Roskilde University

Fysikfaget i forandring

læring og undervisning i fysik i gymnasiet med fokus på dialogiske processer, autenticitet og kompetenceudvikling

Dolin, Jens

Publication date:
2003

Document Version
Også kaldet Forlagets PDF

Citation for published version (APA):
Dolin, J. (2003). *Fysikfaget i forandring: læring og undervisning i fysik i gymnasiet med fokus på dialogiske processer, autenticitet og kompetenceudvikling*. Roskilde Universitet. Tekster fra IMFUFA Nr. 415

General rights
Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain.
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal.

Take down policy
If you believe that this document breaches copyright please contact rucforsk@kb.dk providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Download date: 01. Jul. 2025

TEKST NR 415 2003

FYSIKFAGET I FORANDRING

Læring og undervisning i fysik i gymnasiet med fokus på dialogiske processer, autenticitet og kompetenceudvikling

Af Jens Dolin

Ph.D. afhandling i fysikdidaktik
Afleveret til IMFUFA/RUC den 18. marts 2002

TEKSTER fra

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

IMFUFA – Roskilde Universitetscenter – Postboks 260 – DK 4000 Roskilde
Tlf: 46742263 Fax: 46743020 Mail: imfufa@ruc.dk

Jens Dolin: FYSIKFAGET I FORANDRING. Læring og undervisning i fysik i gymnasiet med fokus på dialogiske processer, autenticitet og kompetenceudvikling.

IMFUFA tekst nr. 415 462 sider ISBN 0106-6242

RESUMÉ

Afhandlingens hovedspørgsmål er

hvorfor er det svært for gymnasieelever at forstå fysikken?
hvordan kan man undervise så der tages højde herfor og hvad betyder det for elevernes motivation?
hvorledes kan man formulere kravene i fysik så de i højere grad afspejler en forståelsesbaseret handleevne og muliggør en fagdidaktisk udvikling?

Disse spørgsmål behandles gennem en kombination af empiriske og teoretiske tilgange. Empirien udgøres af to større undersøgelser af fysikundervisning i gymnasiet, hvor observation i klasser kombineres med videooptagelser, interviews og spørgeskemaer. Teorien tager udgangspunkt i konstruktivistisk læringsteori med speciel vægt på de sociokulturelle aspekter af læring. Der udvikles et teoriapparat for *dialogisk læring* baseret på en Vygotsky/Bruner opfattelse af læring suppleret med Bakhtins dialogbegreb og Lemkes sociolingvistik og gives nogle generelle bud på en dialogisk baseret undervisning.
Fysikforståelsen begrebssættes ved hjælp af de *repræsentationsformer*, som historisk er vokset frem i fysikfaget.
I et samarbejdsbaseret aktionsforskningsprojekt, der involverede tre fysiklærere, udarbejdes en fysikundervisning baseret på *autenticitet* som et centralt begreb, og hvor *modellering* i fysik indtager en central rolle.

Den i afhandlingen etablerede forståelsesramme for læringsproblemer i fysik danner afslutningsvis grundlag for en diskussion af mulig nyformulering af de krav, der kan stilles til eleverne. Dette forsøges gjort i *kompetencetermer*, og afhandlingen indeholder en nyformulering af fysikfaget i kompetencetermer, hvor handleperspektivet fastholdes samtidig med at kompetencerne tilføres de *dannende aspekter* af fysikfaget.

FORORD

Denne Ph.D.-afhandling har haft en lang tilblivelsesproces.
Gennem 18 år som gymnasielærer – med samtidig ansættelse i forskellige job med fagdidaktisk sigte: ekstern lektor i fagdidaktik ved RUC, faglig/pædagogisk konsulent ved Amtscentralen i Roskilde, lærer ved teoretisk pædagogikum mm. – har jeg arbejdet med tilegnelsesproblemer i fysik i gymnasiet.
I 1995 blev jeg inddraget i et forskningsprojekt som Karin Beyer, IMFUFA/Roskilde Universitets Center, og Jytte Bang, Psykologisk Laboratorium/Københavns Universitet, havde taget initiativ til. Henrik Bang, Verner Schilling og i en periode Susanne Stubgaard deltog også i At Lære Fysik – projektet, hvor vi havde lange, udmattende, men også udviklende diskussioner. Tak for dem og tak til Det naturvidenskabelige Forskningsråd som finansierede min deltagelse.
Efterhånden som jeg gled fra gymnasiet til permanent ophold på RUC, blev IMFUFA en frugtbar base for det videre arbejde. Tak for godt værtsskab og tak til gode kolleger (Tine, Albert, Karin, Tomas, Johnny, Morten, Jens, Mogens, Bent ...).
Det næste forskningsprojekt – Autentisk FysikUndervisning – blev velvilligt finansieret af Uddannelsesstyrelsen, Området for de gymnasiale uddannelse, hvor fagkonsulent i fysik Claus Christensen både gav støtte - og en stribe opgaver der skulle løses. Tak for det. Mest tak dog til Tove, Ole og Anne Birgitte for et varmt og udbytterigt samarbejde og for at I velvilligt åbnede jeres klasser for mig. Også tak til klasserne som tydeliggjorde savnet ved ikke selv at undervise.

Karin Beyer har læst store dele af afhandlingen igennem og givet nådesløse, men også konstruktive kommentarer. Stor tak for at have fået mig i gang med projektet og for at have fulgt det til dørs.
Den største tak er dog til Gitte Ingerslev som ikke kun har været min vigtigste samarbejds- og samtalepartner, men som også har trøstet, støttet og inspireret undervejs.

God fornøjelse

Jens Dolin
IMFUFA/RUC 18/3 2002.

FYSIKFAGET I FORANDRING

Læring og undervisning i gymnasiet med fokus på dialogiske processer, autenticitet og kompetenceudvikling

Forord
Resumé v
Abstract vii

Indledning 1

Del I Eleverne, lærerne og faget 11
1. Eleverne i begyndelsen af 1.g 15
Oplevelsen af fysik i folkeskolen 16
Holdninger til fysik generelt 20
Gymnasiemæssige forhold og læringssyn 25
Sammenligning mellem folkeskolens og gymnasiets fysikundervisning 29
Opsummering og udsyn 33
2. Holdninger til fysik og læring hos elever og lærer 37
Læreren 38
Eleverne 46
Hvad viste observationerne? 66
Slutevalueringen i klassen 70
Lærerens slutevaluering 73
Opsummering 75

Del II Læring af fysik 79
3. Konstruktivismen – enhed og mangfoldighed 85
De grundlæggende ideer i konstruktivismen 86
Konstruktivismens rødder 100
Piaget som radikal konstruktivist 101
Kritik af Piaget 106
Konstruktivismens nye gennembrud 110
Forskellige konstruktivistiske retninger 112
Personlig eller social konstruktion? 134
Problemer og udfordringer i konstruktivismen 137
Pædagogiske/didaktiske konsekvenser af et konstruktivistisk grundsyn 139
Undervisningsprogrammer med konstruktivistisk udgangspunkt 145
Afslutning 147
4. Fysikforståelse i gymnasiet 153
Repræsentationsformer – en første indkredsning 154
Hvad repræsenterer repræsentationsformerne? 159
Hvilke repræsentationsformer findes der? 160
De enkelte repræsentationsformer 166
Repræsentationsformer som analyseredskab 169
Læreprocesser og fysikkompetencer 171
Pædagogiske og didaktiske konsekvenser 176
Kobling til Gardners multiple intelligenser 181
5. Dialogiske processer i fysik 185
Dialogisk læring 185
Fysik som fortælling 201
Dialogisk orienteret fysikundervisning 205
Opsummering 213

Del III Andre undervisningsformer og andet indhold i fysik? 215
6. Autenticitet 221
Opfattelser af autenticitet 223
Læringsteoretisk indlejring af autenticitetsbegrebet 228
Undervisningsmæssige konsekvenser 232
Autenticitetsbegrebets anvendelighed 237
7. Modellering 239
Modellering som autenticitet 240
Modellering som diskurs 241
Modeller som repræsentationsform 242
Elevopfattelser af modeller 244
En typologi for modeller 245
Modellering i AFU-projektet 247
8. Begrebskort 259
Hvad er begrebskort? 259
Læringsteoretisk ramme for begrebskort 261
Læring gennem dialog i arbejdet med begrebskort 262
Begreber 268
Meningstilskrivelse gennem tematiske mønstre 270
Opsummering og perspektivering 273

Del IV Hvad betyder den ændrede undervisning for elever og lærere? 275
9. Lærerholdninger til fysik og undervisning 277
Læreropfattelser af undervisning og læring 277
AFU-projektets tre lærere 281
Konkluderende lærerkarakteristik 288
10. Elevholdninger og –udbytte 291
Arbejdsform, epistemologi, motivation – og læring 292
Eleverne i slutningen af 2.g 297
Samlet opsummering vedrørende eleverne 329

Del V Om nødvendigheden af en nyformulering af gymnasiets fysikundervisning 333
11. Kvalifikation, dannelse og kompetence i fysik 341
Kvalifikation 341
Dannelse 345
Kompetence 364
Udviklingen af en kompetencebeskrivelse af fysik 370
Evaluering af kompetencerne 379
Kompetencer eller kernefaglighed? 383

Del VI Forskningsmæssige overvejelser 389
Forskning eller udviklingsarbejde? 389
Teori og empiri 390
Kvalitative og kvantitative metoder 397
Pålidelighed og gyldighed 399

Samlet konklusion og perspektivering 405

Bilag 411

Bilag 1	AFU-ansøgning
Bilag 2	Spørgeskema fra AFU-projektet begyndelsen af 1.g (aug. 99)
Bilag 3	Interviewguide AFU-projektet aug.99
Bilag 4	Spørgeskema fra AFU-projektet i slutningen af 1.g (april 00)
Bilag 5	Spørgeskema fra ALF-projektet midt i 2.g (dec. 97)
Bilag 6	Interviewguide fra ALF-projektet dec. 97
Bilag 7	Refleksionsspørgsmål til lærer i ALF-projektet ½ år efter afslutning (jan 99)
Bilag 8	Modellering i fysik (elevark)
Bilag 9	Ideer til 10-timersprojekt
Bilag 10	Eksempel på modellering i fysik
Bilag 11	Afleveringsopgaver i fysik i modellering
Bilag 12	Eksempel på eksamensspørgsmål
Bilag 13	Elevevaluering af årsprøve
Bilag 14	Samtale den 13/8 2001 mellem deltagerne i AFU-projektet
Bilag 15	ATI spørgeskema
Bilag 16	RoLI spørgeskema
Bilag 17	Spørgeskema AFU-projektet slutningen af 2.g (april 01)
Bilag 18	AFU-projektets kompetencebeskrivelse af fysik
Bilag 19	Klassifikation af videooptagelser og tekniske forhold

RESUMÉ

Afhandlingen hovedspørgsmål er

- hvorfor er det svært for gymnasieelever at forstå fysikken?
- hvordan kan man undervise så der tages højde herfor og hvad betyder det for elevernes motivation?
- hvorledes kan man formulere kravene i fysik så de i højere grad afspejler en forståelsesbaseret handleevne og muliggør en fagdidaktisk udvikling?

Disse spørgsmål behandles gennem en kombination af empiriske og teoretiske tilgange.

En empirisk undersøgelse af fysikundervisning i gymnasiet baseret på tilstedeværelse i en klasse i de to obligatoriske års fysikundervisning med videooptagelser, interviews og spørgeskemaer gav indsigt i læringsproblemer og –muligheder. Det blev tydeligt hvorledes elevernes læring var afhængig af deres dialoger med hinanden og med stoffet, og at fysikkens mange repræsentationsformer udgjorde en læringsmæssig barriere.

For at indfange dette teoretisk gennemføres en grundig udredning af konstruktivistisk læringsteori med speciel vægt på de sociokulturelle aspekter af læring. Der udvikles et teoriapparat for *dialogisk læring* baseret på en Vygotsky/Bruner opfattelse af læring suppleret med Bakhtins dialogbegreb og Lemkes sociolingvistik og gives nogle generelle bud på en dialogisk baseret undervisning.
Fysikforståelsen begrebssættes ved hjælp af de *repræsentationsformer*, som historisk er vokset frem i fysikfaget. Afhandlingen afgrænser og definerer 7 forskellige repræsentationsformer og viser hvorledes de kan anvendes som et redskab til analyse af undervisning. En læreproces i fysik defineres som en bevægen sig mellem forskellige repræsentationsformer med transformationerne mellem de forskellige repræsentationer som bærende forståelsen.

Disse primært teoretiske overvejelser over læring og undervisning i fysik dannede den indholdsmæssige basis for et samarbejdsbaseret aktionsforskningsprojekt der involverede tre fysiklærere. Dette projekt havde *autenticitet* som et centralt begreb fordi det både udtaler sig om en kvalitet ved den lærendes opfattelse af arbejdsprocessen og ved selve arbejdets indhold. Et vigtigt karakteristika ved autentisk undervisning er vægten på argumentation, hvorved den ses at hænge tæt sammen med den tidligere udviklede dialogiske undervisning. Hovedarbejdet i autentisk fysik-gruppen blev helliget modellering. Gruppen udarbejdede en skematik for udviklingen af eksperimentelle modeller, som blev gennemprøvet i de tre deltagende klasser. Den blev også den bærende idé i den projekteksamen som også

blev udviklet i autentisk fysik-projektet, og som viste sig velegnet til evaluering af evnen til at kunne konstruere empiriske modeller.

Arbejdet i autentisk fysik-projektet blev analyseret både med hensyn til de tre læreres tilgang til undervisning og med hensyn til elevudbytte. Der afdækkes tre forskellige lærerpositioner med hver sin opfattelse af læring og fag og følgelig forskellig undervisning under den fælles autenticitetsramme. Gennem en spørgeskemaundersøgelse, en række interviews og baseret på klasserumsobservationer sås hvorledes eleverne dels udviklede nogle fælles træk, som kan tilskrives at de overordnede ideer i autentisk fysik projektet satte sig sine spor, og dels at der var forskelle mellem klasserne, som kan tilskrives de pågældende læreres prægning. Det overordnede resultat af undervisningen var at eleverne i stigende grad blev engagerede i fysikundervisningen. De fik oparbejdet en meget positiv holdning til fysik baseret dels på de anvendte arbejdsformer og på selve indholdet. Specielt er det vigtigt at fremhæve, at den dialogiske, autentisk baserede fysikundervisning viste sig at motivere en stor gruppe elever bestående af især piger, som man ellers ofte ser melde sig ud af undervisningen, uden at den lod de stærke drenge i stikken.

Den i afhandlingen etablerede forståelsesramme for læringsproblemer i fysik danner afslutningsvis grundlag for en diskussion af mulig nyformulering af de krav, der kan stilles til eleverne. Dette forsøges gjort i *kompetencetermer*, idet styrken ved en kompetenceformulering er dens insisteren på anvendelse, på brug af den opnåede viden, handlen. Det sker i erkendelse af at en pensumformulering i høj grad er konserverende og har svært ved at rumme de i afhandlingen opnåede erkendelser af fysikdidaktisk art.
Afhandlingen indeholder en nyformulering af fysikfaget i kompetencetermer, hvor handleperspektivet fastholdes samtidig med at kompetencerne tilføres de dannende aspekter af fysikfaget. Der foretages derfor en grundig gennemgang og analyse af kvalifikationsbegrebet og dannelsesbegrebet i relation til fysik for at kunne vurdere hvilke elementer der bør indgå i en kompetencebeskrivelse. Modellering og arbejde med repræsentationsformer er to centrale dele af fysikfaget, som denne afhandling har udformet en handlingsheuristik for. De danner grundlag for to af de kompetencer der indgår i en samlet kompetenceformulering.
Afslutningsvis diskuteres hvilke perspektiver for fysikfagets udvikling en sådan nyformulering giver.

ABSTRACT

The prevailing themes of my PhD thesis are

- Why do students in the upper secondary find it hard to understand physics?
- How can teaching cope with these difficulties, and what impact will such instruction have on student motivation?
- How can the professional demands in physics be formulated to reflect knowledge-based capacity to act in situations involving physics and simultaneously promote both professional and pedagogical development?

These questions are examined with an empirical and a theoretical approach.

An empirical survey of physics instruction in upper secondary based on presence at most of the lessons in the two compulsory years of physics education – with videotaping, interviews, and questionnaires – provided profound insight in the learning problems and possibilities. On one hand it revealed how the students' learning depended on their dialogues with each other and the subject, on the other how the various and variegated demands in physics – the use of mathematics, graphs, models etc. – constitutes a barrier for learning. This two-way view on the learning-of-physics field – the combination of general learning problems and subject specific aspects – has guided my project.

The theoretical conceptualisation of my double focus is followed by a thorough review of constructivist learning theory with emphasis on the socio-cultural aspects. I develop a dialogical learning theory based on a Vygotsky/Bruner perception of learning complemented with Bakhtin's concept of dialogue and Lemke's sociolinguistics.
The subject specific aspect of understanding is conceptualised by the use of the representation forms developed through the history of physics. These are established as seven and their usefulness as a tool for analysing the teaching and for the learning of physics is demonstrated. A learning process in physics is defined as the commuting between different representations with the transformation between them as a vehicle of understanding.

These theoretical reflections formed the basis for a collaborative action research project involving three physics teachers. As a core concept for the project we chose *authenticity* for its aptness to express a quality in the student's personal perception of the learning process as well as in the content of the process. A main characteristic of authentic instruction is the focus on argumentation, linking it to the dialogical processes in the classroom. The Authentic Physics group concentrated its work on *modelling* as an authentic activity in physics, developing a heuristic for building experimental models and testing it in the three

participating school classes. The ideas were applied in an experimental project examination, which proved a reliable assessment of central competences.

The work in the Authentic Physics project was monitored and analysed according to the three teachers' attitudes toward teaching and the students' outcome and motivation. Three teacher positions, with different learning conceptions and different attitudes toward the subject, were exposed and resulted in three different teaching strategies under the same authenticity hat. A questionnaire, interviews, and classroom observations found the students developing several common features reflecting the general ideas in the authenticity concept and some differences between the classes ascribed to the teacher specific impact. The overall result showed students with an over average engagement in physics (compared to a national survey) and a positive attitude toward physics based on the pedagogical organization of the classroom in combination with the chosen content. In particular, and important, the dialogical, authentic physics environment that was built up during the project proved to motivate a relatively large group of mostly girls, normally marginalized in physics lessons – without losing the traditionally strong boys.

At the end of the project the ensuing understanding constitutes the basis for a curriculum discussion in physics. The traditional curriculum – frequently formulated with a largely subject specific content – is replaced with a spectrum of *competences* formulated in terms independent of specific physics content. Competences focus on the students' ability to act in unfamiliar situations, and the thesis elaborates a modelling competence and a representation competence. These are combined with other competences and with the traditional Danish (and North European) concept of liberal education (Germany: Bildung) to form a coherent physics curriculum.

In conclusion the pros and cons of such a curriculum are put under discussion, and an outline is offered of the perspectives for school development and physics as a subject.

INDLEDNING

Jeg vil her gøre rede for hvilke intentioner der ligger bag mit arbejde med afhandlingen, dens formål og hvilken relevans jeg mener den har i en fysikdidaktisk sammenhæng i gymnasiet og hvordan den er opbygget.
De fremførte synspunkter er i denne indledning bragt uden udførlig dokumentation – synspunkterne vil ofte være af normativ art og kræve en kontekstualisering for at give præcis mening. Det er afhandlingens intention at etablere en sådan kontekst og at dokumentere de fremsatte udsagn.

BAGGRUND, FORMÅL OG RELEVANS

Baggrund

Baggrunden er mit mangeårige virke som fysiklærer i gymnasiet og en række år som forsker i fysikdidaktiske problemstillinger hvor jeg har oplevet de problemer elever har med at tilegne sig fysikfaglige problemstillinger. Jeg har valgt gennem afhandlingen at forsøge at sammenfatte og perspektivere disse erfaringer for at få et overblik over hele feltet som baggrund for en fordybelse i udvalgte problemstillinger. Ud over egne erfaringer trækker jeg desuden på empiri indsamlet i - og teoretisk indsigt opnået gennem - de to forskningsprojekter At Lære Fysik (ALF-projektet) og Autentisk Fysikundervisning i gymnasiet (AFU-projektet). Da de to projekter har en central placering i afhandlingen, vil jeg kort gennemgå deres sigte og væsentligste resultater.

At Lære Fysik projektet er afrapporteret i (Dolin & Schilling, 2001), som her i afhandlingen vil blive omtalt som ALF-rapporten. Formålet med projektet var at studere gymnasieelevers læreprocesser i fysik med henblik på opnåelse af en forståelse af hvilke træk ved fysikfaget og dets undervisningstradition der vanskeliggør faget, og hvilke former for pædagogisk virke der kan bedre elevudbyttet af undervisningen. ALF-gruppens medlemmer fulgte fysikundervisningen i to klasser gennem de to obligatoriske år (1996-98). Vi talte med eleverne og lærerne, observerede og udspurgte, og læste og udviklede teorier som kunne indfange vores empiri. Jeg fulgte den ene klasse hvorigennem jeg fik et mere forskningspræget indblik i nogle af de problemer og muligheder, der ligger i fysikundervisning i gymnasiet, end jeg havde haft mulighed for som "privatpraktiserende" fysiklærer. Det var et indblik i nogle elev- og lærerholdninger til læring af og undervisning i fysik som affødte en række teoretiske overvejelser især vedrørende konstruktivistiske læringsteorier og dialogiske læreprocesser og vedrørende aspekter af fysikfaget. Endelig rummer rapporten forskningsmetodiske overvejelser. Disse afsnit, som er mine individuelle bidrag til ALF-

rapporten, indgår – i mere eller mindre bearbejdet form - som indeværende afhandlings kapitel 2, 3, 4 og 5 og del VI.

