ligger i forlængelse heraf, at en teknologisk teori kan være brugbar og anses for værdifuld, selvom den i videnskabelig forstand er falsk.

^{**)} Når interessen opstår, sker det ofte som led i, at den pågældende håndværksmæssige viden udvikles til teknologisk viden.

^{***)} Dette forhold har antagelig stor praktisk betydning. F.eks. synes usikkerhed med hensyn til hvor langt teknologisk viden har (praktisk) gyldighed at være et alvorligt problem i forbindelse med anvendelse af byggematerialer/byggevarer - et område, hvor udviklingen har været meget hurtig. En nærmere analyse af dette område, som forudsætter analyse af disse teknologiers teoretiske status, er under forberedelse.



Figur 2. Placering af kategorier af teknologi, set ud fra arter af begrundelse og af viden.

Den sammenhæng, i hvilken lovmæssighederne indgår, er imidlertid tillige af betydning. Kun ved at betragte sammenhæng bliver det muligt at afgøre et vigtigt træk til karakterisering af grundvidenskab over for teknologi, nemlig den måde videnselementer er organiseret på.

Vi vil her skelne mellem to former for sammenhæng: For det første enkelte teorier eller den bestemte viden, der knytter sig til behandling af et bestemt problem (idet teknologisk viden ofte ikke har form af egentlige teorier), niveau II. For det andet discipliner eller fag, niveau III.

Ved videnskabeligt arbejde består problembehandlingen ifølge Kuhn i enten paradigmeændrende arbejde eller normalvidenskabeligt arbejde. I begge tilfælde er organiseringen af viden - såvel organiseringen af teorier som af fag - bestemt af paradigmet eller af brydningen mellem paradigmer og dermed af hensyn til verifikationsregler og konsistens.

Inden for teknologi er viden organiseret med henblik på løsning af praktiske problemer. Det gælder oplagt for de kategorier af

teknologisk viden, der ligger fjernest fra naturvidenskab, dvs. kategorisering og ordning af praktiske erfaringer (kategori 12) samt udarbejdelse af normer og standarder (kategori 14).

Den systemiske teori (kategori 13) består direkte i organiseringsstrukturer udviklet som metoder til problemløsning.

Kategorierne 10 og 11 består i mere eller mindre omfattende tilpasninger af grundvidenskabelig viden; denne tilpasning består imidlertid netop i 1) at elementer af videnskabelig viden vælges og ordnes med henblik på løsning af en type af problemer, og 2) at videnskabelig viden forkastes og erstattes med elementer af teknologisk viden eller blot "afkortes"*) ud fra hensyn til en effektiv problembehandling.

Det karakteristiske på dette niveau (niveau II: enkelte teorier eller viden knyttet til enkelte problemer) er altså for teknologiens vedkommende en underordning i forhold til den problemløsning, som organiseringen indebærer.

Såvel på dette niveau som på fagniveau betyder denne organisering et meget heterogent indhold af viden. Man kan således finde viden tilhørende mange af de her nævnte kategorier inden for samme fag**). Problemerne skal løses, og den form for viden der foreligger, bliver anvendt og indgår i teknologien.

*) Ved afkortning forstås det forhold, at man ser bort fra de dele af teori, som er vanskelige at arbejde med i praksis og som man erfaringsmæssigt ved man kan klare sig uden. Afkortningen kan bestå i, at man forenkler teoretiske metoder eller i at man forenkler den virkelighed man arbejder med. Ofte kompenserer man for forenklingen ved at indføre sikkerhedskoefficienter.

**) Se dette skrifs første arbejdsrapport: Grundlæggende forhold i en fagdidaktisk analyse.

På fagniveau betyder det desuden, at struktur og afgrænsning er usikker og varierende. Teknologifags struktur og afgrænsning bestemmes af, hvor omfattende problemområder man vælger at arbejde med. Og dette vil bl.a. afhænge af organisatoriske forhold ved institutioner som læreanstalters institutter, teknologiske institutter, ATV-institutter m.v.