Autentisk fysikundervisnings projektet kan opfattes som en fortsættelse af arbejdet i ALF-projektet. Med udgangspunkt i ALF-projektets erfaringer formulerede jeg AFU-projektet som skulle forsøge at gennemføre en undersøgende-dialogisk fysikundervisning. Formålet var dels at få nogle erfaringer hermed ved at afprøve nogle bestemte principper for udvælgelse af stof og valg af pædagogik, og dels at følge elevernes reaktioner herpå, især i forhold til motivation til at arbejde med fysik og holdning til fysikfaglige problemstillinger. I Bilag 1 er vist ansøgningen om støtte til projektet (der blev finansieret af Uddannelsesstyrelsen, kontoret for de gymnasiale uddannelser). Som det fremgår var formålet at videreebearbejde og operationalisere de erkendelser jeg selv (og den lærer jeg fulgte) opnåede gennem ALF-projektet, dvs.:

- *At undersøge hvorledes man kan opbygge et trygt udforskningsmiljø ("open inquiery environment") i en gymnasiefysikklasse baseret på en autentisk, problemorienteret undervisning.*
- *At undersøge hvilke dele af fysikfaget der er mest velegnet til en sådan undervisning og at udvikle undervisningsmateriale og -former der fremmer den.*
- *At udvikle evalueringsformer som fremmer proceskompetencer i fysik og som lægger op til en afsluttende studentereksamen der også tester evnen til at kunne gennemføre en naturvidenskabelig arbejdsproces.*

(Bilag 1, s.1)

AFU-projektet blev gennemført i perioden 1999-2001 i samarbejde med tre fysiklærere. Denne afhandling udgør den forskningsmæssige del af rapporten for projektet. Der er af AFU-gruppen (de tre fysiklærere samt undertegnede) blevet udarbejdet en rapport som i højere grad orienterer sig mod praksis (Bangsgaard, Dolin, Rasmussen, & Trinhammer, 2001).

Formål

Indeværende afhandling samler og bearbejder de resultater og den erkendelse jeg har fået gennem arbejdet med de to projekter. Det overordnede *formål* er at undersøge hvorvidt en undervisning som i højere grad end normalt rummer autentiske og dialogiske læreprocesser fremmer en række centrale fysikkompetencer og herigennem tilvejebringe et grundlag for beslutninger vedrørende ændringer af fysikundervisningen.
Det er derfor også et mål med afhandlingen at udvikle et begrebsapparat som kan indfange disse ideer og processer. Det vil først og fremmest sige en begrebssættelse af dialogiske læreprocesser (i fysik), autenticitet (i fysik) og fysikkompetencer.

At andet – mere udviklingsorienteret – mål med afhandlingen er at udstikke nogle retningslinier for en fysikundervisning baseret på dette begrebsapparat. Den konkrete gennemførelse af en sådan undervisning – som det i et vist omfang forsøgtes i AFU-projektet – beskrives især med henblik på hvilke muligheder og problemer der er forbundet hermed.
Min hypotese er at en undervisning baseret på dialog, autenticitet og udvikling af kompetencer vil motivere eleverne for at arbejde med fysikfaglige (og i videre forstand naturvidenskabelige) problemstillinger. Et tredje mål med afhandlingen er derfor også at undersøge hvorledes den fulgte undervisning baseret på disse retningslinier har påvirket elevernes holdning til og opfattelse af fysik.
Endelig ønskes der uddraget nogle konsekvenser af ovenstående for fysiks fagbeskrivelse i gymnasiet.

Afhandlingen lægger således op til at beskæftige sig med et bredt spektrum af didaktiske problemstillinger i relation til i gymnasiets fysikundervisning.
Den vil beskæftige sig med spørgsmål som:

- hvad vil det sige at lære fysik?
- hvordan kan undervisningen tilrettelægges så de undersøgende og autentiske sider fremmes - og hvilken rolle kan dialogiske processer specielt spille?
- hvilket indhold skal fysikken have for at kunne være meningsfuld for unge og for samfundet og for at kunne lette en læreproces?
- hvilke konsekvenser kan disse resultater have for fagbeskrivelsen (i Fagbilaget)?

Relevans

Relevansen af at beskæftige sig med disse problemstillinger skal søges i de problemer mange elever har med at lære fysik og i den krise de naturvidenskabelige fag i almindelighed og fysik i særdeleshed oplever i uddannelsessystemet. At mange elever har svært ved fysikken kan vel de fleste fysiklærere bekræfte. Ud over fysik har jeg har undervist i geografi, og der er en markant forskel på hvor svært elever har ved at lære geografiens naturvidenskabelige områder og fysikken (Dolin, 2001). Fysikkens krise er grundigt behandlet mange steder både i dansk og udenlandsk litteratur, se fx bilag 1 og kap. 11. De årlige søgetal til videregående naturvidenskabelige studier taler desuden deres klare sprog. Fra 2000 til 2001 var der således et fald i ansøgerne til de i forvejen svagt søgte naturvidenskabelige studier i Danmark på 15 % (Information 31/7 2001).
Et svært indhold og en vigende interesse hænger muligvis, men ikke nødvendigvis, sammen. En faldende interesse for fysik blandt unge kan hænge sammen med de naturvidenskabelige fags ændrede status i samfundet og ringe appel til identitetssøgende unge, men kan også have baggrund i tilegnelsesproblemer evt. i kombination med et for mange unge

mindre motiverende indhold. Jeg vil i denne afhandling koncentrere mig om at løse problemerne med at lære fysikken og lade eventuelle mulige bidrag herfra til at løse rekrutterings- og motivationsproblemerne være afledte sidegevinster.

Tilegnelsesproblemerne giver sig forskellige konkrete udslag. Mange elever giver op på forhånd, ofte på grund af tidligere negative erfaringer og en generel distance til naturvidenskabeligt sprog og arbejdsmetode eller fordi indholdet virker uinteressant for dem. Andre arbejder hårdt, men ofte uden at resultatet står mål med indsatsen - det er svært at lære fysik. Det kan desuden generelt problematiseres hvilken grad af læring, der finder sted i fysik, selv hos den del, der kan opfylde gymnasiets formelle krav, fx lærer mange at regne opgaverne uden at forstå de grundlæggende begreber (Claussen, Dolin, Gregersen, & Michelsen, 2000; May, 1977).
En del af disse problemer udspringer af et generelt læringsproblem i gymnasiet. Et problem som er blevet større med den øgede tilgang, og dermed en bredere rekruttering og med elevernes ændrede socialkarakter. Men der er ingen tvivl om, at en (stor) del af problemet skyldes fysikkens specielle form og indhold, og den måde, undervisningen i gymnasiet traditionelt er foregået på.

Det er disse aspekter af problemkomplekset afhandlingen vil koncentrere sig om: De betingelser fysikken sætter for læring kombineret med den læringsteoretiske indsigt i muligheder og begrænsninger.

Samtidig har jeg erfaret gennem egen undervisning og set hos andre fysiklærere, at der er måder at undervise på, som fremmer elevernes lyst til at engagere sig i fysikkens problemstillinger, og som giver et fagligt udbytte fuldt ud lige så godt som enhver anden fysikundervisning. Sådanne andre måder at undervise på er karakteriseret *både* ved sit indhold *og* ved sin form. Jeg vil beskæftige mig med begge dele og især koncentrere mig om *dialogiske processers rolle* i læring af fysik og *autenticitetsbegrebets brugbarhed* i forbindelse med indholdsbestemmelse og tilrettelæggelsesvalg.

Elevers manglende lyst til at involvere sig i fysik er naturligvis et problem for den enkelte elev set i en snæver skolesammenhæng. Både i det omfang motivationsproblemer udmøntes i læringsproblemer så eleven fx får en dårlig standpunkts- eller eksamenskarakter og i forhold til oplevelsen af selvværd. Men også i et bredere perspektiv er en utilstrækkelig naturvidenskabelig viden og en ringe interesse for naturvidenskabelige problemstillinger et problem for den enkelte elev og for samfundet som helhed. Naturvidenskabelige kompetencer har både almendannende og kvalificerende aspekter. En faglig kritisk naturvidenskabelig dømmekraft er en god ballast for en fornuftig samfunds- og erhvervsmæssig ageren, og det er samtidig nødvendigt, at de naturvidenskabeligt baserede uddannelser får et solidt rekrut-

teringsgrundlag. Det vil derfor være en vigtig del af afhandlingen at bidrage til *fysikkens formålsdiskussion* og til udviklingen af et *fysikfagligt dannelsesbegreb.*

DE CENTRALE SPØRGSMÅL

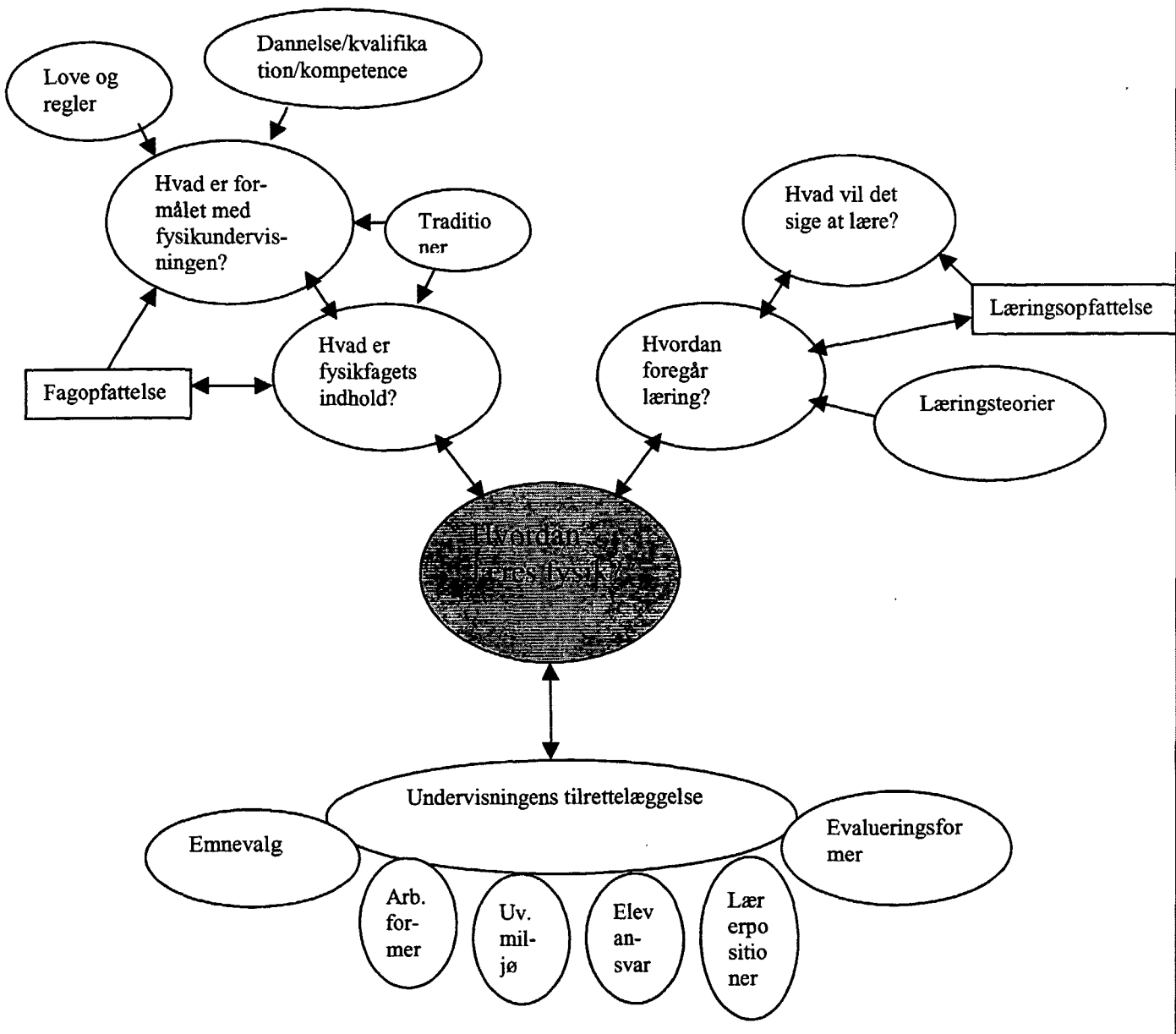
De meget brede problemstillinger har berøringsflader med hele uddannelsessektoren. For at indfange og forklare hvad der sker i de enkelte timer, og hvordan det påvirker den enkelte elev, er det nødvendigt at inddrage læringsteorier (almenpædagogiske teorier, sprogteori mm.), fagkendskab (og lærerholdninger, fagsyn, faghistorie mm.), elevbaggrunde (fx socialisationsteori, udviklingspsykologi, kønsteori mm), skolens rammer (fx uddannelsespolitik, organisationsteori) - for nu at nævne de mest oplagte. Alle disse aspekter af undervisning og læring hænger sammen, men jeg må nødvendigvis foretage en fokusering og herved afskærme mig fra resten, som så kan inddrages når det er nødvendigt.

Mit grundlæggende spørgsmål er: "hvordan læres fysik?". Dette spørgsmål har såvel et fagspecifikt aspekt – "fysik" - som et alment læringsteoretisk aspekt – "læres". Samtidig er der gennem "hvordan" en kobling til den undervisningsmæssige praksis.
Fig. 1 på side 6 viser de for mig i relation hertil vigtigste problemstillinger og deres umiddelbare sammenhænge.

Udgangspunktet er på den ene side fysikfaget som det bedrives i gymnasiet, og på den anden side læringsproblemer og -muligheder i relation til faget. Disse to indgange til den overordnede problemstilling vil hver især aktualisere en række spørgsmål, som den enkelte lærer og elev må forholde sig til, og resultatet heraf vil have konsekvenser for hvordan de vil agere i undervisningen. Omvendt vil læreres og elevers placering og ageren i undervisningen have konsekvenser for deres holdninger til såvel fag som læring. Jeg vil ved at afsøge den overordnede model, som figur 1 udgør, udkrystallisere en række spørgsmål, hvis svar har undervisningsmæssige konsekvenser, og forsøge at diskutere de heraf følgende læringsmæssige aspekter. Diskussionen foretages ikke for at opnå et normativt resultat, men for at kunne vise en række muligheder til løsning af forskellige fagpædagogiske problemstillinger, som er centrale i gymnasiets fysikundervisning. Det er således en vigtig del af projektet at koble de teoretiske betragtninger med mulige praktiske handlemåder.

På den ene side vil jeg altså tage udgangspunkt i spørgsmål som vedrører *fysikfaget*:
Hvad er fysik – især i gymnasiet, men også uden for? Hvad er det, der gør fysik svært at lære? Hvad er relevant og hvad er muligt at lære i fysik? Hvilke holdninger har lærere og elever til fysik? Inden for dette problemfelt vil jeg koncentrere mig om de problemer, der ligger i at fysik manifesterer sig gennem en række for faget særegne repræsentationsformer

Figur 1. Centrale spørgsmål og sammenhænge.



og i at fysikken er et stykke kultur, der har udviklet sig gennem mange århundreder. Jeg vil desuden diskutere fysikken i et kvalifikations-, kompetence- og dannelsesperspektiv. Hvad er det i disse perspektiver relevant og muligt at lære. Hvad er faglighed i fysik? Hvad kan der forstås ved dannelse i fysik (eller: hvordan kan fysik bidrage til en almendannelse?)? Hvorledes kan disse krav til undervisningen formuleres - er det fx en udvej at kompetence-formulere faget? Kan et begreb som autenticitet give nogle frugtbare retningslinier for en fagdidaktisk udvikling af fysikken?

På den anden side er det meget almene spørgsmål som vedrører *læring*:
Hvad vil det sige at lære? Hvad betyder (såvel læreres som elevers) læringsopfattelse for læreprocessen? Hvilke læringsmåder findes der? Hvad betyder hele metaperspektivet (såvel på fysikfaget som på læreprocessen) for læringen?

Jeg vil med afsæt i en bred konstruktivismeopfattelse lade de to sider smelte sammen i overvejelser over læreprocesser i fysik. Dette er et meget omfattende felt og jeg vil koncentrere mig om dialogiske læreprocesser. Dette vil jeg gøre ud fra en diskussion af viden (og faglighed) som både logisk-deduktiv og narrativ, og jeg vil undersøge om/hvorledes narrative processer kan lede til logisk-deduktiv forståelse.

Det dialogiske aspekt i både læring og undervisning vil derfor være et gennemgående element i afhandlingen, og jeg vil især fremhæve dialogens rolle i en undervisning og læring der så vidt muligt tager udgangspunkt i et autenticitetsbegreb med henblik på at tilegne sig en række forskellige repræsentationsformer.

AFHANDLINGENS DISPONERING

Det er et grundlæggende problem, at verden hænger sammen på kryds og tværs, mens beskrivelsen af den nødvendigvis må foretages stykkevist og lineært. Det er især et påtrængende problem, når man som jeg har valgt at indlejre mit fokusområde i et meget bredt undersøgelsesfelt, hvor de enkelte dele betinger hinanden.

Afhandlingen falder i 5 dele plus en 6. del hvor jeg redegør for mine metodiske tilgange.

Del I viser hvorledes (noget af) virkeligheden ser ud. Hvad sker der i de fysiktimer jeg har fulgt og hvordan opfattes det af de involverede?
Del II er en række teoretiseringer med udgangspunkt i den oplevede praksis som den er fremlagt i del I.

Del III er en række bud på forskellige former for undervisningspraksis der tager hensyn til de teoretiske overvejelser i del II.
Del IV fortæller hvilken indflydelse denne praksis har haft på de involverede.
Del V diskuterer mulige konsekvenser af det foregående især hvad angår fysikfagets formålsformulering.
Endelig har jeg i del VI samlet nogle forskningsmetodiske overvejelser.

Jeg har (blandt mange muligheder) valgt at starte i hverdagen i fysikundervisningen i klassen (del I). Gennem forskellige undersøgelser af andres undervisning og ved at trække på egne undervisningserfaringer har jeg forsøgt at konkretisere centrale problemer og holdninger. Som en del af tilstedeværelsen i klasserne har jeg spurgt til elevernes læringsopfattelser og viden om og holdninger til fysik. Hvilken ballast kommer eleverne med fra folkeskolen? Hvad betyder henholdsvis elevernes og lærerens læringsopfattelse for deres handlinger i og holdninger til undervisningen? Kan man differentiere mellem forskellige elevtyper?

Disse spørgsmål udgør første del af et slags udviklingsprojekt som ender i del IIIs overvejelser over andre måder at undervise på. Materialet i del I indeholder mere deskriptive redegørelser for hvad der *sker* i fysiktimerne sådan som jeg og eleverne og lærerne ser det. Hvor er problemerne? Hvad er forudsætningerne? Disse overvejelser bliver udgangspunkt for nogle teoretiseringer over såvel læreprocesserne som faget, som danner baggrund for en tilbagevenden til praksisfeltet i del III, men denne gang med nogle mere teoretisk funderede overvejelser over måder at undervise og lære på.

Den empiribaserede tilgang forlades derfor i del IIs teoretiske overvejelser over læring af fysik. Disse falder i tre dele:

- Hvad er læring og hvilke læringsteorier er relevante? Jeg vil diskutere forskellige læringsteorier og koncentrere mig om forskellige konstruktivistiske retninger, og heriblandt især sociokulturelt inspirerede tilgange.
- Hvad er fysik, sådan mere generelt og i gymnasiesammenhæng? Den generelle del handler om fysik som en kultur, der udfolder sig i en diskurs og i en handlen, der ofte er udtryk for en reduktionisme. Ved gymnasiefysikken vil jeg fremhæve de repræsentationsformer, som er fysikkens specielle. Det er kulturelt udviklede måder at arbejde med fysik på, og nogle af de træk ved gymnasiefysikken, som jeg mener gør det svært for elever at lære fysik.
- Hvad er en dialog, hvilke dialogformer findes der og hvorledes kan læring foregå gennem dialoger? Jeg vil inddrage narrative processer og argumentere for deres vigtighed også i fysiklæring.

Afhandlingens empiriske og teoretiske forankring har hertil primært været baseret på ALF-

projektet. Resten af afhandlingen vil altovervejende basere sig på AFU-projektets resultater. Samtidig skifter fokus fra læring mod undervisning. De læringsteoretiske overvejelser – med udledte undervisningsmæssige konsekvenser – afløses af analyser af undervisningspraksis – med overvejelser over den deraf følgende læring.

Del III bliver et slags praksisrelateret synteseafsnit. I det første kapitel vil jeg diskutere autenticitet som et muligt samlebegreb for meningssættende undervisning. Hvad kan der forstås ved autenticitet i fysik i gymnasiet, og hvordan kan autenticitet være en rettesnor for undervisning som kan øge motivationen og således være med til at fremme læring? Del III's øvrige kapitler vil diskutere undervisningens tilrettelæggelse og valg af indhold med udgangspunkt i autenticitetsbegrebet og med henblik på hvorledes dialogen kan indgå i og fremme disse arbejdsformers effektivitet. Et kapitel vil omhandle empirisk modellering og et andet begrebskort.

Del IV og V perspektiverer udviklingsprojektet på tre forskellige, men sammenhørende felter: Eleverne, lærerne/institutionen og fysikfaget.

Del IV indeholder i kapitel 9 en evaluering af elevernes udbytte af undervisningen i relation til de opstillede mål. Hvorledes er deres holdning til fysik og til undervisningen i fysik? I kapitel 10 vil jeg perspektivere på lærer- og institutionsniveau. Jeg vil sammenholde forskellige (lærer)tilgange til undervisning med opfattelser af læring og fysikfag. Jeg vil diskutere hvorfor det er svært at ændre sin undervisning og hvorledes man kan sættes udviklingsprocesser i gang, som kan fremme undervisning efter de retningslinier, som afhandlingen har udstukket.

I del V vil jeg mere normativt diskutere kvalifikation, dannelse og kompetence i fysik i gymnasiesammenhæng. Jeg vil afklare begreberne og diskutere hvad de betyder (i min forståelse/sammenhæng) i forhold til fysik. Hvad kan der fx forstås ved en naturvidenskabelig dannelse, en faglig kritisk dømmekraft? Hvilke kvalifikationer kan/bør gymnasiefysikken give eleverne, hvilke kompetencer kan/bør eleverne tilegne sig og hvorledes kan gymnasiefysikken bidrage til elevernes dannelsesproces? Dette vil således også blive en diskussion af hvilket indhold, der bør være i fysik, ud fra disse overvejelser, og hvilke undervisningsformer, der (også) bør være. Jeg vil desuden diskutere fordele og ulemper ved at kompetencebeskrive faget.

Endelig indeholder del VI en række forskningsteoretiske og metodiske overvejelser tilknyttet et projekt med så omfattende empiriske og teoretiske tilgange. Afhandlingens gyldighed og pålidelighed bliver diskuteret her.

Afhandlingen slutter med en sammenfatning af de opnåede hovedresultater og en perspektivering.

LITTERATUR

Bangsgaard, T., Dolin, J., Rasmussen, A.-B., & Trinhammer, O. (2001). *Autentisk fysik* (Forsøgsrapport). Valby.

Claussen, C., Dolin, J., Gregersen, K., & Michelsen, C. (2000). *Eksamensopgaver i fysik - en analyse af opgavesættet ved skriftlig studentereksamen maj 1998*. København: Uddannelsesstyrelsen, Det gymnasiale område.