Ved en videnskabs struktur forstås ofte det system af antagelser, opfattelser og forpligtelser, som sikrer den bestemte form for begrundelse, der karakteriserer en disciplin. Kuhn's paradigmebegreb (i betydningen faglig matrix) er et udtryk for en sådan opfattelse af begrebet struktur.

En anden betydning af begrebet struktur betegner den organisering af viden, der kendetegner videnskabelige teorier eller som foretages med henblik på løsning af problemer.

Indenfor videnskab er den førstnævnte betydning, der er knyttet til niveau I, den primære. Betydningen: Den organisering af viden, der karakteriserer teorier, er underordnet denne.

Indenfor teknologi forholder det sig modsat: Den betydning af struktur, der består i en organisering af viden med henblik på problemløsning - og som er knyttet til niveau II - er den primære. Forhold omkring begrundelse, som her hviler på praktisk gyldighed, er underordnet.

Endnu en betydning af begrebet struktur er knyttet til niveau III: Fag eller discipliner (i figur 1: 1) eller 2) og altså ikke undervisningsfag^{*)}). Strukturen udgøres her af relationer mellem dele af faget. Det er her karakteristisk, at det indenfor teknologifag drejer sig om relationer mellem meget forskelligartede kategorier af viden, forskelligartede bl.a. med hensyn til art af begrundelse. Indenfor videnskabelige discipliner vil strukturen netop tjene til at gøre begrundelsen mere ensartet og disciplinen mere konsistent.

 *) For en behandling af undervisningsfags struktur se side 25-27 i dette skrift.

Det første skridt ved etablering af en vidensteoretisk teknologiteori består således af en analyse af de ret forskellige kategorier af viden, som teknologi omfatter^{*)}. Disse er bl.a. karakteriseret overfor et allerede eksisterende kategoriskema for naturvidenskab. De afgørende sondringer mellem naturvidenskab og teknologien ligger ifølge dette forsøg på afklaring i den form for begrundelse og den organisering af videnselementer, der kendetegner disse vidensområder.

skab og teknologien ligger ifølge dette forsøg på afklaring i den form for begrundelse og den organisering af videnselementer, der kendetegner disse vidensområder.

Udfra dette er det muligt at forklare en række forhold vedrørende teknologien, hvoraf nogle allerede er nævnt. Det gælder:

- at det ofte er vanskeligt at afgøre grænserne for en teknologisk metodes gyldighed,
- at teknologifags afgrænsning ofte er meget usikker,
- at teknologiske teoriers genstand ofte er mindre idealiseret end videnskabelige teoriers, og i forbindelse hermed,
- at teknologi er helhedsrationel, idet den retter sig imod problemer i deres helhed, medens videnskab er delrationel, idet den retter sig mod enkelte isolerede aspekter,
- endelig, at videnskaben undertiden udgør en generalisering af teknologi, men at relationen i andre tilfælde er meget indirekte.

^{*)} Den videre etablering forudsætter analyse af udviklingen over et vist tidsrum inden for disse kategorier. Uden en sådan analyse vil en nærmere afklaring bl.a. af forholdet mellem naturvidenskab og teknologi - af videnskabeliggørelse af teknologi m.v. - ikke kunne nås.

6. Basisfag - Undervisningsfag

Vi har hidtil beskæftiget os med basisfagene 1) og 2) og med relationen A mellem basisfagene (fig. 1, side 46), men skal nu vende os mod relationen: Basisfag - undervisningsfag, i første omgang relationen B (mellem videnskabelige discipliner og undervisningsfag med et indhold af videnskabelig viden).

Der er i forskellige uddannelser undervisningsfag, der på en meget direkte måde fremstiller de videnskabelige discipliner, der udgør deres basisfag. Og der er retninger indenfor didaktikken, ifølge hvilken dette bør tilstræbes.

Indenfor den videnskabscentrerede læseplanstækning^{*)} har disse synspunkter været fremherskende. Phenix's og J.J. Schwab's analyser af de videnskabelige fags værdi som uddannelsesindhold og J. Bruners og D.P. Ausubel's pædagogisk-psykologiske teorier om indlæring, struktur og transfer kan illustrere disse hensyn.