Dolin, J. (2001). Samspillet mellem fagene. *Uddannelse*(5), 32-38.

Dolin, J., & Schilling, V. (Eds.). (2001). *At Lære Fysik - et studium i gymnasieelevers læreprocesser i fysik* (Vol. 19). København: Uddannelsesstyrelsen, Undervisningsministeriet.

May, M. (1977). *Undersøgelse af ingenørstuderendes begrebsmæssige forståelse*: DTU.

Del I

ELEVERNE, LÆRERNE OG FAGET

Dette er det første empiribaserede afsnit. Empiribaseret[1] forstået som at udgangspunktet er det der sker i klasserummet, i fysiktimerne, og det er med dette perspektiv jeg har spurgt elever og lærere om deres opfattelser og holdninger til fysik og det at gå i gymnasiet.
Empirien er indsamlet i flere faser. Grunden blev lagt i min egen tid som fysiklærer i gymnasiet. De spørgsmål, som styrer denne afhandling, er grundlæggende de samme, som dengang drev min nysgerrighed, og de første forsøg på svar søgte jeg hos mine egne elever og mig selv. Jeg eksperimenterede med undervisningen, både i store, tværfaglige projektsammenhænge, i udviklingen af skrivepædagogik og undervisningsdifferentiering i fysik og i de enkelte timers tilrettelæggelse. Det gav en lang række erfaringer, som er beskrevet i forsøgsrapporter og i forskellige artikler (Baandrup et al., 1996; Dolin, 1996, 1997; Dolin & Ingerslev, 1994) og den model som ligger i figur 1 (side 6) voksede frem.

Undervisningen er det sted, hvor eleverne sammen med læreren møder fagets problemstillinger, og denne opfattelse blev en strukturerede ramme for erfaringerne. Jeg vil derfor skifte mellem de tre tilgange til mine problemstillinger. Dette kan ultrakort samles i følgende forhold:

Eleverne

Vigtigheden af som lærer at kende til og gøre eleverne opmærksom på deres egen læringsopfattelse[2], og deraf følgende læringsadfærd, blev klart, men også en øget sensibilitet for elevforskellighed baseret på grundlæggende karaktertræk (som naturligvis har en vis forbindelse med deres læringsopfattelse). En enkel og brugbar elevkarakteristik var opdelingen i trygheds- og udfordringsorienterede (Dolin & Ingerslev, 1997) som bruges i det første afsnit – og som langt hen ad vejen også kan bruges på lærere.

Faget

Samtidig blev det mere og mere tydeligt at det at *lære* fysik var svært. De fleste elever kunne, hvis de brugte energi på det, lære at reproducere stoffet. Men det gik efterhånden op for mig, at det at opnå en forståelse, i betydningen at begribe de grundlæggende begreber og kunne løse nye problemer, var noget kun få evnede at lære. Eksemplerne hobede sig op

[1] Empiribegrebet bliver uddybet i del VI.
[2] Dvs. elevernes opfattelse af hvad det vil sige at lære noget. Denne betegnelse bruges i stedet for det mere bastante "læringsbegreb", idet det kan problematiseres om elever har et egentligt begreb for læring (Ingerslev, 2001).

i takt med at eleverne og jeg evaluerede min egen undervisning. Samtidig viste nogle emner sig at fænge bedre end andre.

Lærerne

Gennem mange års undervisning på teoretisk pædagogikum og som fast oplægsholder på det fagligt pædagogiske kursus i fysik talte jeg med mange kommende gymnasielærere om deres opfattelse af fag og undervisning. Og selv om der var en stor lyst til at ændre undervisningen var det mere slående i hvor høj grad kandidaterne var præget af deres erfaringer med egne gymnasie- og studieforløb. Verden ser ud som man selv har erfaret den og kun de færreste har et sprog og en viden til at sætte sig ud over disse erfaringer. Det gymnasiale system har en kolossal inerti som i høj grad ligger hos lærerne. Og har man først overlevet en række år som lærer i gymnasiets hverdag, skal der meget til at ændre ens praksis.

Undervisningen

Det blev umuligt at negligere at eleverne ved en "almindelig" fysikundervisning – dvs. en undervisning som har sin tyngde i lærerens fortælling om og forklaring af stoffet kombineret med elevregning af øvelsesopgaver – ikke fik nok ud af undervisningen. Man sår som man høster. Vejen til såvel en begyndende teoretisk afklaring som en ændret praksis gik for mit vedkommende gennem det australske PEEL-projekt (Baird, Northfield, (dansk redaktion: Dolin, & Ingerslev, 1995). Her blev vigtigheden af såvel elevers som læreres refleksioner over undervisningen fremhævet og begrebssat, det blev kombineret med indholdsovervejelser, og der blev udviklet en lang række pædagogiske praksisser til fremme af denne metakognition.

ALF- og AFU-projekternes inddragelse

Det er dele af ovenstående komplekse felt som er søgt belyst i de følgende to studier. De er at betragte som et forsøg på at afdække de sider af fysikundervisningens virkelighed, som det vil være relevant at gøre til genstand for nøjere undersøgelser – hvis man ønsker at ændre fysikundervisningen så flere elever i højere grad end i traditionel undervisning kommer til at interessere sig for fysik og dermed arbejder med det engagement som er en forudsætning for at undervisningen også igangsætter en læreproces.

I ALF-projektet blev blikket på praksisfeltet forskningsorienteret. Jeg fulgte en klasse i dens to obligatoriske år med fysik, og det afsnit, jeg i denne sammenhæng vil trække på, er mit kapitel 3 i ALF-rapporten, som er en gennemgang og analyse af elevernes holdninger og udbytte og af lærerens holdninger og tilrettelæggelsesovervejelser.
Hvor ALF-projektet i en vis forstand kunne opfattes som udviklingsorienteret forskning kan AFU-projektet opfattes som forskningsbaseret udvikling. Bilag 1 redegør for intentionerne i projektet. Tre læreres udvikling af deres fysikundervisning efter retningslinierne i

bilag 1, som var opstillet med erfaringerne fra ALF i klar erindring, udgjorde udviklingsdelen. Jeg deltog i dette arbejde dels som fysikkollega og dels som forsker der skulle analysere erfaringerne. AFU-projektet har udgivet sin egen rapport (Bangsgaard, Dolin, Rasmussen, & Trinhammer, 2001), som primært medtager udviklingsdelen af projektet. Forskningsdelen indgår i indeværende afhandling.

I denne del I bringes som kapitel 1 en undersøgelse af elevernes oplevelser af fysikundervisningen i folkeskolen. Disse sammenlignes med deres første gymnasieerfaringer, og der reflekteres over fysikken i overgangen mellem folkeskole og gymnasium. Selv om datamaterialet er fra AFU-projektet, og altså senere end ALF-projektet, vælger jeg at bringe det først af hensyn til afhandlingens logik.
Kapitel 2 præsenterer den klasse, jeg fulgte i ALF-projektet. Her fremlægges en række forhold vedrørende både elever og lærere, der har betydning for hvorledes undervisningen forløber og hvilken læring der finder sted. Dette kapitel udgør således i høj grad et afsæt for de teoretiseringer, der foretages i del II, idet nytten af at arbejde med begreber for dialog og for repræsentationsformer voksede frem af denne empiri.
Man kan lidt firkantet sige at eleverne i ALF-projektet blev "fødselshjælpere" for de ideer som eleverne i AFU-projektet senere blev "forsøgssubjekter" for. Hvorledes dette gik redegøres der for i kapitel 10.

Elever er forskellige og klasser er forskellige, og de klasser (4 i alt) der er fulgt i de to projekter er ikke valgt ud fra repræsentationshensyn, men rent pragmatisk fordi det var muligt at følge dem. Formålet er således ikke at komme med globale udsagn om fysikundervisning og –læring, men at kunne afdække et felt af meninger og holdninger, der kan være med til at pege på og udvikle nyttige begreber, og fortælle om nogle af de muligheder, problemer og glæder der set fra elev- og lærerside er forbundet med fysikundervisningen i gymnasiet.
Jeg har derfor valgt at give relativ fyldige uddrag af elev- og lærerudsagn for at etablere så grundigt et grundlag for det videre arbejde som muligt.

LITTERATUR

Baird, J., Northfield, J., (dansk redaktion: Dolin, J., & Ingerslev, G. (Eds.). (1995). *Erfaringer fra PEEL projektet.* Århus: Klim.

Bangsgaard, T., Dolin, J., Rasmussen, A.-B., & Trinhammer, O. (2001). *Autentisk fysik* (Forsøgsrapport). Valby.

Baandrup, H., Christoffersen, K., Damberg, E., Dolin, J., Heise, I., Ingerslev, G., & Lau, J. (1996). *Forsøg nu! - om undervisningsdifferentiering og læreprocesser i gymnasiet og hf* (Vol. 17). København: Undervisningsministeriet, Gymnasieafdelingen.

Dolin, J. (1996). Er det her den rigtige formel? In C. Christensen & S. Hoffmann & C. P. Knudsen (Eds.), *Fysiklærerforeningen 1921-1996.* København: Fysiklærerforeningen.

Dolin, J. (1997). Det skriftlige arbejde i fysik. In E. Heltberg & C. Kock (Eds.), *Skrive-håndbogen*. København: Gyldendal.

Dolin, J., & Ingerslev, G. (1994). Procesorienteret skrivning i dansk og fysik. In A. C. Paulsen (Ed.), *Naturfagenes pædagogik - mellem udviklingsarbejder og pædagogik.* Frederiksberg: Samfundslitteratur.

Dolin, J., & Ingerslev, G. (1997). Active learning in the Danish Gymnasium and HF. In D. Stern & G. L. Huber (Eds.), *Active Learning for Students and Teachers. Reports from Eight Countries. An OECD Study.* Frankfurt am Main m.fl.: Peter Lang.

Ingerslev, G. (2001). *Forestillinger om dansk.* Unpublished Ph.d., Danmarks Pædagogiske Universitet, København.

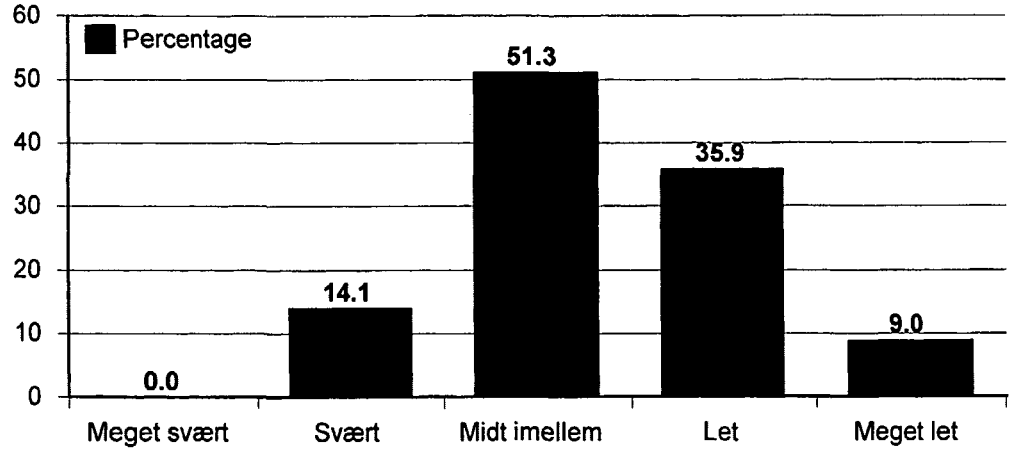
Kapitel 1
ELEVERNE I BEGYNDELSEN AF 1G.

Dette kapitels empiri er baseret på de tre klasser i AFU-projektet. En spørgeskemaundersøgelse blandt eleverne er foretaget lige i starten af 1.g. (august 1999), spørgeskemaet er vist i bilag 2. Det blev fulgt op af båndede interview med 41 af eleverne. Interviewene formede sig som en struktureret samtale på 5-10 minutter per elev med det formål at få en kvalificering/validering af de oplysninger og udsagn eleverne havde givet i spørgeskemaerne (interviewguiden er vist i bilag 3). De vil derfor ikke blive behandlet særskilt, men indgå i vurderingerne af spørgeskemaerne. Da både spørgeskemaundersøgelse og interview fandt sted før undervisningen i 1g var kommet rigtigt i gang, kan resultaterne tages som udtryk for elevopfattelser og holdninger baseret på oplevelser i folkeskolen.
I slutningen af 1.g foretog jeg en ny spørgeskemaundersøgelse som dels omfattede forhold vedrørende overgangen mellem folkeskolefysikken og gymnasiefysikken og dels spurgte til elevernes opfattelse af 1.g forløbet i fysik. Den første del af denne anden undersøgelse indgår i dette kapitel. Dette spørgeskema et vist i bilag 4.

Skemaerne til den første undersøgelse blev udleveret i starten af 1g i en fysiktime og udfyldt i timen. Eleverne skrev navn på, så et efterfølgende interview kunne tage hensyn til deres svar og så det var muligt i løbet af året og videre frem at sammenholde elevers ageren i timerne med deres oplysninger fra spørgeskemabesvarelsen.
Tre klasser deltog. I de to klasser var alle elever til stede og afleverede (2x28 elever), i den tredje var der 22 elever tilstede og de afleverede alle. I alt 78 elever fordelt på 42 drenge og 36 piger. De tre klasser bliver bearbejdet under ét, men i enkelte tilfælde undersøges forskellene mellem klasserne for at få en idé om hvor meget de undersøgte aspekter kan variere mellem klasser. Klasse 1, 2 og 3 svarer til klasse x, y og z i del IV.
Spørgsmålene falder i tre afdelinger: 1) hvordan fysik oplevedes i folkeskolen (idet eleverne blev bedt om så vidt muligt at relatere til fysikdelen af fysik/kemi-faget), 2) hvilke holdninger den enkelte har til fysik og 3) noget om elevens opfattelse af læring og valg af gymnasium og videre planer.
Spørgsmålene er en kombination af lukkede og åbne spørgsmål. Jeg vil først gennemgå de enkelte spørgsmål ved at fremlægge sammentællingerne af de lukkede spørgsmål og hovedtrækkene i svarene på de åbne spørgsmål. De åbne udsagn bringes uformidlede, dvs. jeg ændrer ikke på dem og lader det ofte være op til læseren at tolke dem. Derefter vil jeg se om der er korrelationer mellem de forskellige svarudfald inden for og imellem både lukkede svar og kategoriseringerne af de åbne svar.

OPLEVELSEN AF FYSIK I FOLKESKOLEN.

Havde du let eller svært ved fysik?



Synes du at du havde let eller svært ved fysk?

Kun 14 % mente de havde svært ved fysik i folkeskolen. Halvdelen fandt hverken fysik svært eller let mens 1/3 fandt det let og 9 % fandt det meget let.
Kun meget få af de elever, der starter i matematisk gymnasium, kommer således med en opfattelse af at fysik er et svært fag. I interviewene blev det udtrykt som

> *Jeg kunne godt følge med*
> *Jeg synes ikke fysik er svært, man skal bare følge med og så læse sine lektier og så prøve at forstå det*
> *Nogle ting kan godt være lidt svære at forstå, nogle formler og sådan*
> *Egentlig ikke svært hvis du bare giver dig tid til at forstå det*
> *Man skulle arbejde på det, men det var ikke uoverkommeligt*
> *Det er et fag hvor man godt kan finde ud af det*
> *Det var let, fordi jeg godt kan lide fysik*

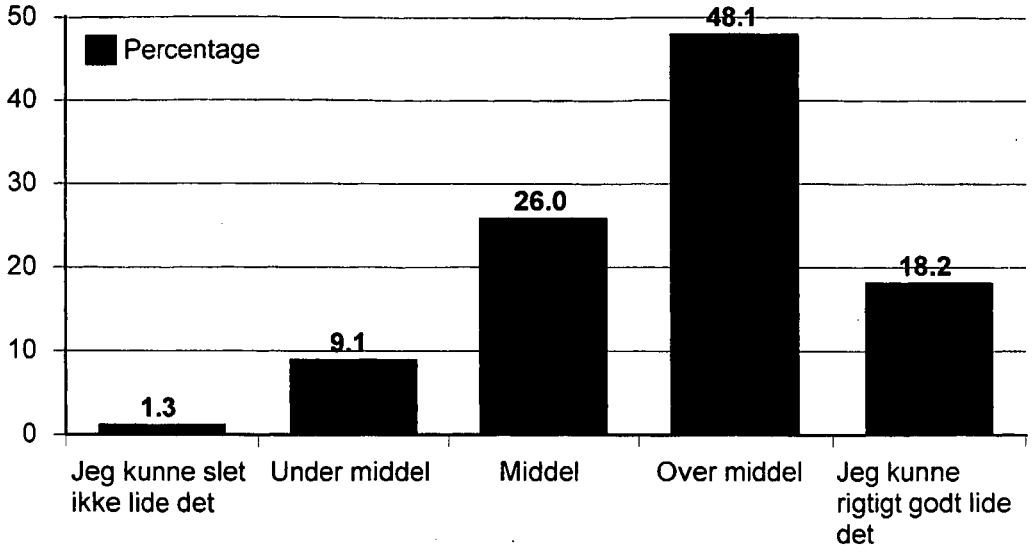
Fysik opfattedes kun af meget få som sværere end andre fag, forstået som mere intellektuelt krævende, hvilket af en del blev koblet med at de kunne lide faget.

Hvad var let og/eller svært ved fysik?

1/3 angiver et emne som værende let eller svært, og hyppigste svære emne er ellære. En del angiver det teoretiske og formler og udregninger som svære, ofte som en modstilling til eksperimenter, der anses for lettere (og altså ikke indeholdende teori!).

Kunne du lide fysik?

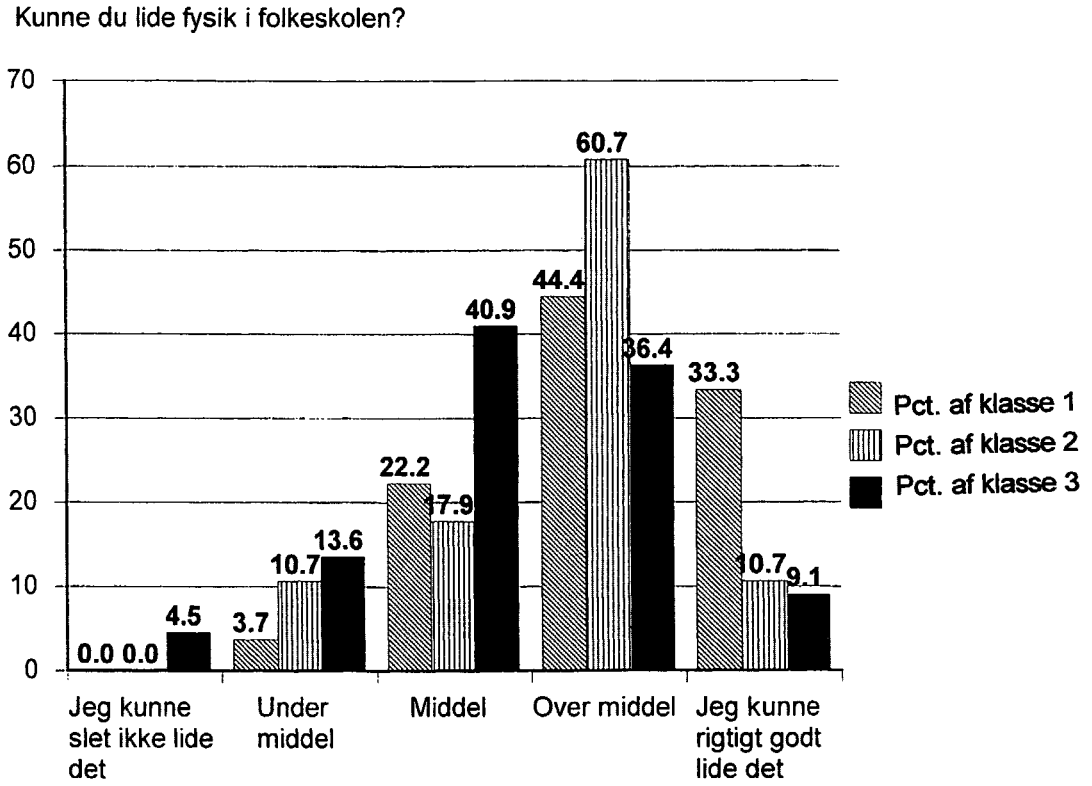
2/3 af eleverne kunne lide fysik bedre end "middel" og kun ganske få kunne ikke lide faget.



De kommer altså altovervejende med gode erfaringer fra faget. Den negative holdning til fysik og kemi i folkeskolen, som (Skov, 1998) finder selv blandt gymnasiets matematiske elever, kan således ikke genfindes her. Skov fandt (s. 28) at 22 % af eleverne i matematisk gymnasium ikke ønskede at beskæftige sig mere med fysik og kemi da de gik i 9. eller 10. klasse i folkeskolen[1]. I modsætning hertil kunne kun én af eleverne i de tre AFU-klasser slet ikke lide fysik og 7 elever havde en lyst til faget som var under middel. Udgangsniveauet for undervisningen rent motivationsmæssigt var således overgennemsnitlig hvad angår positiv attitude til faget. Noget tyder dog på at Skovs undersøgelse ikke er fuldt dækkende. GFII-undersøgelsen finder således at 14,9 % af eleverne i 1g havde et engagement og en lyst til fysik i folkeskolen som var "ikke så godt" (Krogh & Thomsen, 2000)(s. 14). Dette blev målt på en 4-trin skala (ikke så godt – nogenlunde – godt – meget godt). AFU-eleverne i kategorierne "slet ikke lide" og "under middel" udgør 10 % af alle, hvilket altså også giver et lidt bedre engagementmæssigt udgangspunkt end gennemsnittet af GFII-undersøgelsens elever, der udgjorde et repræsentativt udsnit af alle matematiske 1.g elever i Danmark.

[1] Der var stor kønsmæssig forskel, idet 70% af pigerne i folkeskolens 9. eller 10. klasse ikke ønskede at beskæftige sig med fysik/kemi i en kommende uddannelse, mod kun 45 % af drengene (Skov, 1998, s. 26).

På nedenstående figur er vist den skoleklassemæssige variation i hvordan eleverne kunne lide fysik i folkeskolen. Selv om der er forskelle på eleverne i de tre klasser, fx har eleverne i klasse 3 haft mindre lyst til fysik end eleverne i de to andre klasser, er det dog det samme overordnede mønster der tegner sig



Hvad synes du var godt ved faget?

En meget stor del (35 %) skriver her "forsøg", mens knap 10 % skriver "læreren". Det falder i øjnene, at 13 % eksplicit skriver at faget er *spændende*, 8% nævner det øgede kendskab til omverdenen:

> *At få en forståelse for nye ting*
> *Man kan bruge noget af det i hverdagen*
> *At man pludselig opfatter hvordan verden omkring en fungerer.*

Og så er der en lille "hardcore"-gruppe på 6 % som kan lide teorien og logikken i faget. I interviewene udtrykker disse elever det gode ved faget som:

Det er et spændende fag hvor man udforsker selv og prøver at blive klogere, egne erfaringer frem for at du bare hele tiden får puttet ind i hovedet af læreren
Jeg synes der er et eller andet magisk ved at opdage hvordan det hele er sat sammen
Det spændende ved naturvidenskab er meget sådan at du kan opdage nye ting, ja prøve at forske i noget af det der er der, prøve at få noget at vide om den verden vi lever i, man finder ud af en hel masse om hvordan tingene hænger sammen

Det må siges kun at være en lille gruppe som føler sig veltilpas ved det der udgør en stor del af gymnasiefysikkens kerne. Mange elever vil gerne arbejde eksperimentelt og mange vil gerne lære nye og spændende forhold ved deres omgivelser, men det logisk-deduktive arbejde med teorierne, som er fysikkens centrale bidrag til forståelse af disse forhold, er kun noget et lille mindretal af eleverne har lyst til. Her ligger en stor fagpædagogisk udfordring i at forbinde genstandsfeltets fascinationsværdi med fagets identitet.

Hvad synes du var dårligt ved faget?

Her nævner nogle så de rapporter, der hører til forsøgene eller endog det at skulle rydde op efter forsøg. Ellers er det undervisningens gennemførelse, der klages over:

De timer hvor læreren blev ved og ved med at tale i 2-3 lektioner
For meget foredrag
lidt kedeligt
for meget information af gangen

og 15 % nævner direkte læreren. 8 % nævner det er svært og andre 8 % formler og teori.

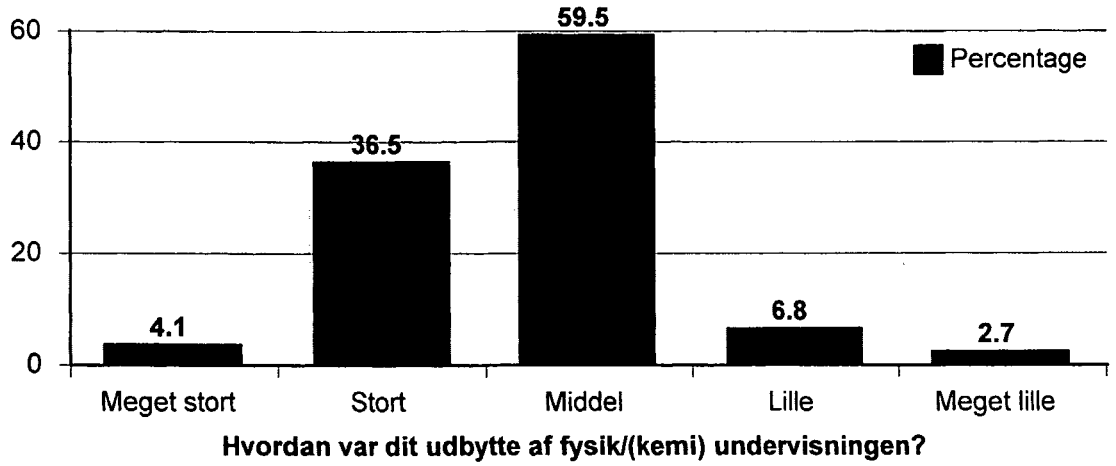
Hvad ville du gerne have ændret for at faget var blevet bedre?

Der er ikke så mange ændringsforslag ud over at få ændret det, man syntes var dårligt ved faget, dvs. flere forsøg og bedre lærere.

Hvordan var dit udbytte af fysik(/kemi)-undervisningen?

Her er det markant, at kun 10 % mener at have fået et udbytte under middel. Der er naturligvis tale om nogle meget subjektive kategorier som kun kan sammenlignes med stor forsigtighed. Ved interviewene blev det at få udbytte af undervisningen typisk be-

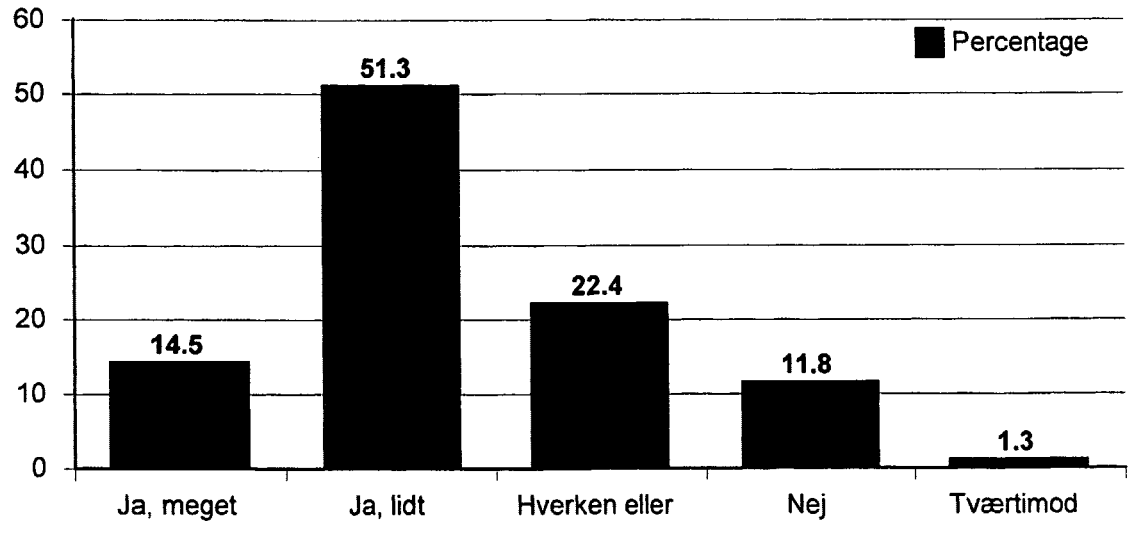
skrevet som at føle at man forstår det, og at man føler at man er blevet klogere. Så elevernes svar kan vel alligevel anvendes som udtryk for deres opfattelse af fysikundervisningens faglige udbytte sammenlignet med skolens øvrige fag.



Hvordan var dit udbytte af fysik/(kemi) undervisningen?

Har undervisningen fremmet din interesse for naturvidenskab?

Lige så markant er det at 2/3 af eleverne har fået fremmet deres interesse for naturvidenskab gennem undervisningen. Kun 9 elever siger direkte nej hertil (hvilket meget vel kan tolkes som samme kategori svar som "hverken eller") og en elev mener tværtimod at undervisningen har mindsket interessen.



Har undervisningen fremmet din interesse for naturvidenskab?

HOLDNINGER TIL FYSIK GENERELT

Hvad er fysik?

Dette er naturligvis et umuligt spørgsmål, som alligevel åbner op for en række meninger og holdninger, der kan have betydning for elevens ageren i fysikundervisningen.
Knap en fjerdedel ligestiller fysik med nogle konkrete fysikemner:

> *Fysik handler om ting der bevæger sig og skaber energi eller f.eks. elektricitet*
> *Ting med strøm, f.eks. vekselstrøm, induktion.*
> *Strøm (gab), lysbølger, molekyler, radioaktivitet, rummet ...*

En meget stor gruppe (ca. 40 %) ser fysik som et mere alment erkendelsesfag, et fag der giver forklaringer på vores omverden (for nogle skal det give forklaring på hele vores omverden):

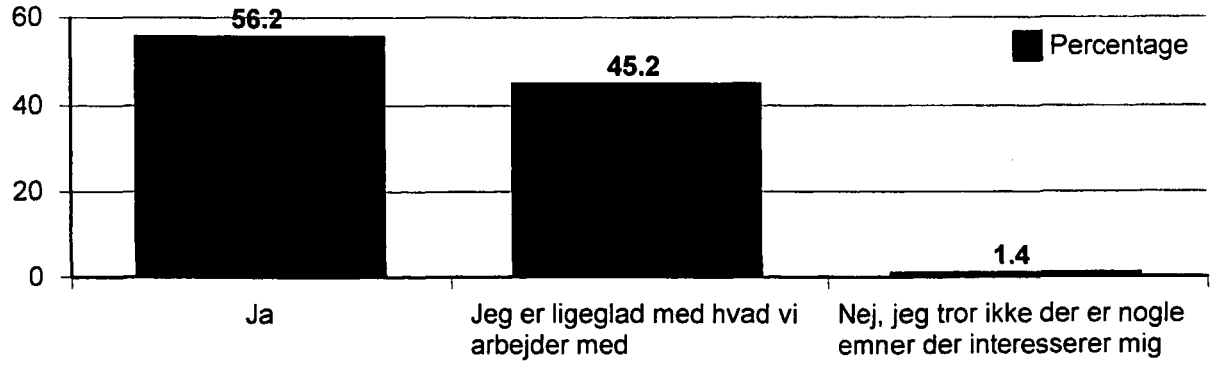
> *En måde at se verden på*
> *At forstå sammenhængen mellem alt i verden*
> *Læren om den uorganiske naturs love*
> *Forståelse for hvordan tingene fungerer*

Endelig er der en gruppe (ca. 15 %), der sætter fysik lig de arbejdsformer, de har været udsat for i fysik/kemi, eller den (negative) holdning, de har til faget:

> *Er fysik ikke alt muligt med udregninger og eksperimenter?*
> *Forsøg*
> *Kedeligt, hektisk*
> *Fysik er et fag i skolen hvor du lærer noget teori og derefter prøver dem i praksis*
> *Hvor man læser en hel del og en lærer står og snakker*
> *Forsøg, teori*

Er der noget du har lyst til at arbejde med i fysik i gymnasiet?

Spørgsmålet er interessant, fordi det siger noget om i hvor høj grad elevernes læreproces i de kommende to år kan drives af faglig interesse, dvs. nysgerrighed efter at vide noget om konkrete fysiske problemstillinger.



Er der et eller flere emner/problemstillinger du har lyst til at arbejde med i fysik i gymnasiet?

Knap halvdelen af eleverne er ligeglade med, hvad de arbejder med. Selv om de har angivet at have en vis interesse for naturvidenskab, har de ikke umiddelbart interesse for noget fysikemne eller –problemstilling. De skal altså i vid udstrækning motiveres fx gennem undervisningens form eller et spektakulært emnevalg. Men godt halvdelen skriver at de interesserer sig for et konkret emne. De falder i to store bunker og så nogle specialønsker. Størst er ønsket om atomfysik (20 % (af alle)) og derefter følger astronomi (15 % (af alle)). En del angiver "eksotiske" og erkendelsesmæssige emner såsom Einsteins relativitetsteori, Universets oprindelse, kosmologi og antityngde. Desværre udgør disse emner jo kun en lille del af gymnasiets pensum.

Hvorfor er det vigtigt at lave eksperimenter i fysik?

Holdningen hertil kan have betydning for hvordan den enkelte elev indgår i øvelserne, og det er nok også her der især kan være uoverensstemmelser mellem lærerens intentioner og elevernes opfattelse.
Elevernes opfattelser af det praktiske arbejdes formål kan groft inddeles i tre opfattelser med et vist overlap.
45 % mener at læringsaspektet er vigtigst. Øvelser kan hjælpe med til at forstå ellers svær og abstrakt teori:

For man lærer mest i praksis
Så man får det teoretiske ind i hjernen
For at forstå det bedre

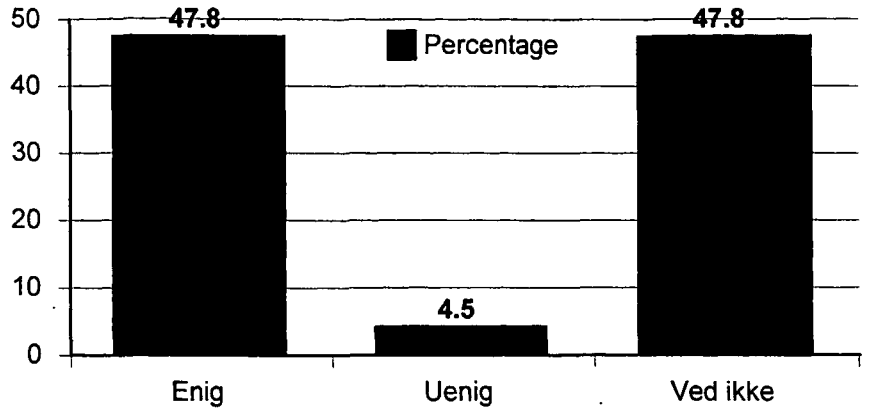
31 % har en (næsten empiristisk) opfattelse af øvelser som noget, der skal bevise teorier:

For at afprøve nogle teorier i praksis
For at bevise teorierne
For at bekræfte viden

18 % mener at det praktiske arbejdes berettigelse ligger i dets afveksling for det øvrige (kedelige) arbejde i fysik:

Så at eleverne kan blive aktive
Så der kommer en afveksling af undervisningen
Det er for stenet kun at læse i en bog

Fysik som en virkelighedsbeskrivelse

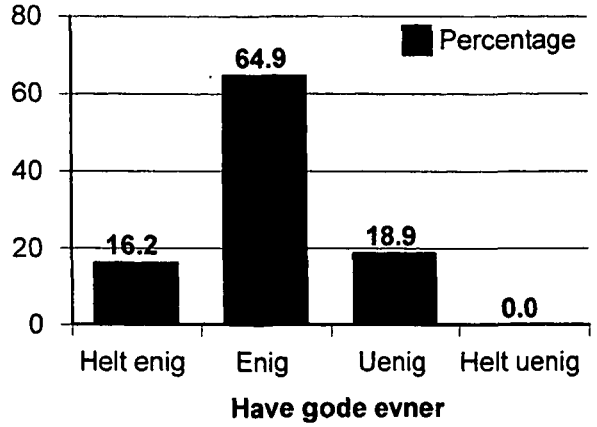


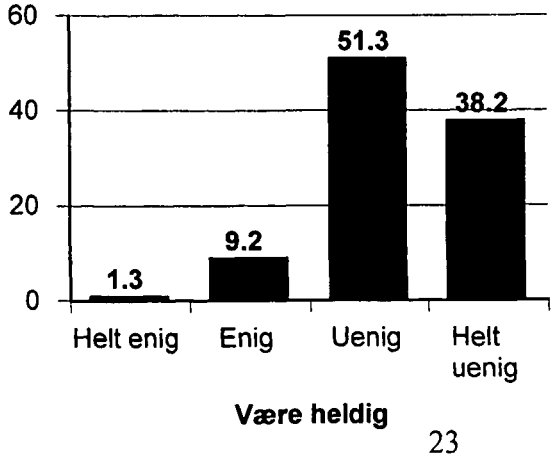
Fysikken er en så god beskrivelse af virkeligheden som det er muligt at lave

Dette spørgsmål skulle egentlig fortælle noget om elevernes opfattelse af fysikkens mere ontologiske status. Men man skal nok passe på med at overfortolke svarene på et så enkelt og unuanceret spørgsmål. Knap halvdelen af eleverne er enige i udsagnet. Det interessante er snarere den halvdel, som ikke ved, hvad de skal sige til udsagnet, hvilket kunne tyde på, at fysikkens status ikke er blevet gjort til genstand for diskussion i deres tidligere skoleforløb. Netop fysikken som en (stærkt reduktionistisk) model af (en del af) virkeligheden kan derfor være vanskelig at forstå for disse elever.
Der er kun meget få kommentarer til dette spørgsmål, typisk gående på at fysikken kun omhandler en del af vores verden.

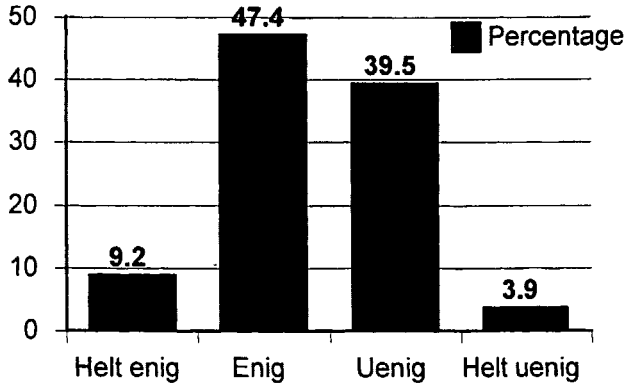
Hvad kræver det at lære fysik?

Her er eleverne blevet bedt om at forholde sig til en række udsagn om hvad der kræves for at lære fysik.

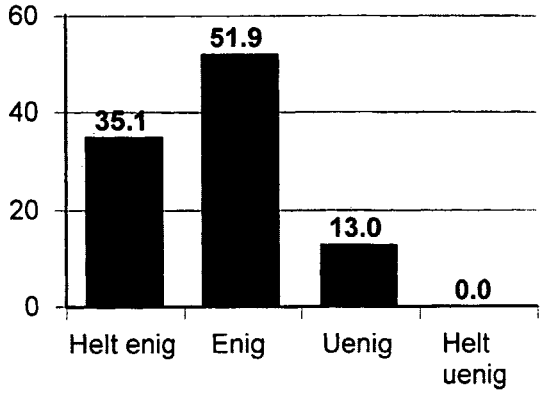




Fysik har ry for at være svært og mange har haft problemer med at lære det, så ikke overraskende er der stor enighed om at det kræver gode evner for at klare sig i fysik, og at man ikke kan klare sig med held.

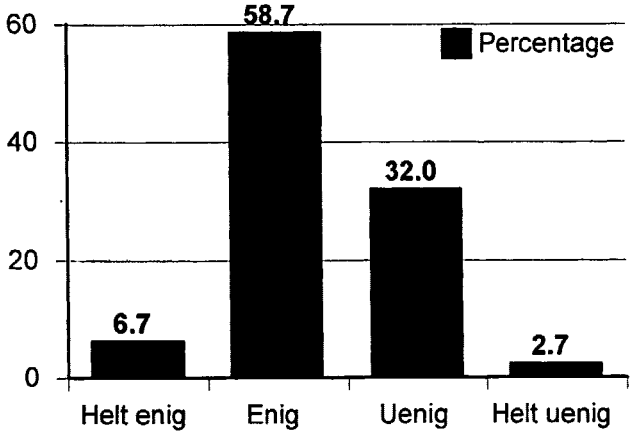


Have en særlig matematisk begavelse



Arbejde hårdt med faget hjemme

Myten om at det at lære fysik kræver en særlig matematisk begavelse anfægtes kun af godt 40 %. Forståelsen er åbenbart i skolen stadig bundet op på evnen til at beherske en matematisk formalisme og denne evne anses af mange for at være nærmest medfødt.
Langt de fleste har erfaring med at fysik kræver hårdt hjemmearbejde. Næsten 2/3 mener desuden at man skal lære meget udenad. Dette er naturligvis også baseret på erfaring, men kan samtidig være udtryk for et noget uhensigtsmæssigt læringssyn. Se næste afsnit.



Lære meget fra lærebog eller noter udenad

GYMNASIEMÆSSIGE FORHOLD OG LÆRINGSSYN

Godt halvdelen af eleverne kom direkte fra 9. klasse.

Hvorfor gymnasiet? og bagefter?

De havde valgt gymnasiet af mange forskellige grunde. For en meget stor del (ca. 35 %) var det snarere en udskydelse af et valg end et egentligt tilvalg:

> *Fordi jeg ikke rigtig vidste hvad jeg ville*
> *Det er en meget bred uddannelse, så man har mange muligheder bagefter*
> *Jeg er endnu ikke sikker på hvad jeg vil, så jeg syntes gymnasiet var en god bred grunduddannelse*
> *Det var det der lød mest fristende, og fordi min bror tidligere har gået her*

For en anden gruppe (15 %), der havde udsagn delvist overlappende med den første, var gymnasiet også en udskydelse af et endeligt valg, men de angav, at de havde intention om at bruge den til at ville læse videre:

> *Fordi jeg ville gå videre med min uddannelse*
> *Fordi jeg kan lide at lære mere, og vil læse videre senere i livet*
> *Fordi jeg gerne vil have en videregående uddannelse som jeg kan bruge til noget*

Kun 5 % angav en konkret videreuddannelse, de skulle bruge deres studentereksamen til:

> *Jeg vil gerne have en uddannelse med dyr og det skal der bruges en studentereksamen til*
> *For at få fysik og matematik på et højere plan*
> *Jeg vil gerne læse jura*

Spørger man hvad de vil efter studentereksamen, er der flere (ca. 25 %), der har nogle bud, som dog for manges vedkommende er ret løse:

> *Læse biologi eller et andet naturvidenskabeligt fag*
> *Rejse, social- og sundhedsuddannelse*
> *Computeringenør/apoteker*
> *Et år ud og rejse og senere på universitet og læse medicin*

Det at rejse og tage sabbatår er et ønske som udtrykkes af 15 %.

Det er således ikke et målrettet valg der er årsag til at eleverne går i gymnasiet og kun 3-4 elever ud af 78 udtrykker et ønske om at lære noget naturvidenskab eller om senere at skulle bruge naturvidenskabelig viden.
Der ser ud til at ligge et stykke arbejde i at motivere eleverne for de naturvidenskabelige fag.
Ud over holdningerne til naturvidenskab er også elevernes opfattelser af læring af betydning for deres udbytte af undervisningen.

Læringsopfattelse og læringsstil

En del (ca. 15 %) omskriver at lære til andre udsagn:

At lære noget nyt
At jeg går hjem og kan mere end da jeg kom
Når man bliver klogere
At blive bedre til en ting

Andre (ca. 6 %) hentyder til selve den proces, hvorved læring sker:

Arbejde med faget
Man prøver noget selv
Arbejder hårdt og følger med i timerne
Det at eleven er aktiv både hjemme og i timen

18 % svarer ikke eller svarer *ved ikke*.
Resten fordeler sig over det "sædvanlige" læringsbegrebshierarki (Dolin & Ingerslev, 1997) sådan som det oprindeligt er formuleret af Roger Säljö og Ference Marton i 1979[1].
En stor del (17 %) ser læring som en passiv modtagelse af viden fra andre (læreren) og skriver kun dette (ofte med udsagn som ligner den første kategori):

At få mere viden
At man får noget at vide man ikke vidste

[1] De to første artikler i serien *Learning in the learner's perspective* var skrevet af Säljö selv (Säljö, 1979a, 1979b), den tredje sammen med Ference Marton (Marton & Säljö, 1979) og den sidste af Säljö alene (Säljö, 1979c).