Imidlertid implicerer en af hovedpointerne i Kuhn's - og desuden i Michael Polanyi's - videnskabsteori, at en for vidtgående sondring mellem basisfag og undervisningsfag ikke er holdbar. Det drejer sig for Kuhn's vedkommende (som jeg her vil holde mig til)^{**)} om den betydning af paradigmebegrebet, der udgøres af "forbilleder" eller "eksemplarer". Herved forstås:

^{*)} Se f.eks.

J.J. Schwab: The structure of the natural sciences. G.W. Ford & L. Pugno: The structure of knowledge and the curriculum. Chicago 1964.

Ph.H. Phenix: The disciplines as curriculum content. H.A. Passow: Curriculum crossroads. N.Y. 1962.

J.D. Bruner: Uddannelsesprocessen (dansk oversættelse). Kbh. 1970.

D.P. Ausubel: Some psychological aspects of the structure of knowledge.

S. Elam: Education and the structure of knowledge. Chicago 1964.

^{**)} For Polanyi's vedkommende drejer det sig om begrebet "tacit knowledge", der har samme rolle som Kuhn's eksemplar-begreb, omend de pædagogiske aspekter er mindre behandlede hos Polanyi, se M. Polanyi: Personal Knowledge. London 1973.

"for det første de konkrete problemløsninger, som studenter møder fra begyndelsen af deres videnskabelige uddannelse, i laboratorier, ved eksaminer eller i slutningen af kapitler i videnskabelige lærebøger. Til disse fælles eksempler må man imidlertid føje i det mindste nogle af de tekniske problemløsninger, som findes i de tidsskrifter, videnskabsmænd støder på i deres forskerkarriere efter uddannelsen, og som ofte ved eksemplets hjælp viser dem, hvorledes deres arbejde skal udføres". (T.S. Kuhn: Videnskabens revolutioner, side 192 ff.)

Der ligger i dette begreb, at en central del af videnskaberne udgøres af dele af den pædagogiske proces. Denne del - eksemplarerne - tilhører derved både kategorien basisfag og kategorien undervisningsfag (eller rettere kategorien uddannelse).

Man kan diskutere, hvorvidt paradigmebegrebet har samme rolle og betydning indenfor teknologi som indenfor videnskab. Men uanset dette forekommer eksemplar-begrebet vigtigt. Der er måske ikke i så høj grad tale om, at bestemte konkrete problemløsninger udgør fællesgods for ingeniører. De konkrete udformninger varierer. Men der er i høj grad tale om, at man i uddannelsen møder "eksemplarer", f.eks. behandlingen af fysiske foreteelser som friktion, udveksling (i en maskiningeniøruddannelse) som konkrete problemer ved konstruktion/beregning af koblinger, gear m.v. Endda med de konstruktions-detailløsninger - som f.eks. godstykkelse i ikke-belastede dele af støbte konstruktioner - som vel stadig kun kan læres på denne måde. Det skal imidlertid bemærkes, at i hvert fald nogle eksemplarer indenfor teknologi vedrører anvendelse af viden og ikke som ved videnskaber, produktion af viden.

Når der således tales om hensyn til fremstilling af basisfag ved konstituering af et undervisningsfag, må det tages med det forbehold, at en del af basisfaget på en meget direkte måde indgår i konstitueringen.

Følges den videnskabscentrerede læseplansteori, bliver indhold, afgrænsning og struktur i overvejende grad bestemt af hensyn til fremstilling af basisfaget foruden af hensyn til formidlingen.

Der ligger imidlertid bag hensynet til fremstilling af et basisfag en mere eller mindre bevidst og tydelig forestilling om

kvalificering^{*)}. Der er i de forskellige erhvervsuddannelser fag, ved hvis konstitution fremstilling af basisfaget har været fremherkende. Det gælder især grundfag og visse typer samfundsfag og humanistiske fag. Men de dominerende fag i disse uddannelser er teknologi- og/eller håndværksfag, og det almindelige er, at hensyn til kvalificering spiller en afgørende rolle.

Hensyn til formidling omfatter både psykologiske og uddannelsesorganisatoriske forhold. Det omfatter bl.a. forhold, der vedrører den måde, hvorpå undervisningsfag med et indhold af teknologividen og undervisningsfag med et indhold af naturvidenskabelig viden - relation D i figur 1 - er organiseret i forhold til hinanden i uddannelsen.

*) I sider af den amerikanske videnskabscentrerede læseplanstanknings tilblivelse er kvalifikationshensyn på "makro"-plan tydeligt. Det gælder om at (re)kvalificere den amerikanske befolkning med henblik på det videnskabelige-teknologiske kapløb.

7. Fagkonstituering - Fagdidaktik

I alle uddannelser dannes nye undervisningsfag, og eksisterende undervisningsfag ændres. Der sker herved en fortløbende konstituering af undervisningsfag, ved hvilken fagenes indhold af viden eller færdighed, såvel som deres struktur og afgrænsning, bestemmes. Styrende for denne proces er hensyn til fremstilling af basisfag, hensyn til kvalificering og hensyn til formidling (se figur 3). Disse hensyn kan så igen være - men er langt fra altid - udmøntet i bestemte didaktiske principper. Et didaktisk princip er således en explicit eller implicit udtrykt forskrift eller overvejelse over indholdsbestemmelse, strukturering og/eller afgrænsning af undervisningsfag^{*)}.

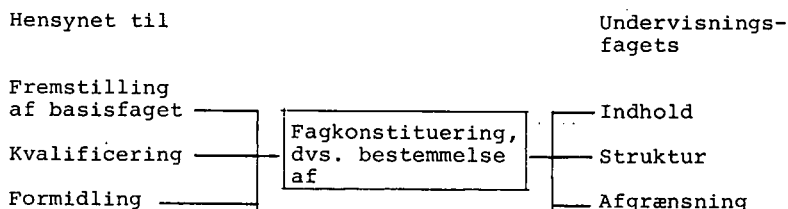


Fig. 3. Fagkonstituering.

*) Der kan være tale om strukturelle principper, f.eks. den omtalte "videnskabscentrerede læseplansteori", eller der kan være tale om genetiske, pragmatiske eller eksemplariske principper. En fremstilling af sådanne principper findes i O. Skovsmose: Nogle principper i matematikkens didaktik. Artikel udarbejdet som led i projektet: Grundlag for fagdidaktiske analyser inden for erhvervsuddannelser. Statens Erhvervspædagogiske Læreruddannelse, april 1979.

I de overvejelser, der er afgørende for fagkonstitueringen, er de tidligere omtalte forhold vedrørende generalisering, idealisation, praksisnærhed og laboratoriepraksis centrale. Når f.eks. hensyn til basisfag tilsiger en høj grad af idealisation af begreber og objekter i indholdet, kan hensyn såvel til kvalificering som til formidling gøre det nødvendigt at overveje, hvorledes en relation til praksis opnås.

Mange didaktiske principper er udformet udfra et ønske om et højt generaliseringsniveau i indholdet, der gør den viden undervisningen giver mere bredt anvendelig og sikrer mod hurtig forældelse. De didaktiske principper kan da udgøre overvejelser over, hvorledes undervisningen samtidig gøres konkret og forståelig.

I mange tilfælde har ønsket om konkretisering af teori og om at vise teoriens anvendelse ført til det jeg tidligere har benævnt "laboratoriepraksis" - en postuleret praksis, der mangler væsentlige aspekter i at være autentisk. Dette forhold har så igen medført didaktiske overvejelser over, hvorledes en relation mellem teori og en autentisk praksis kan etableres.

Fagdidaktikken omfatter de teorier, der forklarer fagkonstitueringen (eller dele heraf), og et væsentligt element i fagdidaktiske analyser er analyser af fagkonstitueringsprocessen. Fagdidaktiske analyser må i overensstemmelse med de tre elementer, der indgår i styring af fagkonstitueringen, omfatte en vidensteoretisk (eller vidensteoretisk) komponent, en kvalifikationsteoretisk komponent og en formidlingsteoretisk komponent.

Vi kan endelig bestemme et undervisningsfag som den fagkonstitution, der på et givet tidspunkt er resultatet af en fagkonstitueringsproces. Et undervisningsfag udgør således et stadium i en fortsat konstituering.