Denne passive opfattelse suppleres af nogle (8 %) med at man skal kunne bruge sin viden og/eller huske den:

At få noget viden som man kan bruge senere
At få viden ind og "holde" på den
At få viden, som man med en vis rimelighed kan huske næsten hele tiden

En stor andel (21 %) tilføjer et krav om forståelse, eller kobler forståelse med at huske og/eller bruge:

At høre eller læse noget og derefter forstå det fuldstændigt
At kunne forstå det
At forstå noget og kunne udføre det i praksis
At forstå noget og måske kunne bruge det i hverdagen

Enkelte nævner at tilegne sig viden (dvs. en egen aktiv handling) og enkelte har andre formuleringer, der måske kan opfattes som mere tolkende læringsopfattelser:

Når man kan gå hjem fra skole og føle at det er ligesom der er gået et lys op for en.

Generelt må man sige, at eleverne giver udtryk for en ret uudviklet opfattelse af læring selv om der naturligvis ikke er fuld overensstemmelse mellem svar i et spørgeskema og elevbevidsthed om et forhold.

Det er ligeledes svært at tolke elevsvarene på spørgsmålet om hvordan de mener at de lærer noget. Langt de fleste skriver at de læser, lytter til læreren, laver lektier og lignende skolespecifikke udsagn. Men hvad vil det sige at læse? Man kan i overensstemmelse med konstruktivismens opfattelse af læring som et resultat af den lærendes aktive handlen prøve at tolke hvilke udsagn, der giver udtryk for (egen)aktivitet og hvilke der virker mere passive.
26 % skriver udsagn som:

Ved at arbejde med emnet
Ved at være aktiv i timerne
Ved at have lyst til at lære, ved at arbejde selv, med andre, skrive det ned
Ved at forstå det, danne et billede af tingene og bygge videre på det
Ved at læse og skrive noter

Disse udsagn vil jeg tolke som udtryk for en aktiv handlen i forhold til det, der skal læres, selv om det "at tage noter" sagtens kan ske ret passivt.

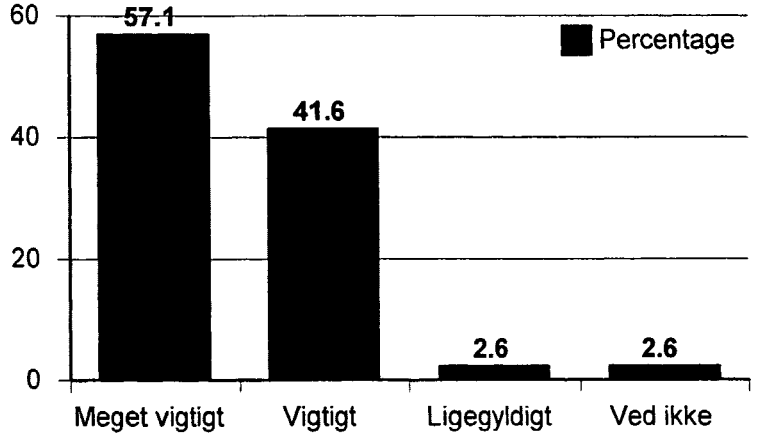
Hvorimod udsagn som:

Når jeg hører efter i timerne
Ved at følge med og lave lektier
Høre efter
Få det forklaret! Af læreren!
Læse indenad

tolker jeg som en mere passiv forholden sig til undervisningen, vel vidende at man sagtens kan være aktivt lyttende. 40 % tilhører denne kategori.
Den sidste gruppe (på 13 % af eleverne) vil jeg også tolke som passive elever, idet de lægger vægt på at undervisningen skal være interessant:

Når læreren formår at fange min interesse og opmærksomhed ved at gøre undervisningen mere alternativ
Hvis jeg er interesseret, så derfor er det vigtigt at timerne er en smule underholdende
Ved at det er sjovt

Til sidst lægger næsten alle elever meget vægt på at have et godt forhold til læreren. Dette viser sig da også i de udsagn eleverne kommer med om undervisningen.



Hvor vigtigt synes du forholdet til læreren er for at lære noget?

Eleverne identificerer i høj grad faget med fagets lærer, hvilket fremgår af kommentarer som:

Hvis dårligt forhold til lærer gider man ikke høre

Hvis du ikke kan lide din lærer bliver faget kedeligt, for man hører ikke efter
En spændende lærer gør faget interessant
Hvis en lærer ikke kan finde ud af at formidle lærdommen til eleverne, kan man ikke lære noget. Læreren skal også gøre det interessant

SAMMENLIGNING MELLEM FOLKESKOLENS OG GYMNASIETS FYSIKUNDERVISNING

I slutningen af 1g uddelte vi igen et spørgeskema til eleverne (bilag 4), og jeg vil her fremdrage de resultater der berører forhold mellem folkeskole og gymnasium. Vi bad dem om at karakterisere fysik/kemi-undervisningen i folkeskolen og i gymnasiet og om at sammenligne deres engagement og lyst til fysik i de to skoleformer. Vi bad dem desuden beskrive hvorledes de oplevede overgangen fra folkeskolens fysik/kemi-undervisning til gymnasiets fysikundervisning. I de 2 klasser afleverede de 23 fremmødte elever, og i den tredje klasse de 11 fremmødte elever (klassen havde øvelser, så det er et tilfældigt udvalg, men det var ikke praktisk muligt at få den anden halvdel af klassen til at besvare spørgeskemaet)

Folkeskolens fysikundervisning i tilbageblik – og gymnasiets

Formålet er her ikke at give en retfærdig eller dækkende karakteristik af folkeskolens fysik/kemi undervisning, men at få de tre klassers elever til at sætte ord på hvorledes de oplever undervisningen i de to fag – set med gymnasiefysikken frisk i baghovedet og før man må formode at de helt har glemt folkeskoleundervisningen.
Generelt giver eleverne en mere positiv karakteristik af gymnasiefysikken end af folkeskolefysikken. Jeg har vurderet hvert enkelt udsagn som værende negativt, neutralt eller positivt. Der er naturligvis tale om en subjektiv vurdering, men der var overraskende få tvivlstilfælde i karakteriseringen af de enkelte udsagn:

N=57	Negativ	Neutral	Positiv
Elevkarakteristik af folkeskolefysikken	18	24	15
Elevkarakteristik af gymnasiefysikken	6	21	30

Vurderet med gymnasieerfaringerne som sammenligningsgrundlag bliver folkeskolens undervisning værdsat lavere end ved gymnasiestarten.

Her er nogle af elevernes udsagn om den undervisning de havde fået i folkeskolens fysik/kemifag:

Negative:

Der er så mange ting som jeg burde have lært i folkeskolen og som jeg ikke har og har så haft problemer med at forstå nogle emner

Den var en smule kedelig og udfordringen var ikke særlig stor

... man blev heller ikke sat ind i talbehandling eller anden form for sammenhæng mellem forsøg og teori

Vi lavede en hel masse forsøg, men fik aldrig nogen ordentlig teori om hvad det egentlig gik ud på

I folkeskolen var det meget overfladisk, vi gik aldrig i dybden med noget

Neutrale:

Vi havde meget el-lære i fysik i 9. klasse – det kan godt være kedeligt at arbejde med det samme i et helt år – det blev bedre i 10. klasse

Nemt – der var ikke så meget teori og vi beskæftigede os ikke med komplicerede emner

Positive:

Sjovt, stille og roligt

Jeg havde en kanondygtig lærer der forstod at undervise altså at videregive faget på en god måde

I 9. klasse syntes jeg at faget var ret spændende; vi lærte ret mange ting hvis man gad høre efter; disse ting er der så blevet bygget meget mere på her i gymnasiet

Det var sjovt, enkelt og let. Der var næsten ingen formler der skulle læres uden ad; og fordi det var sjovt huskede man også det lærte

Om undervisningen i 1.g faldt udtalelser som:

Negative:

Meget rodet. En masse formler med bogstaver som jeg ikke rigtigt har kunnet forstå meningen med

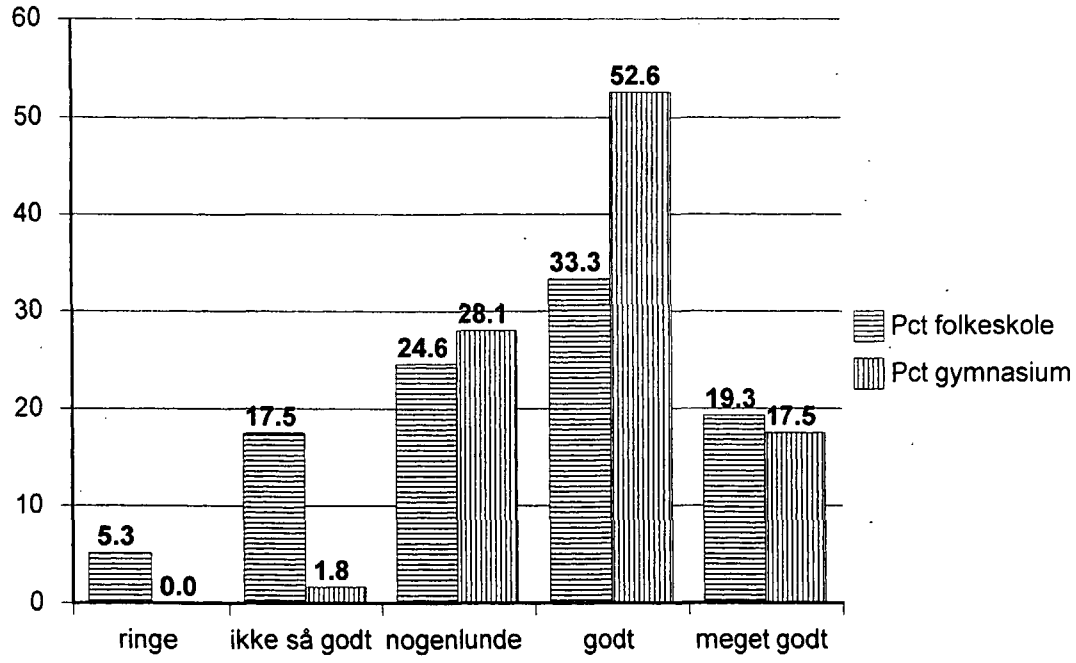
Jeg synes det er blevet mere tørt og svært. Der er ufattelig mange formler, der er svære at huske men når man først har lært formlerne og sat sig ind i stoffet bliver det spændende

Positive:

Jeg kan godt lide at man har en formel, som man kan bruge, og at man får et resultat, som enten er rigtigt eller forkert. Det er blevet sværere, men det er også spændende (for det meste)

Faget er blevet meget bedre, man får en lærer der er kvalificeret til at undervise. De interesserer sig også for faget
Jeg oplever i dag fysikken som et meget levende fag. Emnerne er talløse og meget mere spændende fordi de "fortæller hvordan verden fungerer"
Vi har lavet en del forsøg og har samtidig fået en ordentlig teori der har givet mig en forståelse af forsøgenes resultater. Det er heller ikke gået for stærkt.
Jeg har fået en meget bedre forståelse for faget. Da man arbejder mere grundigt med de forskellige emner, bliver det lettere at overskue og forstå faget. I gymnasiet har faget meget mere med matematik at gøre end i 9. klasse og det gør det for mig lettere at forstå
Jeg synes at det er blevet bedre, ik bare eksperimentelt, men også teorien for nu kan man forstå den lidt bedre

De positive bemærkninger kredser om tilfredsheden ved den øgede forståelse som følger af mere teori, og en glæde ved "at finde ud af hvordan tingene fungerer".



Engagement og lyst til fysik i hhv folkeskole og gymnasium (n=57)

Dette afspejler sig også i et øget engagement i og lyst til fysik i gymnasiet: De to laveste kategorier (som talte en fjerdedel af eleverne i folkeskolen) er simpelthen forsvundet!

Det er en fagpædagogisk vigtig konstatering at negative erfaringer fra fysik i folkeskolen ikke blokerer for en positiv opfattelse af faget i gymnasiet. Og omvendt kan et stort engagement i folkeskolen ikke bære én gennem en undervisning man ikke har det godt med. Eleverne vurderer således den konkrete undervisning de bliver udsat for og kan bestemt skifte holdning til faget, hvis den er anderledes end de er vant til. Dette svarer til en af konklusionerne i GFII - rapport nr.1 (Krogh & Thomsen, 2000)(s. 64):

Elevernes møde med fysikfaget er meget dynamisk: 28% af eleverne oplever at få mere lyst til fysik, mens 37% angiver, at lyst og engagement aftager. Gymnasiefysikken har således mulighed og ansvar for at præge elevernes oplevelse af faget.

En kategorisering af skiftene i holdning til undervisningen i folkeskole og gymnasium viser:

Holdningsskift	Klasse 1 (N=23)	Klasse 2 (N=23)	Klasse 3 (N=11)
Negativ til positiv	9	3	1
Negativ til neutral	1	2	0
Neutral til positiv	4	2	1
Positiv til neutral	4	2	1
Positiv til negativ	1	2	0
Neutral til negativ	0	0	1

Det er meget forskelligt fra klasse til klasse hvor mange elever der skifter holdning, og det er også stor forskel på andelen der skifter i henholdsvis positiv og negativ retning. Disse bevægelser afspejler elevernes tilfredshed med undervisningen i de tre klasser, men den vigtige pointe er her at undervisning kan flytte elevholdning til faget. Dette er også en af hovedkonklusionerne i en undersøgelse af elevers holdninger til dansk i folkeskole og gymnasium (Ingerslev, 2001).

Oplevelser af overgangen folkeskole/gymnasium

Den beskrivelse, eleverne blev bedt om at lave af deres oplevelse af overgangen fra folkeskolens fysik/kemi-undervisning til gymnasiets fysikundervisning, falder i tråd hermed, men føjer nogle dimensioner til.
De fleste elever skriver at faget er blevet sværere, men ikke uoverkommeligt, og mange tilføjer at belønningen er en mere interessant undervisning:

> *Det er blevet langt sværere. Derfor kræver det ligeledes en større arbejdsindsats. Det er temmelig interessant og arbejdsformen er god*

Sværhedsgraden har været svagt stigende gennem året begyndende lavt. Det har medført at alle har haft en chance for at følge med (springe på vognen) og det har højnet interessen
Alene det at få en anden lærer gjorde det så meget bedre ...
Overgangen var meget passende. Man fik en større interesse i faget og det gik op for mig at fysik også handler om ting man kan bruge i hverdagen
Det er blevet en hel del sværere her i 1.g, men det er derimod også meget lettere at få sig selv til at følge med i, da det er langt mere interessant. Det er godt at lave rapporter over øvelser og også rigtigt godt at aflevere blækfysik en gang imellem
Det har været godt at skifte lærer til en der ved hvad hun taler om. Kort sagt er undervisningen i folkeskolen alt for dårlig, og lærerne er ligeglade med hvor meget eleverne følger med
Overgangen var ikke så slem, men undervisningen blev mere koncentreret fordi vi kun har fysik og ikke fysik/kemi
Det har været ok. Det er blevet nemmere at adskille kemi og fysik
Det er blevet delt op i to fag, så man kommer længere ned i tingene. Det er mere interessant

Kun meget få beklager sig over et uoverkommeligt stort spring i de faglige krav og en del siger at de har opfattet det som en glidende overgang. Derudover fremhæves fordelen ved at skifte lærer og ved at få adskilt fysik og kemi.

OPSUMMERING OG UDSYN

Alt i alt er udgangsbetingelserne for gymnasiets fysikundervisning hvad angår elevholdninger gode hvis de tre undersøgte klasser på nogen måde er repræsentative.
Ved indgangen i 1.g kommer eleverne med overvejende positive holdninger til fysikfaget. De har godt nok ikke nogle eksplicitte ønsker eller interesser knyttet til fysik, en manglende grundmotivation som sikkert er et generelt problem i gymnasiet, men de kæder faget sammen med muligheder for at lære om relevante forhold i deres omverden. En del har været udsat for kedelig og meget lidt udfordrende undervisning – det *er* de fagligt dygtigste elever vi får i gymnasiet – men 2/3 af eleverne har alligevel fået fremmet deres interesse for naturvidenskab. Eleverne kunne lide fysik(/kemi) i folkeskolen og havde for langt de flestes vedkommende let ved det.

Mogens Niss udtaler i Gymnasieskolen nr. 9, 2001:

> *Danmark er det land i verden, jeg kender til, hvor jerntæppet mellem folkeskolekredsløbet og det gymnasiale kredsløb er stærkest, og det kan man ikke uden videre ændre på med didaktiske redskaber.* (Niss, 1999)

Alligevel har overgangen til gymnasiet ikke været skræmmende for eleverne i de tre klasser. Mange har tværtimod følt at gymnasiets arbejde med fysikkens teorier var meningsfuldt og sliddet værd fordi det gav den målrettethed som savnedes i folkeskolen. Som en elev udtalte:

> *I gymnasiet får man at vide hvorfor det er som det er ...*

Man får indtryk af at det først er i gymnasiet at forklaringerne kommer – eller at det i hvert fald er i gymnasiet det bliver klart for eleverne at de får forklaringer – mens man i folkeskolen i vid udstrækning får at vide at "sådan er det bare". Eller også er det først i gymnasiet de er intellektuelt parate til at forstå forklaringerne. Folkeskolens eksempler og iagttagelser af fænomener efterfølges af gymnasiets teorier og abstraktioner, oplevelserne erstattes af tilegnelse og forklaring.

Årsagerne hertil kan være mange. Folkeskolen rummer alle elever, også de som har endog meget svært ved abstrakt tænkning, og måske anses det for urealistisk at kunne få flertallet af eleverne til at opnå en rimelig grad af forståelse. En række undersøgelser (Adey & Shayer, 1994; Shayer & Adey, 1981) påpeger at eleverne først sent når Piagets formelt-logisk udviklingstrin, for langt de flestes vedkommende efter folkeskolen. Selv om en sådan opfattelse kan problematiseres (se s. 106ff) kan den meget vel have legitimeret tingenes tilstand.

Gymnasiet på sin side har haft som sit adelsmærke at lære eleverne de teoretiske sammenhænge. Koblingen til matematik har traditionelt været stærk, og når der har skullet skæres ned, har det været eksemplerne og øvelserne det er gået ud over, mens man i vid udstrækning har fastholdt de samme lovmæssigheder. Resultatet er blevet et fag med megen vægt på formalisme og teori og meget lidt tid til virkelighedens fænomener (selv om der er tendenser på en opblødning).

Men det er uheldigt at adskille oplevelse og forståelse. Selv om det næppe er muligt (og ønskeligt?) at inddrage formelformalisme i folkeskolen, vil arbejde med et vist symbolsprog kunne give bedre mulighed for forklaringer og forståelse og måske vigtigst: give eleverne en opfattelse af og holdning til at der *er* forklaringer. Og at brugen af symbolsprog blot er en måde at udtrykke denne forklaring på. I hvert fald vil det for nogle, og måske især de der senere kommer i gymnasiet, mindske frustrationerne i folkeskolen over at blive "snydt" for forklaringer, og det vil lette disse overgangen til gymnasiet. Og gymnasiet vil på den anden side uden tvivl vinde ved at erkende at teoretisk arbejde lettes og gøres meningsfuldt hvis det er baseret på oplevelser af de fænomener, som teorierne ofte er udsprunget af.

Forholdet mellem eleverne, lærerne og faget er derfor forskelligt i de to systemer:

> *Hvor folkeskolelærerne ser sig selv som ambassadører for eleverne over for et fag, betragter gymnasielærerne sig som ambassadører for faget over for eleverne.*
> (Mogens Niss. op.cit.)

Hvis man skulle give et forsigtigt ønske om ændringer i forholdet mellem folkeskolefysikken og gymnasiefysikken, så kunne det være:

- Mere kendskab til fagets praksis i det andet system. En dialog vil kunne bidrage til en erfaringsudveksling om undervisning og læring som vil kunne nedbryde fordomme og myter og som vil kunne øge effektiviteten begge steder.
- Det vil set fra gymnasiets side være ønskeligt med en mere målrettet udskoling fra folkeskolen, også fagligt. Måske kunne man, med behørig respekt for folkeskolens enhedspræg og grundlæggende fælles socialisering, udnytte muligheden for holddannelse i de ældre klasser, således at elever med stærk interesse for fx fysik i en vis del af undervisningen fik mulighed for at forfølge denne interesse.
- Gymnasieundervisningen kan uden tvivl gøre mere for at hjælpe eleverne med at knække koden. Dette kan gøres ved at forankre teorierne og begreberne i fænomener i elevernes omverden og ved at gøre mere ud af fysikkens metaperspektiver.

Men det er vigtigt at understrege at elevudtalelserne i denne undersøgelse ikke giver belæg for at fortælle en forfaldshistorie. De lægger snarere op til nogle grundlæggende overvejelser over hvad man vil med fysikundervisningen i de to systemer. Skal der være en arbejdsdeling og et skel imellem dem eller er det ønskeligt at de udvikles som et kontinuert system?

Et af de alvorligste problemer – som heller ikke er et fysikspecifikt problem – er elevernes ufuldstændige læringsopfattelse. Koblet med opfattelsen af at fysik mest er for matematisk begavede og en manglende opfattelse af fysikkens status, ligger der en fagpædagogisk udfordring i at lære eleverne at lære fysik og at få en forståelse for hvad fysik er. To forhold der hører sammen og som behandles i de kommende afsnit.

LITTERATUR

Adey, P. S. & Shayer, M. (1994). *Really Raising Standards: Cognitive Intervention and Academic Achievement*. London: Routledge.

Dolin, J. & Ingerslev, G. (1997). Pædagogik og faglighed. *Gymnasieskolen*(11).

Ingerslev, G. (2001). *Forestillinger om dansk.* Unpublished Ph.d., Danmarks Pædagogiske Universitet, København.

Krogh, L. B. & Thomsen, P. V. (2000). *GFII-rapport nr. 1: Undervisningsstil og læringsudbytte - en undersøgelse af fysikundervisningen i 1.g* (CNDs skriftserie no.1). Aarhus: Center for Naturfagenes Didaktik, Aarhus Universitet.

Marton, F. & Säljö, R. (1979). *Learning in the learner's perspective 3. Levels of difficulty seen as a relationship between the reader and the text.* Göteborg: Pedagogiska Institutionen, Göteborg Universitet.

Niss, M. (1999). Kompetencer og uddannelsesbeskrivelse. *Uddannelse*(9), 21-29.

Shayer, M. & Adey, P. S. (1981). *Towards a Science of Science Teaching.* London: Heinemann.

Skov, P. (1998). *Unges fremtid - meget afgøres tidligt. Erfaringer fra en forløbsundersøgelse.* København: Danmarks Pædagogiske Institut.

Säljö, R. (1979a). *Learning in the learner's perspective. 1. Some Common-sense conceptions.* Göteborg: Pedagogiska Institutionen, Göteborg Universitet.

Säljö, R. (1979b). *Learning in the learner's perspective. 2. Differences in awareness.* Göteborg: Göteborg Universitet: Pedagogiska Institutionen.

Säljö, R. (1979c). *Learning in the learner's perspective. 4. Considering one's own strategy.* Göteborg: Göteborg Universitet: Pedagogiska Institutionen.

Kapitel 2
HOLDNINGER TIL FYSIK OG LÆRING
HOS ELEVER OG LÆRER

Jeg vil i dette kapitel gå tæt på den klasse, jeg fulgte i ALF-projektet. Ved at gennemgå og analysere det materiale jeg har samlet sammen, vil jeg forsøge at karakterisere det læringsmiljø, der er bygget op, og den måde forskellige elever har formået at udnytte det på. Kapitlet tjener således som et eksempel på, hvorledes fysikundervisning *kan* gribes an, og hvorledes den forløber, når elever og lærer har bestemte opfattelser af fysikfaget og undervisningen. Samtidig er det meningen gennem denne empiribearbejdning at udskille nogle områder, som det vil være meningsfuldt at udvikle et teoriapparat om. Så at sige at pege på nogle karakteristiske træk ved (i hvert fald den observerede) fysikundervisning, som det vil være nyttigt at indfange teoretisk, hvis man vil forstå og videreudvikle det iagttagne.
Udgangspunktet er en opfattelse af, at der er en tæt sammenhæng mellem de holdninger, man som lærer har til faget, og de opfattelser, man har af læring, og så den måde man gennemfører sin undervisning på (Dolin, 2000). Man vil som lærer i vid udstrækning planlægge og gennemføre sin undervisning i overensstemmelse med det læringssyn og den fysikopfattelse, man har, således som det er illustreret i figur 1, s.6. Der er ikke simple og entydige sammenhænge mellem holdninger og praksis, og de er langtfra altid bevidste og formulerede. Men så meget des vigtigere er det at forsøge at afdække dem.
Tilsvarende vil det udbytte, eleverne får af at deltage i undervisningen, i høj grad afhænge af hvilket syn, de har på læring og på det fag, der undervises i.
Disse sammenhænge er vigtige for at forstå elevers læringsmuligheder i en konkret undervisning.

Jeg så på hvilket lærings- og fysiksyn læreren og eleverne i x-klassen[1] havde, og hvordan det udviklede sig. Jeg vil vise, hvorledes blev undervisningen bygget op som følge heraf, og hvilken påvirkning denne organisering havde på elevers holdninger og udbytte.
Det vil ske via en reflekteret gennemgang af store dele af det empiriske materiale, der er indsamlet. Det drejer sig om et ret omfattende materiale. Jeg deltog i størstedelen af klassens fysiktimer i 1. og 2. g og optog en stor del af disse på video. Så ud over noterne fra klasseobservationerne har jeg registreret og analyseret videooptagelserne. Jeg har desuden haft adgang til elevernes skriftlige arbejder, både deres almindelige fysikopgaver, deres øvelsesrapporter, deres projektrapporter og deres fysiktest og skriftlige evalueringer. Dette registrerende materiale til belysning af den daglige undervisning, baseret på hændelser som i vid udstrækning har været uafhængige af mig, har jeg suppleret med mere analyserende

1 Dette er den klasse, som deltog i ALF-projektet, og altså en anden end den x-klasse der refereres til i kapitel 1 og kapitel 9 og 10.

indsamlinger i form af interviews af læreren og eleverne og spørgeskemaundersøgelser af eleverne, hvor jeg altså som forsker direkte har gået ind og påvirket situationerne. Jeg har også i enkelte tilfælde arrangeret elev(undervisnings)-situationer, som er registreret.
Materialet inddrages i forskellig grad af bearbejdning. Jeg har valgt at bringe mange udsagn uden uddybende kommentarer, idet de i høj grad taler for sig selv, og jeg mener det er lærerigt at se udtalelserne i deres helhed. Først gennemgås lærerens holdninger og opfattelser, derefter elevernes. Derefter fremdrages nogle karakteristiske træk ved undervisningen, således som den har formet sig i denne specifikke klasse, og afslutningsvis bringes klassens og lærerens evaluering af de to års arbejde.

LÆREREN

Lige i starten af 1g interviewede jeg læreren, X[1], for at høre om hendes pædagogiske og faglige holdninger. X havde ikke fået spørgsmålene i forvejen.

Første interview

Hvad er dine forventninger til klassen, hvad regner du med at opnå med dem, og hvad er din pædagogiske grundholdning eller holdning til undervisning og måske også holdning til fysik - og hvordan prøver du at realisere det i praksis?
Min pædagogiske grundholdning ... det er nok, at det drejer sig om at få dem til arbejde så meget som muligt med tingene selv. Det er sådan det grundlæggende i hvert fald. Det er den ene ting, og den anden ting er, at fysik er meget svært, bl.a. fordi der er så mange forskellige discipliner, man skal lære, og derfor skal det indføres stille og roligt og langsomt. De skal ikke kunne regne en perfekt opgave første gang, de kan ikke have det hele med, men de skal vide hvilke krav, der er, og de skal også vide, at de ikke er færdiguddannet til at lave en besvarelse. Der skal være progression i det på den måde. Det samme med rapporter og øvelser: Der er nogle småøvelser, hvor formålet simpelthen er at prøve at lære, det er det de er i gang med nu, bare at optræde i et laboratorium, og så får de nogle strammere og større opgaver, og så skal de efterhånden, er mit mål, lære at designe de forsøg selv, prøve selv at tænke sig om når de laver forsøgene.
Jeg forventer mig i hvert fald at der bliver et meget, meget godt arbejdsklima. Det syntes jeg, at jeg kan mærke på dem, ikke, så det, det har jeg egentlig store forventninger om.

Er det noget du arbejder med aktivt, altså at lave et godt arbejdsklima?

1 Dette er den samme lærer X som i kapitel 1, 9 og 10.

Det gør jeg normalt; lader dem tænke over andre ting end de strengt faglige, prøve at beskrive hvordan de opfatter god undervisning og gode elever og gode lærere og dens slags, ikke, og det vil vi så gøre sammen i vores lærerteam i år, både i dansk og matematik og fysik. Vi vil gå ind og prøve at diskutere sådan nogle ting med dem, og så vil vi have de samme rammer for, hvordan man arbejder sammen i grupper, og hvordan man laver projektarbejde og sådan noget, så vi bruger de samme ord og prøver på at blive enige om de samme vaner.

...

I starten har jeg bestemt at vi skal lave balloner. Der kommer sådan nogle lette begreber med massefylde og sådan noget, og det er sjovt for dem at lave de der heliumballoner og få dem til at flyve. Efter det vil jeg så gå i gang med at prøve at lære dem at læse bekendtgørelser; arbejde med det, så de også får en idé om, hvad der skal foregå. I starten her, der er det sikkert også mig der kommer til at bestemme hvad vi så kaster os over mest. Det tager lang tid at lære dem at få den indflydelse der, ikke, men ellers vil jeg da sige at princippet for rækkefølgen er egentlig at de skal, i høj grad, kunne gå ind og præge det, ikke, og kunne se mulighederne i nogle temaer.

Det vil sige du er villig til at lade noget fylde mere end normalt?

Ja, klart, helt sikkert, jo mere de kommer til at arbejde med noget de selv interesserer sig for jo bedre. Det er klart der er nogle grænser for det, man kan heller ikke lade 28 mennesker stå med hver deres ting. Men jeg mener godt der kan være lad os sige 4 forskellige temagrupper, som man så prøver at få samlet på en eller anden måde. Jeg tænker meget over, at de skal prøve nogle forsøg og prøve nogle ting af, prøve nogle formler af og gøre nogle ting før man går ind og docerer teorien, ikke, så det kører den vej rundt.

Hvad er det der er svært ved at lære fysik?

Når man som fysikelev sidder i sådan en 1g så får man simpelthen væltet så mange krav ud i hovedet lige på en gang, det kan slå mange af pinden, tror jeg. Selv om man rent faktisk godt ved at hvis det der er noget hastighed og det er noget sted og man gør sådan, så kommer der en tid ud og det er egentlig rigtigt nok, men så får man 17 røde streger, fordi der mangler sekunder, og der er ikke sat ordentligt ind - det slår mange ud.

De elever der kommer med den forestilling at de ikke kan fysik, kan du gøre noget ved dem?

Ja, det tror jeg egentlig godt. Man bliver jo nødt til at vise dem, i hvert fald at fysik er sjovt, ikke. Jeg starter med at lade dem gå rundt og lave nogle eksperimenter, hvor de kan få lov til at prøve nogle ting af og få noget ro til det. De skal have nogle succeser, ikke.

Hvor meget går du ind og lærer de enkelte elever at kende, og hvad betyder det for din undervisning?

Jeg har stædigt kæmpet mig igennem hver klasse jeg har fået og snakket med dem. Det tager tid at snakke med hver enkelt elev, men det betyder utrolig meget for deres forhold til mig. Jeg tager det så op igen i starten af, måske tidligere, hvis der er behov for det, men ellers i starten af 2g. Snakker med dem igen, om hvordan er årsprøven gået og hvad skal vi (i år) og sådan noget, men altså det betyder meget for dem, men det betyder også utrolig meget for mig altså, at kende dem.

Opsummerende kan man sige, at X har en meget bevidst holdning til, hvilken pædagogik hun vil bruge, og at den i meget høj grad går ud på at skabe trygge rammer og et godt arbejdsklima, hvor eleverne får mulighed for selv at formulere sig om fysikken. Fagligt set har X som udgangspunkt, at fysikken er svær, og at det, der skal drive læreprocessen, skal være elevernes interesse og mulighed for medbestemmelse samt en bevidst progression. Progressionen viser sig bl.a. i arbejdssedlerne og i de stigende krav til øvelsesrapporterne

Andet interview

Midt i 1g interviewer jeg igen X for at få uddybet hendes fagsyn og læringssyn i lyset af den undervisning, jeg har set indtil da.

Hvad mener du læring er?
Det er vel mange ting, men det er vigtigt at man selv bearbejder tingene på en eller anden måde, for at opnå læring. At man selv arbejder aktivt med det, det syntes jeg, det ser man eksempler på igen og igen og igen i undervisningen.
Så skal man jo kunne anvende det man har lært i andre situationer og kunne, man skal . . ja . en eller anden model f.eks. i fysik, hvornår man har lært noget om den, det har man vel først når man overhovedet kan overskue at det er en model, på en eller anden måde, og hvis man så kan, altså man når op på et niveau hvor man kan se at, at det hele i virkeligheden er modellering og hvordan de adskiller sig fra hinanden. Men i første omgang er det vel at kunne anvende sådan en model der.

Er det så også det, der er fysik for dig?
Ja, fysik, jamen det er at opstille modeller, der beskriver virkeligheden og så samtidig også kunne beskrive modellernes grænser. Det er vel fysik på en eller anden måde. Og så altså selvfølgelig også har man det der store element: at eftervise eksperimentelt.

Er det sådan så du bevidst tænker, når du nu forbereder dig, at de skal lære denne her model, og hvordan gør de så bedst det?
Ja, altså fx inden vi gik i gang med varmelære, der lavede jeg mig selv et begrebsdiagram, for at prøve at overskue hvad det er for nogle forskellige modeller, man egentlig skal slå

ind på, ikke. Og der har de jo fået introduceret, at der er altså noget, når der er en faseovergang, den hedder model 2, tror jeg, hos dem ikke, og der sker noget, når der er temperaturændring, den hedder model 1. Så de hele tiden har fået det introduceret som modeller.

Det vil sige, du bevidst sidder derhjemme og finder ud af, hvilke modeller er der i det stof, de har nu?
Ja, inden et længere forløb, der bruger jeg lang tid på først at gennemskue, hvad indeholder alt det her egentlig, og hvad er det jeg synes er vigtigt, som der skal spores ind på, og så laver jeg sådan en løs oversigt over, hvordan jeg kunne tænke mig, hvad og hvornår skal vi se på den model og den model, og hvornår skal de træne, og de skal også lige huske at komme ind i nogle dybere anvendelsesopgaver og sådan noget. Og så princippet om at de skal, stort set, rode med nogle øvelser hver gang af en eller anden art, det tænker jeg jo så også med, sådan i hvert fald så jeg har et rimeligt overblik over, hvad der kunne være af ting, der kunne være interessante at arbejde med, ikke.

Er det sådan så du laver en tidsplan?
Nej ikke detaljeret, det vil jeg ikke sige. Det har jeg gjort før hen, men øh, jeg har også udleveret den til eleverne ikke, men det.. . Den går meget hurtigt i vasken fordi, enten arbejder de hurtigere med et eller andet jeg har tænkt mig, eller også langsommere, så skal de hele tiden rettes. Det er selvfølgelig nemmere at sige, når man har de der 3 timer i træk ikke, at den uge jamen der er fokus på den ting, i den uge er der fokus på den ting, det kan man godt, sådan nogenlunde. Vejen gennem varmelæren eller sådan noget tænker jeg mig på den her måde, ikke, at for det første, andet og tredje osv. og det behøver så ikke at være dén torsdag der hedder 1., 2. og 3., vel.

Hvad med den pædagogiske tilrettelæggelse?
Ja, altså det jeg hele tiden overordnet har i baghovedet, det er eleven i centrum og at jeg ikke skal bruge tiden på at tale. Jeg tænker også meget i at der selvfølgelig skal være nogle break af en eller anden art, altså de skal, de skal helst have en eller anden øvelse i hånden og se noget eksperimentelt, ikke. Men det er ikke så besværligt når de grundlæggende sidder og arbejder sammen i grupper, så er det ikke så besværligt lige den del af det syntes jeg.

Hvad skal der til for at eleverne lærer godt fysik i dine timer?
De skal i hvert fald, punkt ét: have en positiv indstilling til det der foregår, det er utrolig vigtigt. Det er måske i virkeligheden også derfor at jeg stædigt holder ved med at tage det stille og roligt her, fordi jeg syntes at der er en positiv stemning i klassen og jeg vil nødig tabe dem på gulvet her, nu, ved at ræse et eller andet trykværk igennem, og så sige: slam, nu er det ellære og bam, bam, ikke.

De skal kunne lide fysik - simpelthen - kunne lide at være der og syntes at der er foregået noget fornuftigt. De skal selv føle at de lærer noget, de kan bruge det til et eller andet . . syntes jeg.

Det tager lang tid at få frem, ikke, og det har taget lang tid indtil nu. Er det ikke sådan, at nogle af de elever som godt forstår det, føler at nu sker der ikke nok?
Jo, det kunne man måske godt tro, men jeg har hele tiden nogle ekstra ting i baghånden vil jeg sige. Altså sidste gang, hvor de læste grafer, hvor jeg tænkte, der må være nogle der, der kører hurtigt igennem det der, så de kan få noget ekstra, der var ikke brug for det. Det kørte egentlig sådan nogenlunde i samme tempo, men ellers så havde de fået et eller andet de kunne ... Så enten er de rimelig homogene eller også så er de rigtig skrappe nogle utrolig søde og sociale mennesker, som går i kast med at lære de andre det. Det tror jeg egentlig nok.
De jo lærer meget af, efter min mening i hvert fald, det der med at få det ud over læberne igen ikke, så jeg føler ikke at der foregår tomgang i den forstand, Helener ikke hos de dygtige.

Du går meget rundt når du har gruppearbejde og snakker lidt med eleverne. Hvad kikker du efter når du sådan går rundt?
Jamen, jeg står og kikker ved en gruppe og ser om der foregår nogle diskussioner der har noget med emnet at gøre, ikke, og jeg blander mig ikke hvis der foregår en ordentlig diskussion. Men de ignorerer mig jo som regel ikke. Hvis jeg står der, så finder de et eller andet de alligevel lige havde og skulle spørge om, ikke, så de bestemmer sådan set selv, hvad de vil tale med mig om. Jeg blander mig som regel ikke, jo altså, det har jeg nok svært ved at lægge af mig og det skal man nok Helener ikke helt. Hvis man kommer ind til en gruppe der er dybt inde i en diskussion om lancierkjolen eller sådan noget, så går den jo som regel i stå af sig selv når man står der og kikker lidt på dem. Det bryder jeg mig ikke så meget om de skal diskutere, men det jo ikke særlig hyppigt lige i den klasse dér, vil jeg så sige, og omvendt skal de altså - de arbejder jo utrolig intensivt, så det er Helener ikke sådan at jeg farer over dem med galde hvis det foregår, men prøver sådan at ... gelejde dem lidt tilbage, ja.

Den måde du underviser på, er det noget der har ændret sig gennem årene?
Ja, meget, helt sikkert. Den store ændring skete da jeg begyndte for alvor at spekulere over naturfagsundervisning og var med i de der UVD-forsøg, ikke, der kørte, hvor det jo blev utrolig indlysende at det er spild af tid for alle, efter min mening, at læreren står og taler. Jeg var simpelthen, jeg blev nødt til at være sur og vred hele tiden og hele tiden skælde ud og det var enormt anstrengende. Sveden springer, man skal hele tiden få dem til at tie stille, ikke, og så når man har kæmpet med det i 2 time og de selv skal prøve og gøre et eller

andet så er aktiviteten lig 0, så har man fået dræbt dem fuldstændig, ikke, og de kan overhovedet ikke engang reproducere hvad det er, man har stået og sagt.
Jeg tror der er utrolig mange lærere der egentlig går rundt og har de der frustrationer, ikke Altså den der erkendelse af, jeg står og siger det, det kan ikke siges mere perfekt, men der sker bare ikke en skid, vel. De der UVD-forsøg har revet godt op i mange ting, fordi der var et tilbud om en masse gode foredrag, der er mange der har fået nogle gode input der, ikke, og også det at man har diskuteret med mange andre lærere rundt fra andre skoler, ikke, mødt hinanden og, nogen har sagt jamen jeg gør sådan og sådan. Gud, kan man også det, tænker man så, jamen hvis han tør så tør jeg fandeme også ikke, så det er meget noget, tror jeg, med at turde give slip.

Du tager ikke elever op til tavlen?
Nej, det er der slet ikke behov for. De taler jo så meget med hinanden. Måske når man når hen der i slutningen af 2g, men det kan man også gøre i mindre grupper, fordele sig rundt omkring på skolen og stå og fortælle nogle ting for hinanden, ikke.

Hvad synes du der er svært ved at undervise i fysik?
Jeg ved egentlig ikke rigtig om jeg syntes der er noget der er specielt svært . Jo det er overordnet svært at få styr på alle de forskellige elementer, der er. Man skal kunne så mange forskellige ting, som elever, før man overhovedet kan noget, ikke. Altså man skal kunne læse på en graf, man skal kunne tegne en graf, man skal kunne skelne mellem enheder og symboler, man skal kunne flytte over på den anden siden af et lighedstegn osv. Det er sådan nogle helt banale biting som jeg tror man tit som fysiklærer slet ikke er opmærksom på, men det er nogle store ting, hvis man ikke kan det.

Tror du det adskiller sig fra andre fag?
Det adskiller sig fra andre fag fordi oven i alt det, så skal du også kunne lære strukturen i at skrive en fysikrapport. Du skal overhovedet se værdien i at kunne rapportere over hele det store område som hedder eksperimentelt arbejde, som i sig selv er pisse svært at forstå. Der er utrolig mange ting, synes jeg, og så oven i, ligesom i andre fag, skal man også kunne læse en lærebog ikke, det er Helener ikke så nemt, og løse opgaver.

Hvad synes du om klassen, hvis du bare sådan meget bredt lige prøver at karakterisere den?
Den er præget af positive og glade elever, simpelthen. Det er jo egentlig lidt underligt, fordi de burde ikke sådan have noget specielt godt forhold til fysik. Så vidt jeg ved var der ikke nogen af dem der overhovedet var i nærheden af at ville have fysik på højniveau - de elever går i vores Carlsbergklasse. Jeg tror det er et tilfælde af en eller anden art. Jeg tror der er en overvejende del af modne, eller, der er flere af dem der er mere modne end man

er vant til i en 1g, og så, de folk der måske er sådan toneangivende i klassen, det er nogle vanvittig søde og morsomme mennesker, ikke, tror jeg.

Kan du lide alle eleverne?
Ja, bestemt.

Kan du altid det?
Ja, det synes jeg egentlig. Altså den måde som jeg tilrettelægger undervisningen på, har jo også haft det sigte at jeg selv skulle have det godt, ikke, det er jo en meget vigtig faktor, at når jeg har fået det meget bedre efter at jeg er begyndt at gøre sådan, så behøver jeg ikke at være sur og det er meget vigtigt. Jeg skal ikke stå hele tiden og få dem til at holde kæft og fortælle dem at de er uregerlige og så bagefter banke dem i hovedet fordi de ikke har noget initiativ til at lave forsøg og sådan noget, ikke, jeg har undgået at skælde ud, ikke, og at være sur.