Den viden, der indgår i de basisfagskategorier, der hidtil er behandlet, kan således indgå i undervisningsfag i en ny sammenhæng, dvs. sammen med helt andre kategorier af viden og med en ny struktur og afgrænsning.

Jeg har i det første arbejdsrapport beskrevet træk ved fagkonstitueringsprocessen samt forskellige typer fagkonstitution og skal her blot resumere,

- at jeg ved struktur forstår den orden, der skabes af relationerne mellem forskellige dele af et fags indhold,
- at såvel undervisningsfagets indhold, afgrænsning og struktur kan forklares ud fra begrundelsessammenhæng, dvs. relationer der begrundet tilstedeværelsen og placeringen af dele af indholdet.

Som begrebet "et undervisningsfags indhold" her er anvendt, omfatter det alene indholdet af viden og færdigheder. Det er imidlertid almindeligt tillige at inkludere fremgangsmåder og arbejdsformer i undervisningen^{*)}.

Der er i det foregående argumenteret for den opfattelse, at hensyn til kvalificering, til fremstilling af basisfaget og til formidlingen, evt. udmøntet i didaktiske principper, er bestemmende for fagkonstitueringen.

I disse hensyn indgår der en række værdier og opfattelser - undertiden legitimeringer (første arbejdsrapport, side 15) - angående undervisning, kvalifikationsforhold, fagenes karakter, værdineutralitet m.v.

Om begreberne undervisningsfag og -indhold kan på denne baggrund anføres:

For det første, at undervisningsfagene indeholder eller er udtryk for sådanne værdier og opfattelser.

For det andet, at de nævnte hensyn og principper naturligvis ofte er retningsgivende udover indhold, afgrænsning og struktur. Og disse aspekter ved fagkonstitutionen angiver derved rammer for valg af undervisningsmetoder, - arbejdsformer, -organisation m.v.

*) Se f.eks. K. Reisby: Undervisningens indhold, udvælgelse og sekvensering, i G. Handal m.fl. (red.). Universitetsundervisning. Kbh. 1973.

8. Fagintegration - Tværfaglighed

Termen tværfaglig har, i modsætning til fagintegration, fortrinsvis mening adjektivisk (tværfaglighed er da også afledt af den adjektiviske form). Som adjektiv - f.eks. i forbindelsen: tværfaglig undervisning, tværfagligt arbejde m.v. - udsiger det om den pågældende undervisning eller projekt, at den sker ved integration mellem flere fag. Forskellige former for sådan fagintegration skal her analyseres.

Analysen vil omfatte forskellige former for fagintegration. Identifikation af disse former forudsætter imidlertid nogle sondringer, nemlig:

- 1) mellem produktion af viden (videnskabelig eller teknologisk) og anvendelse af viden ved løsning af problemer,
- 2) mellem fagintegration etableret mellem fag, der har samme placering overfor genstand/problem og fagintegration etableret mellem fag, hvoraf et/nogle har en overordnet placering i forhold til de(t) øvrige,
- 3) mellem fagintegration indenfor basisfagskategorierne (dvs. ikke kun etableret i uddannelser) og fagintegration alene etableret i uddannelse,
- 4) mellem fag med et indhold af (grund)videnskab og mellem fag med et indhold af teknologi.

Man kan illustrere sondringerne skematisk. Det er gjort i figur 4.

I de tilfælde en integration kommer i stand mellem videnskabelige fag/discipliner i forbindelse med produktion af viden - angivet i skemaet som I (v-v) - må det være ensbetydende med etablering af en ny disciplin. En sådan integration implicerer imidlertid modifikation for de involverede fags vedkommende af

store dele af fagets metoder, struktur og genstand^{*)}. Der ses endel eksempler på denne form for udvikling. Så længe det drejer sig om basisfagskategorier, er det antagelig også den eneste form for integration, der finder sted mellem "rene" naturvidenskabsfag.