Opsummering på lærerholdning til elever og fag

For X er fysik at opstille modeller, der kan beskrive virkeligheden samt at arbejde eksperimentelt med disse modeller. Hun er opmærksom på, at faget er svært og er derfor villig til at give tid til den fornødne fordybelse. Hendes timer er ikke tilrettelagt med et detaljeret undervisningsforløb, men som nogle fokusområder der kan udfyldes af det fælles arbejde og dermed med stor grad af fleksibilitet i forhold til elevønsker og behov. Hun bruger lang tid til at kortlægge området og gøre sig klart hvilke fokuspunkter hun selv ser og hvilke modeller eleverne skal tilegne sig – og det gør hun stadig til trods for at hun har undervist i fysik i 15 år.
Hvad der på overfladen kan se ud som en fri, løs undervisning er alligevel i sin grundstruktur baseret på en relativ høj styring. Eleverne kan i vid udstrækning selv tilrettelægge deres arbejde, men inden for de rammer som X har fastsat. At udfylde disse rammer har eleverne lært gennem praksis.
Hendes syn på eleverne er på forhånd positivt og hun har store forventninger til dem.
Som udgangspunkt lægger hun mere vægt på at opbygge en undervisning med et stort *læringspotentiale*, dvs. med store muligheder for at eleverne kan lære noget, end på at checke hvorledes eleverne rent faktisk udnytter dette potentiale. Hun tilfredsstiller de generelle vilkår som den norske uddannelsesforsker Olga Dysthe opstiller for et højt læringspotentiale: Elevengagement, elevdeltagelse og højt forventningsniveau (Dysthe, 1995).
Olga Dysthe skriver:

Med substansielt eller ekte engasjement mener jeg at eleverne er opptatt av og engasjert i selve innholdet, emnet og problemstillingene som danner temaet for en undervisningssekvens (ibid. s.220)

Dette er noget ganske andet end pligtmæssigt at gøre hvad man skal som en god elev, det er simpelthen et spørgsmål om personlig involvering. Det er ganske store forventninger at have til eleverne. Disse forventninger kan de ikke altid opfylde, men erfaringen viser at de heldigvis kan være drevet af andre motiver end "ægte" engagement og alligevel gå op i arbejdet. De er jo i høj grad socialiseret gennem mange års skolegang til at lede efter svar på spørgsmål inden for faglige områder, hvor de ikke er personligt involverede. Spørgsmålet om elevernes engagement i undervisningen er i det hele taget et centralt fagdidaktisk spørgsmål, som bl.a. er blevet grundigt behandlet af (Beyer, 1992), og jeg tager selv emnet op i kapitel 10. Mange af de synspunkter, X giver udtryk for, er overensstemmelse med de overvejelser om vigtigheden af at inddrage affektive faktorer i undervisningen, som Karin Beyer gør sig.
Engagementet er nødvendigt for at fremme den elevdeltagelse, der er en helt afgørende betingelse for læring. Elevdeltagelse er for Olga Dysthe i vid udstrækning synonym med sproglige aktiviteter:

Dersom språk er sentralt i læringsprosessen og det å formulere sig en viktig del av sammenbindingsprosessen mellem ny kunnskap og det en allerede kan, så er konsekvensen at en læringssekvens må gi så mange elever som muligt sjansen til å bruke språket aktivt. (ibid. s. 221)

Engagementet skal altså drive lysten til at formulere sig sprogligt og derigennem opnå en tilknytning til det stof der skal læres. Hvordan sproglige aktiviteter kan medføre læring, gøres der grundigere rede for i kapitel 5.
Omvendt kan man også forestille sig at muligheden for elevdeltagelse gennem sproglig aktivitet i sig selv giver et engagement, et motiv for at deltage i undervisningen.
Om eleverne så bruger de muligheder for elevdeltagelse, som undervisningen lægger op til, er i høj grad afhængig af hvilke forventninger læreren har til eleverne:

Det er allmennkunnskap at mennesker gjør et bedre jobb når det blir stilt høye forventninger til dem enn når ingen venter noe av dem, og det samme et tilfelle i skolen (ibid. s. 222)

Der er igen tvivl om, at Xs undervisning gennem vægten på selvstændigt gruppearbejde, stiller store krav til eleverne og således er udtryk for hendes høje forventninger til dem.
Opsummerende kan man sige, at Xs holdninger til fag og læring og hendes intentioner bag undervisningstilrettelæggelsen viser sig i en undervisning med et stort læringspotentiale. Om eleverne så udnytter det, vil praksis vise.

ELEVERNE

Timernes tilrettelæggelse både pædagogisk og fagligt er - sammen med hele skolekulturen - de rammer eleverne har at udfolde sig inden for. Som vi så i kapitel 1 kommer eleverne med forskellige forudsætninger af faglig, intellektuel og holdningsmæssig art og dermed med forskellige muligheder for - og ønsker om - at lære fysik.

Eleverne vil have en bestemt - implicit og/eller eksplicit - opfattelse af hvad det vil sige at lære noget og en bestemt opfattelse af, hvad fx fysik er. En opfattelse der typisk er formet af de tidligere erfaringer med at deltage i undervisning i faget. Denne opfattelse vil påvirke, ja måske determinere, den holdning, man fra starten har til fysik, om faget opleves kedelig, spændende, relevant osv., og den vil bestemme den måde, man agerer på i undervisningen og dermed vil den fastlægge, hvilke læreprocesser man gennemfører. Typisk begrænses det udbytte elever får af undervisningen af et relativt begrænset læringsbegreb og en traditionel fysikfagopfattelse. Dette vil sige at mange elever i vid udstrækning mener, at det at lære noget er synonymt med at akkumulere og huske viden, og at de i fysik mangler metode, mangler en opfattelse af hvad der er vigtigt, lægger vægt på rigtige løsninger frem for at forstå metoder, mangler et modelbegreb mm.

Det følgende vil undersøge hvilke holdninger til læring og til fysik eleverne i x-klassen er kommet med, og hvorledes de forholder sig til Xs undervisning.

Første spørgeskema

I starten af 1g fik eleverne udleveret et relativt omfattende spørgeskema. Af svarende kan fremhæves:

18 af eleverne kom fra 9. klasse, 6 fra 10. klasse og 3 fra andre steder.
14 havde valgt gymnasiet fordi de ikke vidste hvad de ellers skulle eller fordi det kan bruges til så meget. 7 vidste de skulle have en videregående uddannelse.

På det åbne spørgsmål "hvad det vil det efter din mening sige at lære noget?" gav 14 elever udtryk for en læringsopfattelse der kan karakteriseres som forøgelse af sin viden, at kunne huske, altså en opfattelse af sig selv som modtagende viden. 10 elever nævnte både at huske, at forstå og at bruge, hvor de altså selv fremtræder som aktivt tilegnende sig viden.
Langt de fleste syntes at forholdet til læreren er vigtigt for hvornår de lærer noget, 13 vigtigt og 13 meget vigtigt.
8 mente at matematik var det fag der ville få størst betydning for deres fremtid - ingen nævnte fysik!

Som deres mening om fysik/kemi i folkeskolen angav 15 spændende, 9 middel og 3 kedelig og de fleste syntes at faget var middelsvært. Kun 2 opgav fysik/kemi som deres bedste fag mod 17 matematik og 5 engelsk. Til gengæld var der også kun 2 der syntes fysik/kemi var deres værste fag (her toppede tysk med 6). Det de fleste kunne lide ved fysik/kemi var forsøgene (13 elever), at erkende noget (5) og læreren (3). Det værste var den svære teori (6), læreren forklarede det samme hele tiden (6), og læreren der ikke kunne svare på spørgsmålene (3). Deres opfattelse af hvad fysik var, blev udtrykt gennem fysikkens discipliner (magnetisme, elektricitet, atomer osv.). Kun 5 elever skrev noget som fx "at lære hvorfor ting opfører sig som de gør", og ingen havde metaaspekter af faget med.
På spørgsmålet om hvad de kunne tænke sig at lære i fysik i gymnasiet, angav 12 elever et eller flere emner, mens resten ikke skrev noget eller "det afgør læreren", "det jeg skal kunne til eksamen". Ingen havde planlagt at tage fysik på højniveau.

Opsummerende kan man sige, at eleverne kom med et ret uudviklet læringsbegreb, svarende meget godt til andre undersøgelser (fx (Dolin & Ingerslev, 1997)). De fleste valgte gymnasiet, fordi de ikke vidste, hvad de ellers skulle. De var ikke specielt interesserede i fysik, men heller ikke fjendtligt stemt, og fysik var for langt de fleste de traditionelle fysikdiscipliner. Det kan tilføjes, at der på skolen var oprettet en klasse (den såkaldte Carlsberg-klasse) med et naturvidenskabeligt tema, som må formodes at have tiltrukket dem, der var specielt interesserede i naturvidenskab.
Sådanne synspunkter skal ikke kun tolkes som manglende udvikling, men kan også ses som udtryk for en udviklet skolekompetence. De har efterhånden lært, hvilke krav der stilles til dem, og har udviklet en tilsvarende instrumentel holdning. De går ikke i skole for at lære nogle ting, de ikke ved i forvejen, men for at klare sig igennem de krav, der stilles!

Første elevinterview

I slutningen af oktober i 1g blev hver elev interviewet efter den samme interviewguide:

Hvad synes du om fysikundervisningen nu?
- lever den op til dine forventninger?
- er den spændende/kedelig?
- hvordan er den ift. folkeskolen?
- hvad synes du om at have 3 timer i træk?
- hvad er svært/let?
- hvad synes du om de lange gruppearbejder?

Hvordan lærer du bedst?
- ved eksperimenter, opgaveregning, klassediskussioner, gruppearbejde el.a.
- kan du give eksempler?

Føler du at du her lært noget fysik i de forløbne måneder?

- hvad?
Hvad vil det egentlig sige at lære noget?

Hvert interview tog 5-10 minutter og p.gr.a. den relativt skematiske form var det ret enkelt at få et overblik over svarene:

Langt de fleste syntes godt om fysikundervisningen, udtrykt som: *"spændende"*, *"meget godt"*, *"fedt"* *"organiseret rigtigt godt"*, på nær 2 som sagde *"ikke rigtigt sjovt"* og *"lidt kedeligt, fysik er ikke mig, det har aldrig interesseret mig"*.
Faget opfattedes klart bedre end i folkeskolen, hvor mange omtalte læreren som stærkt snakkende og at man ikke lærte noget, i modsætning til gymnasiet, der var mere selvstændigt og seriøst.
De tre timer i træk var man glade for (på nær to elever): *"rart at kunne gå i dybden"*, *"rart man kan nå så meget"*, *"går hurtigt"*, *"man når meget, men hårdt"*.
De fleste syntes ikke det var svært, dvs. de følte de kunne honorere Xs krav, men en del sagde dog *"lidt svært"*, *"teorien lidt svær"*.
Jeg spurgte dem alle om de kunne definere densitet (som de lige havde arbejdet med i et ballonprojekt). Godt 2/3 kunne definere det korrekt, mens resten sludrede eller ikke kunne huske noget.
Alle var glade for det meget gruppearbejde, selvom enkelte var ved at være lidt trætte at det. Men det sås som en mulighed for at formulere sig i fysik: *"man får lov at sige mere og afprøve mere selv"*.
Mange angav, at de lærte gennem en blanding af de forskellige arbejdsformer, og mange lagde vægt på at snakke om stoffet, diskutere det, arbejde sammen med nogen. Også øvelser blev hyppigt nævnt: *"(ved forsøg) lærer man meget fordi der kan man huske det, du selv har lavet, og især hvis forsøget går galt så kan man lige huske, nå, men det var det der skete, derfor gik det galt, og nu ved jeg at ..."*
Alle følte de havde lært noget.
Deres læringsopfattelse var en bekræftelse af spørgeskemaundersøgelsen, men dog med lidt større vægt på at kunne bruge det til noget og at kunne diskutere det: *"få viden og kunne bruge den til at lave noget"*, *"kunne nogle ting på fingrene og kunne brugt det ude i verden"*, *"at blive klogere ned man var, være med til at diskutere"*, *"snakke om tingene, kunne sige hvad du tænker"*.
Endelig var der en del rosende omtale af X og hendes undervisning. Man syntes timerne var hyggelige og meget lagt an på selvstændigt arbejde.

Alt i alt tegner der sig et billede af en klasse der er (blevet) glad for undervisningen i fysik, som den nu er. De føler, der er sket en klar forbedring i forhold til folkeskolen, og de har accepteret den arbejdsform, som X praktiserede. Man kunne endda spore en vis påvirkning fra denne arbejdsform i deres opfattelse af, hvordan de lærte. Den lægger vægt på at dis-

kutere og arbejde sammen, som der blev givet udtryk for i interviewene, indgik ikke i det tidlige spørgeskemas besvarelser.

Årsprøven 1g

Klassen var til en traditionel årsprøve i fysik med en af skolens andre fysiklærere som censor.
Censor bemærkede generelt positivt om eleverne deres evne til at formulere sig om fysiske problemstillinger. De havde i højere grad end andre elever et fysik-sprog som gav dem mulighed for at tale om de spørgsmål de blev stillet.
Klassens karaktergennemsnit blev 8,4. Et 5-tal og to 6-taller som de tre laveste karakterer kan ses som et udtryk for at det var lykkedes at få selv de svageste elever op på et rimeligt fagligt niveau.

De øvrige fag

I oktober 1997 fulgte Gitte Ingerslev 2.x i 10 timer. Formålet var dels at få en udefra kommende til at give et portræt af klassen (for at øge undersøgelsens validitet, se del VI), og dels at få et indblik i om klassen opførte sig forskelligt i forskellige fag.
Gitte skrev følgende om sine observationer:

--- ooo ---

Nedenstående portræt er udarbejdet på grundlag af observation af 10 timer i fagene dansk, engelsk, matematik og fysik i oktober 1997.

Klasseatmosfære
Der er en venlig og imødekommende stemning i klassen, mange små humoristiske bemærkninger på tværs eller til de nærmeste. Ingen ondskabsfuldheder. Hvis en elev svarer forkert eller spørger overflødigt (måske om noget der lige er sagt) ventes der. Klassen går på (venlig) stand-by. Der er i klassen enkeltelever der (i enkelte timer) konstant forstyrrer, siger vittigheder, afbryder og laver megen støj omkring sig. Dette er tilsyneladende blevet en del af lydbilledet i klassen, og de andre elever påtaler det ikke, og lader sig tilsyneladende ikke (nævneværdigt) forstyrre af det, men fortsætter det arbejde de er ved.

Fagligt niveau
Generelt kan siges at klassen som helhed ligger på et fagligt middelniveau hvor enkeltelever har åbenlyse styrker i de enkelte fag. Selvfølgelig ved klassen hvorfra de kan vente spørgsmål og svar der løfter det faglige niveau, og når en af de dygtige elever svarer, er lydhørheden straks en anden.

Klassearbejdsstil i forskellige typer undervisning

Jeg har i klassen set fire typer undervisning:

Engelsk
Timerne kørte efter en nøje, på forhånd udstukket plan. Til hver time var arbejdspapirer der angav timernes forløb (og formentlig gjorde lektielæsningen målrettet), elementerne var grammatik, ordforklaring, individuelle opgaver og tekstanalyse. Der var stor opmærksomhed og aktivitet i timerne. Det virkede som om klassen nød at kunne læne sig tilbage og trygt overlade styringen til læreren. Alle havde bøgerne fremme kort tid ind i timen, og de (lavmælte) bemærkninger der udvekslede handlede om faglige problemstillinger, forståelsesspm. o. lign. Samtalen foregik med læreren. Alle blev spurgt. Der var en humoristisk og rar stemning i klassen. Ingen lavede andre ting.

Matematik
Timen indledtes med gennemgang og afklaring af dagens lektie. Alle havde deres papirer og opgaver fremme og fulgte med i elev-lærer gennemgangen på tavlen. Det var fra starten klart at der var forskellige niveauer i klassen, og læreren satte de enkelte til at regne og gjorde det klart at det og det var basisstof der skulle være på plads før man gik videre.
Læreren gik så rundt og hjalp eleverne videre i udregningerne og gennemgik til slut lektien til næste gang. Der var megen snakken og udspørgen, og mange elever hjalp hinanden eller fik fat i læreren. I det store og hele var klassen med, flittig og arbejdsom. Enkeltelever benyttede dog lejligheden til at lave andre ting (SU-papirer). Én elev var ret råbende og støjende, specielt henvendt til én anden elev. Rar arbejdsom stemning.

Dansk
Timerne var opbygget således at læreren skiftevis gav korte teoretiske oplæg ud fra et fjernsynsprogram om billedanalyse og opgaver til korterevarende gruppearbejder.
Frihedsgraderne var store, og nogle elever kunne ikke administrere disse frihedsgrader, men lavede andre ting, og klassen var i det hele ret urolig og støjende. Læreren gik rundt til de enkelte grupper og hjalp dem videre.
Timerne indledtes med en diskussion om studieturen.
Denne diskussion var præget af ønsket om at komme til orde. Meget få elever lyttede til hvad den forrige lige havde sagt, men fremførte sit eget synspunkt. Én elev tilbød sig som ordstyrer, men talerrækken blev ikke holdt. Et par elever rejste sig og forsøgte at styre samtalen i en konstruktiv retning, men opgav sluttelig. Læreren skar til slut igennem og meddelte klassen hvad der videre ville ske i sagen.
Klassen mestrer ikke som helhed nogen demokratisk diskussions- og beslutningskultur.

Enkeltelevers læringsbegreb
I den første spørgeskemaundersøgelse i august 1996 spurgtes eleverne om hvad det efter deres mening vil sige at lære noget. Spørgsmålet blev gentaget i oktober 1997.

Det er tydeligt at klassen som helhed har udviklet et mere nuanceret læringsbegreb.

Gitte Ingerslev
1. november 1997

--- ooo ---

Gitte Ingerslevs opfattelse af klassen svarer godt til egne observationer. Det er desuden interessant at se hvorledes klassen tilpasser sig forskellige læreres undervisningsstil. Og hvorledes det af få vide rammer – som både X og dansklæreren giver – ikke automatisk kan udnyttes konstruktivt. Det skal læres.

Andet spørgeskema

I december i 2.g udleverede jeg et spørgeskema til eleverne med det formål specielt at få indblik i deres holdning til fysikken og fysikundervisningen. Jeg havde da fulgt eleverne tæt i 1½ år. Undervisningsformen var uændret fra starten af 1.g, dvs. meget baseret på gruppearbejde, men der var varieret mellem systematiske forløb og problembaserede forløb og mellem åbne og lukkede opgaver og øvelser. De havde som en del af undervisningen haft mulighed for at formulere en holdning til forskellige måder at arbejde på i fysik. Valgene mellem disse forskellige tilgange var derfor oftest foretaget efter en diskussion i klassen og ud fra elevernes bevidst formulerede ønsker. Jeg var interesseret i at sammenholde de enkelte elevers holdninger til forskellige undervisningsformer med deres ageren i fysiktimerne. Desuden ville jeg gerne vide, hvilken opfattelse de nu havde af fysik og fysikundervisningen, og specielt om de havde en idé om, hvad en model var, da X eksplicit havde formuleret det som et formål med undervisningen.

Spørgeskemaet (bilag 5) blev udleveret i en time hvor jeg var alene med eleverne. De fik at vide at svarene var fortrolige og at de måtte være så længe om at udfylde skemaerne som de ville. De blev udfyldt i en koncentreret, velvillig stemning. Den første afleverede efter 25 min. de sidste da timen sluttede.

De mere faktuelle spørgsmål gav følgende svar:

1 elev syntes fysik var meget let, 10 syntes middellet, 11 syntes middelsvært og ingen svarede meget svært.
Jeg havde bevidst givet fire valgmuligheder for at tvinge til at vælge mellem let eller svært, men 4 elever satte alligevel kryds midt mellem middellet og middelsvært. Fordelingen må

siges at være undervisningsmæssigt meget ideel med lige mange på hver side af middel og næsten ingen, der synes det er rigtigt svært eller meget let.

Den store majoritet (23 elever) føler at der er en sammenhæng mellem de forskellige fagområder i fysik. Kun 3 svarer "ved ikke". Begrundelserne er for manges vedkommende meget formalistisk: *"Behandlingen af formler kan bruges i begge emner", "Mange bogstaver i nye formler er de samme, sammensat med nye bogstaver", "SI-enheder, atomer".* Andre ser tydeligvis en indre sammenhæng: *"Tingene hænger sammen f.eks. energi bruges i mange forskellige emner", "Mange formler og modeller skal jo udregnes på samme måde og fysiske begreber kan man støde på på tværs af fagområderne".*

Der er kun én elev der synes at det er et problem at undervisningen er meget anderledes i fysik end i andre fag, og 3 der svarer "ved ikke". 22 elever siger nej. Oftest begrundet med et ønske om variation i skoledagen: *"Det er meget rart med variation i undervisningsmetoderne ⇒ skolegangen bliver mere interessant og ikke så kedelig"*

Holdning til systematiske/tematiske forløb koblet med holdning til åbne/lukkede opgaver

Tematisk bruges i denne sammenhæng som synonymt med problemorienteret. X brugte "tematisk" i denne betydning, og eleverne opfattede det tydeligvis også sådan. Det blev gennem undervisningen gjort tydeligt for eleverne, hvad forskellene var på de to typer forløb, og eleverne fik ofte mulighed for at vælge på hvilken form, de helst ville arbejde. Ligeledes blev der arbejdet med både åbne og lukkede opgaver og øvelser, dvs. opgaver som eleverne selv formulerede, eller som X formulerede, og hvor der ikke var færdige svar, og færdigformulerede opgaver hvor der var et givet facit.

Der er ligelig fordeling på de, der bedst kan lide systematiske forløb (11 elever), og de, der bedst kan lide tematiske forløb (12 elever). 3 elever ville ikke vælge mellem de to former. Nedenfor er elevernes kommentarer udskrevet i sin helhed, hvis ikke andet er angivet, og dette er sammenstillet med deres kommentarer til spørgsmål 5 vedrørende åbne og lukkede opgaver.

Følgende elever kan bedst lide systematiske forløb:	Og de har følgende holdning til spm.5 (Åbne/lukkede opg.):
Dan: Så man har nogen baggrundsviden inden man bruger det. Det vil man lære mest af.	*Lukkede*: Med lukkede opgaver ved man hvor man skal starte.
Emma: Jeg synes, man får mest ud af undervisningen, hvis man kender begreberne og formlerne, dernæst regner opgaver og eksempler.	*Lukkede*: Hvis opgaven er åben kan det være svært at komme frem til det væsentlige ...
Mary: Kender man begreberne fra start af er det nemmere at arbejde med dem.	*Lukkede:* Jeg kan bedst lide at udføre noget (fx et forsøg) hvor jeg i forvejen har en ide om, hvad jeg laver - og hvorfor.
Bente: Ved at få defineret begreberne først, synes jeg, man får et overblik.	*Lukkede*
Tine: Jeg synes undervisningen er mere sammenhængende og det giver mig et bedre overblik over emnet.	*Lukkede:* Det er nok fordi øvelsen er bestemt og man ikke selv skal tænke så meget.
Nanna:	*Lukkede:* Så er man sikker på man ikke går ret galt i byen.
Las:	*Åbne*
Mie: Først skal man lære teori og så udføre det i praksis. Det angår ikke kun fysik	*Åbne*: Der er tit flere måder at løse den samme problem ... når læreren bestemmer forringer det selve fysiktænkningen.
Helene: Det er lettere at lave eksempler, når man først kender begreberne, end at skulle bruge noget man ikke rigtigt kender.	*Ingen kryds:* Jeg kan bedst lige at der er begge slags. I åbne opgaver får man en større forståelse end i lukkede. Men lukkede er lettere at løse + man lærer at følge en bestemt tankegang.
Carl: Det er så jeg bedre kan forstå emnet.	*Ingen kryds:* Begge dele
Pete: Så synes jeg man får en mere begrundet opfattelse af hvordan man bruger dem.	*To krydser*: Jeg vil mene det skulle være en variation.
Følgende elever har to krydser i spm.2:	
Rie: Begge dele fordi nogle gange kan det være svært at forstå begreberne uden at have fået eksempler først, nogle gange omvendt.	*Lukkede:* Fx det med acceleration hvor vi skulle lave en journal. Så skulle vi skrive en konklusion. Det kunne jeg ikke fordi jeg vidste ikke hvorfor jeg skulle lave dette forsøg.
Mark: Begge ting er gode i varierende mængder. Det skulle være mere flydende, man kunne sag-	*Lukkede:* Det er rart at opgaven er formuleret, men herudfra kan jeg godt lide at gå videre. Man

tens kombinere de to ting.

at selv definere en opgave har jeg svært ved.