Integration mellem ved	Sideordnede fag	Ikke-sideordnede fag (hierakisk struktur)
Integration mellem basisfag		
Produktion af viden	I Konstituering af ny disciplin (v-v) Teknologisk udviklingsarbejde (t-t)	II Faser af teknologi-ers videnskabeliggørelse (v-t) Metateoretisk arbejde (s-t)
Anvendelse af viden	III Normal benyttelse af teknologi (t-t)	IV som III under inddragelse af videnskabelig evt. samfundsvidenskabelig teori (v-t, s-t)
Integration mellem fag i uddannelse		
Produktion og anvendelse af viden	V Når det drejer sig om videnskabelig viden er der så godt som altid kun tale om "pædagogisk integration" og oftest i forbindelse med anvendelse af viden	VI Interdisciplinaritet i Jantch's forstand (s-t) eller (t-s) eller (t-v)

v-v står for integration mellem videnskabelige fag/discipliner.
t-t står for integration mellem teknologifag.
v-t står for integration mellem videnskabelige fag og teknologifag.
s-t står for integration mellem samfundsvidenskabelige fag og teknologifag.

Figur 4. Forskellige former for fagintegration.

*) Dvs. ændringer i, hvad T.S. Kuhn benævner den faglige matrix.

I forbindelse med teknologi - herunder samfundsvidenskabelig teknologi *) - er integration, eventuelt af forbigående karakter, af fag derimod almindelig inden for områderne I, II og især III og IV. Det er karakteristisk for mange former for teknologisk viden, at de ved anvendelse ofte integreres som led i løsning af et problem. Integration mellem teknologifag og videnskabsfag er ofte ensbetydende med en videnskabeliggørelse af et teknologisk fagområde.

Går vi over til undervisningsfag, kan man naturligvis undervise i flere fag med udgangspunkt i et fælles problem. Den "pædagogiske integration", dette indebærer, rækker imidlertid ikke ved fagenes karakter af selvstændigt etablerede vidensområder.

Man kan således have pædagogisk integration, der omfatter undervisning i såvel produktion som anvendelse af videnskabelig og teknologisk viden. K. Askeland nævner et eksempel på "integreret medicin", hvor man med udgangspunkt i et fænomen "hjertet" underviser integreret i kemi, fysiologi, anatomi, patologi og epidemiologi, "således at man forsøger at formidle forståelse såvel af disciplinerne som af hjertets struktur, funktion, sygdomme og endvidere af hjertesygdommens udbredelse" (**).

Erik Jantsch har beskrevet nogle former for fagintegration (***) bl.a. integration mellem fag fra forskellige "hierarkiske" niveauer. Han definerer for det første fire niveauer fag, nemlig fag på det "empiriske niveau" (herunder naturvidenskaber), på det pragmatiske niveau (herunder teknologi), på det normative

*) Indenfor en række samfundsvidenskaber synes der ikke at være det samme skel mellem grundvidenskab og teknologi. Dette punkt skal dog - ligesom f.eks. medicinens karakter af teknologi - ikke behandles her.

**) Side 114 i Kjell Askeland: Om forsøkene på å effektivisere fysikutdannelsen ved overgang fra fagsystematiske til konceptuelt organiserte studieplaner, 1: På våg mot fysiken. Universitets- og Høgskolearbeidet. Fysik-pedagogisk Seminarium 1979.

***) E. Jantsch: Towards interdisciplinarity and innovation, 1: Interdisciplinarity: Problems of teaching and research in Universities. OECD. Paris 1972.

niveau og på formålsniveau. For at der kan være tale om "interdisciplinarity" kræver han, at integrationen omfatter fag fra to forskellige niveauer, idet faget fra det øverste af disse niveauer kan give "a sense of purpose".

I uddannelser forekommer fagintegration oftest i forbindelse med projekter, øvelser eller lignende. Jeg har tidligere benyttet begreberne assimilation og adaption til at karakterisere relationer mellem et teoretisk begrebssystem og den form for virkelighed, projektet/øvelsen repræsenterer^{*)}. I de tilfælde, hvor projektet/øvelsen er af en sådan art, at øvelsespraksis tilpasses og bekræfter teorien, er der tale om assimilation - øvelsespraksis assimileres under begrebssystemet. Er forholdet derimod det, at teorien, begrebssystemet må tilpasses praksis, foreligger der adaption - teorien må adapteres praksis.

Bortset fra dele af forskeruddannelser vil der ved undervisning i videnskabelig teori oftest være tale om assimilation. Det er vanskeligt indenfor de fleste erhvervsuddannelser at forestille sig projekter/øvelser, hvor øvelsespraksis rækker ved den grundvidenskabelige teori. Yderligere er det vanskeligt at håndtere projekter/øvelser, hvor øvelsespraksis assimileres under mere end én videnskabelig disciplins teori.

Ved undervisning i teknologi vil assimilation under flere fags teori være mere sandsynlig på grund af den svagere faglige matrix, der her gør sig gældende. Men der vil herudover - hvis projekter/øvelser skal afspejle autentisk praksis, i langt højere grad være tale om adaption eller om afkortning af teorien. Og adaption eller afkortning af flere fags teori til øvelsespraksis er meget vel tænkelig. Der er således langt større muligheder for reel fagintegration i forbindelse med undervisning i teknologi.

*) Begreberne stammer - i den her anvendte betydning - fra M. Polanyi op.cit.

LITTERATUR

- ALEXANDER, H. G.: Language and thinking. Princetown, N. J. 1967.
- ASKELAND, K.: På väg mot fysiken. Universitets- och Högskolearbetet. Fysik-pedagogisk Seminarium 1979.
- AUSUBEL, D. P.: Some psychological aspects of the structure of knowledge. I: S. Elam (ed.): Education and the structure of knowledge. Chicago, Rand McNally, 1964.
- BRUNER, J. D.: Uddannelsesprocessen (dansk oversættelse). Kbh., Gyldendal, 1972.
- HANSEN, L. A. og P. SØLTOFT: Kemiske enhedsoperationer. Kbh., Akademisk forlag, 1971.
- JANTSCH, E.: Towards interdisciplinarity and innovation. I: Interdisciplinarity: Problems of teaching and research in universities. Paris, OECD, 1972.
- KUHN, T. S.: Videnskabens revolutioner (dansk oversættelse). Kbh., Fremad, 1973.
- POLANYI, M.: Personal knowledge. London, Routledge & Kegan Paul, 1973.
- PHENIX, Ph. H.: The disciplines as curriculum content. I: H. A. Passow (ed.): Curriculum crossroads. New York, Teachers college press, 1962.
- REISBY, K.: Undervisningens indhold, udvælgelse og sekvensering. I: G. Handal m.fl. (red.): Universitetsundervisning. Kbh., Akademisk forlag, 1973.
- RAASCHOU, P. E.: Forelæsninger over almen teknisk kemi. Kbh., 1949.
- SCHWAB, J. J.: The structure of the natural sciences. In: G. W. Ford & L. Pugno: The structure of knowledge and the curriculum. Chicago, Rand McNally, 1964.
- SKOVSMOSE, O.: Nogle principper i matematikkens didaktik. Artikel udarb. som led i projektet: Grundlag for fagdidaktiske analyser inden for erhvervsuddannelser. Kbh., SEL, 1979.

ABSTRACT

The present publication, consisting of two working papers, has been prepared as part of a project which aims at investigating the process by which subjects in engineering educations are constituted, that is, how the contents, limits, and structure of the subjects are currently determined.

The factors which influence the constitution of subjects are of various kinds. Some factors are concerned with problems about the qualifications which the education in the subject provides contrasted with the demands for qualifications as they occur in various lines of industry. Other factors are concerned with the relationship between the subject and the scientific and technological disciplines on which the subject is based. And still other factors are related to problems about the educational institution and the teaching. Thus analysis of the constitution of subjects comprises analysis of aspects belonging to qualification theory, epistemology, and pedagogical theory in a narrow sense.

In the first of the two working papers aspects of the constitution of a subject are explained from the relations or coherence which are based on various kinds of justification of elements of the subject. Parts of a subject are for instance justified in that they make up a theoretical background for other parts or a concretizing of other parts. Or the justification may consist in a specific relationship to practical work. In some cases the justification consists in parts of the subject being legitimized by opinions or conceptions.

In the second working paper the four types of subjects and disciplines as well as the relationship between them are explained.

Scientific disciplines — Technological knowledge

Science subjects — Technological subjects

A central part of the explanation is an analysis of various categories of technological science and knowledge and the relationship between these and scientific knowledge.

The paper further comprises an analysis of the meanings of such concepts as abstraction, generalization, and idealization together with various kinds of subject integrations.

- 16/79 "STATISTIK I KRÆFTFORSKNINGEN". Projekt rapport af Michael Olsen og Jørn Jensen.
Vejleder: Jørgen Larsen.
- 17/79 "AT SPØRGE OG AT SVARE i fysikundervisningen"
Albert Christian Paulsen.
- 18/79 "MATHEMATICS AND THE REAL WORLD", Proceedings of an International Workshop, Roskilde
university centre (Denmark), 1978. Preprint.
Bernhelm Booss & Mogens Niss (eds.).
- 19/79 "GEOMETRI, SKOLE OG VIRKELIGHED".
Projekt rapport af Tom J. Andersen, Tommy R. Andersen og Per H.H. Larsen.
Vejleder: Mogens Niss.
- 20/79 "STATISTISKE MODELLER TIL BESTEMMELSE AF SIKRE DOSER FOR CARCINOGENE STOFFER".
Projekt rapport af Michael Olsen og Jørn Jensen.
Vejleder: Jørgen Larsen.
- 21/79 "KONTROL I GYMNASIET - FORMÅL OG KONSEKVENSER".
Projekt rapport af Crilles Bacher, Per S. Jensen, Preben Jensen og Torben Nysteen.
- 22/79 "SEMOTIK OG SYSTEMEGENSKABER (1)". 1-port lineært response og støj i fysikken.
Peder Voetmann Christiansen.
- 23/79 "ON THE HISTORY OF EARLY WAVE MECHANICS - with special emphasis on the role of
relativity".
Helge Kragh.
- 24a/80 "MATEMATIKOPFATTELSE HOS 2.G'ERE" 1. En analyse.
- 24b/80 "MATEMATIKOPFATTELSE HOS 2.G'ERE" 2. Interviewmateriale.
Projekt rapport af Jan Christensen og Knud Lindhardt Rasmussen.
Vejleder: Mogens Niss.
- 25/80 "EKSAMENSOPGAVER" Dybdemodulet/fysik 1974-79.
- 26/80 "OM MATEMATISKE MODELLER". En projekt rapport og to artikler.
Jens Højgaard Jensen m.fj.
- 27/80 "METHODOLOGY AND PHILOSOPHY OF SCIENCE IN PAUL DIRAC'S PHYSICS"
Helge Kragh.
- 28/80 "DIELEKTRISK RELAXATION - et forslag til en ny model bygget på væskernes visco-
elastiske egenskaber".
Projekt rapport, speciale i fysik, af Gert Kreinøe.
Vejleder: Niels Boye Olsen.
- 29/80 "ODIN - undervisningsmateriale til et kursus i differentiailligningsmodeller"
Projekt rapport af Tommy R. Andersen, Per H.H.Larsen og Peter H. Lassen.
Vejleder: Mogens Brun Heefelt.
- 30/80 "FUSIONSENERGIEN - - - ATOMSAMFUNDETS ENDESTATION".
Oluf Danielsen.
- 31/80 "VIDENSKABSTEORETISKE PROBLEMER VED UNDERVISNINGSSYSTEMER BASERET PÅ MÆNGDELERE"
Projekt rapport af Troels Lange og Jørgen Karrebæk.
Vejleder: Stig Andur Pedersen.
- 32/80 "POLYMERE STOFFERS VISCOELASTISKE EGENSKABER - BELYST VED HJÆLP AF MEKANISKE IMPEDANS-
MÅLINGER OG MOSSBAUEREFFKTMÅLINGER".
Projekt rapport, speciale i fysik, af Crilles Bacher og Preben Jensen.
Vejledere: Niels Boye Olsen og Peder Voetmann Christiansen.