Følgende elever har ingen krydser:

Job: Jeg synes godt om begge dele.

Ingen krydser: Åbne opgaver er mere spændende (man kan fordybe sig mere), men det er for meget hvis man ikke får andet.

Mike: De har hver deres fordele, men så længe læreren holder sig til den samme metode hver gang er det godt.

Lukkede: Mange af emnerne har vi ikke særligt mange teoretiske forudsætninger i. Derfor kan det godt blive lidt håbløst når man skal tænke i "umulige" baner.

Følgende elever kan bedst lide tematiske forløb:

Helle: Ved denne metode lærer man teori og hvordan det kan anvendes til dagligt på samme tid og først til sidst får man et samlet overblik.

Åbne: Så kan man selv vælge efter interesse og efter om hvor let eller svært man selv vil have det.

Clara: Jeg synes generelt man lærer mere ved gruppearbejde. Det er svært at lave gruppearbejde ved systematiske forløb.

Åbne: Når man selv skal definere en del af opgaven bliver man nødt at tænke det hele igennem, man får lov til evt. at "brede" sig lidt mere.

Rod: Fordi det giver mig en lettere forståelse. For så kan man lettere forstå begreberne når de bliver forklaret.

Åbne: Fordi man så kan arbejde mere selvstændigt.

Nelle: Man lære bedst hvis man inden overhovedet at gå ind i begreberne ved en del om selve emnet.

Åbne: Man lære bedst hvis man selv udarbejder opgaver end hvis X hele tiden skulle lave dem og derved også forklare dem.

Jesper: Man kan nemmere forholde sig til noget nyt stof ved at se på pædagogiske forsøg og eksempler fra hverdagen og så bagefter uddybe emnet med teori.

Åbne: Ja, for så sætter eleven sig ofte mere ind i opgaven ...

Christie: Det er lettere at lære tingene hvis man kan se hvordan og hvor de bruges/fungerer.

To krydser: Normalt er jeg mest til lukkede så er jeg sikker på det er rigtigt, men hvis det er et emne jeg godt kan lide/forstå så gør det ikke noget hvis jeg selv skal bygge noget oven på.

Pil: Det er en god ide at gå i gang med noget, og som man efterhånden lærer om forløbet, så sætte navn på det.

To krydser: Begge er gode. Ved den første lærer man som regel mere, men hvis man har mange lektier for i forvejen, er den anden bedre da den er lettere som regel.

Margrethe: Da man så først lærer lidt grundlæggende og får et indblik i emnet. Det synes jeg skærper interessen for emnet.

Ingen kryds: Det sidste er nemmest fordi man ved præcist hvad man laver. Men det første er også godt. Her synes jeg man lærer mest.

Mille: Fordi hvis man starter med det kedelige (boglige) har jeg med at falde fra, derimod hvis

Lukkede: Det er lettere at besvare spørgsmål der er skrevet ned, da det ellers kan være svært

der startes med det sjove fanges man mere af arbejdet, og får mere lyst til at se på udregningerne bagefter for så også at få forståelsen forøget.

Fin: Det er mere overskueligt

Dave: Jeg er bedst til at huske tingene hvis jeg kan hæfte dem sammen med en øvelse/forsøg (altså forsøg først)

overhovedet at finde ud af hvad øvelsen drejer sig om, så kan det være svært at finde formål, konklusion osv.

Lukkede: Det giver mere klarhed, i at forså spørgsmålet. Lukkede øvelser og opgaver kræver ikke noget kreativitet.

Lukkede: Når man selv skal formulere en definition bliver resultatet så upræcist sammenlignet med de øvrige i klassen (forvirrende).

Der er en tendens til at elever som foretrækker *systematiske forløb* også foretrækker *lukkede opgaver*: 6 svarer lukkede, 2 svarer åbne; desuden foretrækker de 2 elever som ikke ville vælge mellem systematiske og tematiske forløb begge lukkede opgaver.
Omvendt for elever som foretrækker *tematiske forløb*, her foretrækker 5 elever *åbne opgaver*, 3 lukkede og 3 begge dele lige meget.
Jeg vil med en vis forsigtighed tolke disse sammenhængende holdninger som udtryk for *tryghedsorientering versus udfordringsorientering* ((Huber, Sorrentino, Daveson, & Roth, 1992)). Huber m.fl. opererer med en meget grov opdeling af elever, nemlig de der har et stort behov for tryghed i deres liv og dermed også i deres læresituationer, og de der i højere grad er i stand til at modtage udfordringer. De elever i x-klassen, som *både* foretrækker systematiske forløb *og* lukkede opgaver, mener jeg, man med en vis rimelighed i overvejende grad kan betragte som tryghedsorienterede, mens de elever, som *både* foretrækker tematiske forløb *og* åbne opgaver, i stor udstrækning kan betragtes som udfordringsorienterede.

Den første elevgruppe foretrækker en traditionel faglig tilgang og opgaver, som ikke går ud over det kendte:

Med lukkede opgaver ved man hvor man skal starte
Jeg kan bedst lide at udføre noget (fx et forsøg) hvor jeg i forvejen har en ide om, hvad jeg laver - og hvorfor
Så er man sikker på..

Typiske tryghedsorienterede elever er Dan, Emma og Mary.

Hvorimod den anden elevgruppe i højere grad søger faglige udfordringer:

Så kan man selv vælge
...arbejde mere selvstændigt.
Man lære bedst hvis man selv udarbejder opgaver...

Typiske udfordringsorienterede elever er Helle, Nelle, Jesper.

Mange elever tilhører en midtergruppe, hvor de uanset om de foretrækker systematiske eller tematiske forløb kan se både fordele og ulemper ved åbne og lukkede opgaver og ofte vælger ud fra magelighed:

I åbne opgaver får man en større forståelse end i lukkede. Men lukkede er lettere at løse
Ved den første lærer man som regel mere, men hvis man har mange lektier for i forvejen, er den anden bedre da den er lettere
Det sidste er nemmest

Helene, Pil, Margrethe, Fin er her typiske.

Opdelingen i trygheds- og udfordringsorienterede elever er interessant, fordi den giver mulighed for en pædagogisk operationalisering af Olga Dysthes læringspotentiale (Dysthe, 1995). Hvis ikke undervisningen form- og indholdsmæssigt opfylder begge gruppers forudsætninger for læring, vil de ikke være i stand fuldt ud at kunne udnytte det læringspotentiale, som undervisningen har. Problemet med fysikundervisningen - som vel det meste af gymnasiets undervisning - er, at der er en stærk progression i de faglige krav gennem de to år, og at ikke alle elever "følger med op". De tager ikke udfordringen op, men bliver på det samme - lave - faglige niveau, som da de startede i 1.g. Især tryghedsorienterede elever kan have svært ved at kaste sig ud i de faglige udfordringer, hvis ikke rammerne er trygge, men også udfordringsorienterede elever kan undlade at lade sig udfordre, hvis de ikke får mulighed for selv at komme til orde og præge undervisningen. Det er vigtigt at understrege, at dimensionerne trygheds- og udfordringsorienterede ikke er udfoldet eller operationaliseret, så de muliggør en stringent opdeling af eleverne, men er anvendt som nogle pædagogiske tænkekategorier, der kan give en nyttig karakterisering af en given undervisning.
En undervisning, der i så stor udstrækning som Xs er baseret på selvorganiserede grupper, giver god mulighed for at tilgodese begge elevgrupper. Hvad angår de tryghedsorienterede elever kompenserer formen så at sige for den indholdsmæssige progression. De faste grupper og mulighederne for at komme til orde i det tempo, der passer én og med de ord man har, gør at man i høj grad tør tage de faglige udfordringer op. Selv meget svage elever erfarer, at de får succes; de bliver hørt, og de opnår en vis grad af forståelse. Og det sker ikke

på bekostning af de udfordringsorienterede. Disse kan kaste sig over de sværere dele af arbejdsarket, selv stille sig spørgsmål og forsøge at svare dem, og de kan, hvis de er i gruppe med svagere elever, arbejde med at få disse til at forstå stoffet.
Læreren undgår - som man ofte ser det i traditionel klasseundervisning - at tilpasse sin undervisning en midtergruppe som ikke er der!
Det er vigtigt at pointere, at gruppearbejde ikke i sig selv er tryghedsskabende. Måske tværtimod. En klasseundervisning, hvor læreren sætter dagsordenen, vil af mange føles mere tryg, fordi man ved at læreren vil styre én igennem. Hvorimod gruppearbejdet i langt højere grad er afhængig af elevens egen indsats. Men gruppearbejdet i Xs undervisning er dels rammesat af X og dels indlært gennem en vedvarende praksis, så eleverne erfarer at de *kan* tage de faglige udfordringer op. Det viste sig da også at de tryghedsorienterede elever gennem forløbet blev mere og mere i stand til at modtage og bearbejde udfordringer.

Resten af spørgeskemaet koncentrerer sig om gruppearbejdsformen, om modelbegrebet og om generelle holdninger til fysikundervisningen.

Kan du lide at arbejde i grupper i fysik?

Et overvældende flertal er tilfreds med det udbredte gruppearbejde i fysik. Årsagerne er mange:
Man kan diskutere opgaverne og høre andres fremgangsmåde til opgaverne
Man får lov at diskutere
Hvis man har problemer kan man diskutere sig frem til svaret...
Man får en chance for at diskutere tingene på en anden måde end når læreren bare står og bræger forklaringerne ud
Man kan snakke om problemerne og få det forklaret grundigt hvilket kan være svært i klasseundervisning da de andre sjældent gider at høre på dumme spørgsmål, de allerede kender svaret på.
...ingen bliver tabt bag en vogn.
Differentieret undervisning

De to utilfredse skriver:
Det larmer, det bliver for useriøst
Jeg kan lide at bestemme selv over mit arbejde ...

Har du i gruppearbejde let ved uenighed i gruppen?

Kun 4 elever har middelsvært eller meget svært ved uenighed i gruppen, hvilket nok primært afspejler at klassen er meget vant til gruppearbejde. To af disse elever er de samme som ikke kan lide gruppearbejde i fysik.

De 8 elever som har meget let ved uenighed kan hverken karakteriseres ved udfordringsorientering eller faglig dygtighed, så der synes ikke at være nogen sammenhæng mellem social sikkerhed/usikkerhed og faglig sikkerhed/usikkerhed.

Modeller i fysik

I perioden før spørgeskemaet blev udfyldt havde eleverne arbejdet med Manhattanprojektet, og her var der lagt en del vægt på at præsentere og anvende modelbegrebet.
Langt de fleste sætter lighedstegn mellem modeller og formler:

En formel
Jeg ved ikke hvilken forskel der er på en formel og model

Det er modellens brug til udregninger der fokuseres på:

En skabelon der viser hvad man skal gøre for at få et resultat
En formel der angiver hvordan man skal regne noget ud

4-5 elever har en bredere formulering:

Formulering af en sammenhæng mellem nogle elementer/begreber
En model er en række begreber der samles og sammen udgør en model, der skal gøre det lettere
...Der er som regel en forudsætning der hører til modellen

De fleste angiver derfor også en formel som eksempel på en model. Den almindeligste er formlen for ændring af indre energi ved opvarmning: $\Delta E=mc\Delta T$. Ved gennemgang af dette emne blev der også (tidligt i 1.g) fokuseret på modelbegrebet.

Én elev (Dan) har givet et helt forkert svar: "T*ema*" og "M*anhatten projektet*".

Hvad kan du bedst lide ved fysikundervisningen?

Forsøg
Man bestemmer selv hvor meget man vil lave
Når vi laver gruppearbejde og forstår det hele
Den afslappede stemning og den afslappede måde at lære på, hvor der ikke hele tiden er en lærer over en
Alle timerne er samlet
Gennemgang af hver times disposition
Regne opgaver hjemme/i grupper

Den måde hvorpå arbejdsformen varierer og giver mulighed for både selvstændigt arbejde og læreren gennemgår
At komme frem til kernen af et problem. Og samtidig forstå grundlaget for det man benytter sig af
Den frie måde at arbejde på
Undervisningsmetoden
Gruppeundervisning og sammenhængen mellem fysiske og matematiske begreber
der er aldrig stress...
...samt ros hvis man tænker rigtigt, det giver større lyst til at arbejde med faget
Gruppearbejdet - frihed til at styre planlægningen. ...

Det er karakteristisk at kun få fremhæver rent faglige kvaliteter, mens næsten alle henviser til den måde undervisningen er tilrettelagt på. Nogle fremhæver hvorledes denne undervisningsform giver en bedre forståelse. Formen er på sin vis lige så vigtig som indholdet.

Hvad synes du er dårligst ved fysikundervisningen?

For få timer
For meget gruppearbejde (der skal ikke være meget mere tavleundervisning)
Jeg synes nogen gang at det er spild af tid når vi diskutere så meget inden vi når frem til et svar
Sjælden gennemgang og få demonstrationer
For lidt plads til forsøg (forsøgslokalet er ikke særligt praktisk
...Man skal have megen selvdisciplin for hele tiden at arbejde så selvstændigt
Der er megen uro og larm
Svære fagområder man ikke har kendskab til i forvejen!...
Beregne opgaver uden relation til virkeligheden
For mange mennesker i et rum. Afbrydelser: Læreren der vil gennemgå ting på tavlen

Der nævnes mest den uro det giver at sidde 26 elever og lave gruppearbejde i et lille lokale, men nogle mener også der er (lidt) for meget gruppearbejde.
Mange skriver dog ingenting eller direkte:
Det ved jeg ærlig talt ikke!

Opsummerende giver denne spørgeskemaundersøgelse et billede af en fysikklasse hvor eleverne er glade for den mulighed for selvstændig tilrettelæggelse og den afslappede stemning som den udstrakte brug af gruppearbejdsformen giver. Der er en ligelig fordeling af elever som kan lide åbne, problemorienterede arbejdsformer og elever som kan lide lukkede, systematiske tilgange til fysikken. Dette kan tolkes som at både udfordrings- og tryghedsorienterede elever kan udnytte denne måde at tilrettelægge undervisningen på. Sammenholdt med at der er lige mange elever, der opfatter fysik som middellet, som der er

elever, der opfatter det som middelsvært, kan man sige, at Xs undervisning ser ud til at ramme de fleste elever i deres nærmeste udviklingszone[1].
De fleste elever har en opfattelse af modeller som lig formler; de fokuserer på deres anvendelse til udregning. Det er ikke så underligt når man tager i betragtning hvilken vægt fysikopgaver baseret på udregning af en værdi har i fysikundervisningen.
Disse fagspecifikke problemstillinger vil jeg uddybe i det næste afsnit.

Andet elevinterview

Det sidste elevinterview blev foretaget i januar i 2.g. Det var et længere interview som koncentrerede sig om fire temaer: Fysikundervisningen, livet i skolen, livet uden for skolen og selvopfattelse (se interviewguiden i bilag 6). Ikke alle elever blev interviewet, men jeg valgte et foretage et mere dybtgående interview (op mod en time) med de elever som jeg ud fra spørgeskemaundersøgelsen fra måneden før kategoriserede som typiske repræsentanter for hhv. udfordringsorienterede elever (Helle og Nelle), tryghedsorienterede elever (Mary og Dan) og midtergruppen (Fin, Helene, Margrethe, Pil). X blev spurgt om hun var enig i karakteristikken af eleverne, hvad hun var.
Interviewene gav et dybtgående indblik i disse elevers opfattelser af og holdninger til fysikken og fysikundervisningen, og en indsigt i deres øvrige liv i og uden for skolen. Det var oplysninger som både bekræftede og forklarede mange af observationerne.
Det var ikke muligt på overbevisende måde at eftervise nogle sammenhænge mellem tryghedsorientering/udfordringsorientering og holdning til fysikundervisning eller øvrige baggrundsoplysninger, ligesom jeg ikke så noget mønster i deres personlige liv koblet med fysik/skoleholdninger. Om ikke andet tyder det på at Xs måde at undervise på i fysik, favner meget bredt.
Jeg har derfor valgt udelukkende at bringe uddrag af elevernes udtalelser om fysikundervisning og fysiklæring. Frem for at samle dem i temaer har jeg ladet eleverne komme til orde hver for sig. Jeg har udvalgt de for de enkelte elever mest karakteristiske udsagn som samtidig kan have værdi i en bredere sammenhæng. Jeg konkluderer samlet på interviewene til sidst.

Interview med Mary

Hvad er det du godt kan lide ved fysikken?
...det er sådan noget med udregninger og sådan noget ... altså mere det matematiske i det ... det kan jeg godt lide at sidde og hygge mig med og så også forsøg og, og se at, at det man laver praktisk også passer teoretisk.
... det er svært i forhold til andre fag syntes jeg.

1 Dette begreb uddybes senere i afhandlingen.

Hvis du sammenligner med matematik fx, hvad er så sværere ved fysik end matematik?
... det er også sådan noget med at forstå, altså det er ikke bare sådan, okay denne her formel ser sådan og sådan ud, og det gør det bare og det skal man bare lære at forstå, det er sådan noget mere at man skal have forståelse for det og ja

Men det skal du vel også i matematik i virkeligheden?
Nej for det er mere sådan, det er, sådan skal man udregne det og sådan er det bare og så skal man bare acceptere det, fysik det skal man forstå og mere ... hvorfor at ligningerne ser sådan ud og og begrunde det og ...

Hvad er sværest i fysik syntes du?
Øh, men det er nok at forstå ... altså ikke så meget med ligningerne, mere og forstå hvorfor, hvorfor det hænger sådan sammen ... det er mere sådan selv at finde ud af hvad man skal bruge, det syntes jeg er svært.

Hvornår har man lært noget i fysik?
Det har man hvis, hvis man har, fx har ud fra et eller anden praktisk, et forsøg eller et eller andet og man har fået noget teori at vide og så man kan forbinde de 2 ting sammen og forstå det, fordi det er jo fysik, det er jo ikke bare at sætte sig ned og regne sådan rent matematisk.

Hvad er forskellen på kravene i fysik og dansk eller historie eller nogle af de andre fag?
Altså dansk, det er jo altid et eller andet man kan snakke sig fra. Fysik det skal man bare forstå, for eller så, så er man rigtig fortabt. ... altså i de andre fag ... det kan man altid bare læse og forstå, altså det er ikke, det er ikke noget problem at sætte sig ind i, men det er fysik. Hvis man ikke er med fra starten af, så ... det skal man være.

Interview med Helene

Hvad får du ud af de forskellige måder at undervise på i fysik?
En kombination af når læreren står og fortæller noget og gruppearbejdet, fordi når læreren fortæller, så er det lige som om at tingene ikke, på en eller anden måde - synker ned på en måde, der, man, jeg ved ikke, man husker det bedre når man ser det blive gennemgået på tavlen og så gruppearbejdet. Det er også fordi man sådan selv, man hører de andres synspunkter eller altså hvordan de tror, får deres måde at løse problemerne på ikke, prøver at komme ind i deres tankegang, hvis man selv har svært ved det, plus at man også igennem det diskuterer så er det også tit at man, det går op for en selv, at man egentlig ved mere end man umiddelbart lige troede man gjorde.

... alle prøver at være med, alle dem der er i gruppen, ikke, der er én der ved noget og én der ved noget andet og en tredje der ved noget tredje, ikke, at man ligesom kan kombinere det og sætte det sammen og så ud fra de ting, de forskellige ved, finde en løsning på et problem.

Hvad er sværest i fysik?
Det er at finde den model man skal bruge og så huske den hvis ikke man lige har det ved hånden ikke. Jeg synes det er svært at huske, også fordi der er så mange af dem efterhånden, ikke, men så er det også svært at huske de enheder der skal på de forskellige størrelser synes jeg.

Hvad er det der får dig til at blive interesseret i noget fysik?
At man kan forholde sig til det. Altså hvis man kender det fra sin egen dagligdag på en eller anden måde, ikke, at man ligesom kan relatere det til noget bekendt.

Hvilke arbejdsformer kan du bedst lide?
Gruppearbejde, fordi at man er flere om at løse et problem og hvis, altså hvis man selv går fuldstændig i sort, så er der hele tiden en eller anden til ligesom at hjælpe en og prøve at få en med igen.

Er det forskelligt fra fysik, det at lære noget i dansk og i tysk og sådan noget?
Ja, fordi fysik der skal man lære at, altså meget at tænke logisk og kunne huske en masse formler og sådan noget ikke, mens f.eks. i dansk der skal man lære, når man har en tekst, at kunne gå ind og analysere den og tænke mere selvstændigt på en måde, mens fysik der skal man bare lære at sådan og sådan er det altså bare, altså det er jo fint hvis man skal forstå hvorfor det er sådan og sådan ikke ... dansk der er det jo meget ens egne meninger, ikke, og det er det jo ikke i fysik på samme måde.

Interview med Margrethe

Hvilke dele af fysikken kan du bedst lide?
Jeg synes klart det at lave forsøg det er det mest spændende ... jeg vil ikke sige der er nogle emner, sådan, altså jo jeg synes de der, vi lavede sådan 10 timers projekt sidste år om, om isfysik og sådan noget, det syntes jeg var spændende, sådan noget man kan sætte i relation, eller sådan. Det der om atomkraft og sådan noget, det syntes jeg var kedeligt ... måske fordi det var sådan lidt abstrakt på en eller anden måde ...

Hvad er sværest af fysikken synes du?
Det er svært at sige hvad det er der er sværest. Altså det jeg sådan har problemer med, det er at huske alle sådan nogle formler og ligninger som tit bliver brugt til prøver, det kan jeg

slet ikke finde ud af, altså.... jeg forstår sammenhængen, jeg skal have ting i en sammenhæng, jeg kan ikke bare huske et eller andet fordi jeg skal ligesom læse og så fint, så kan jeg huske så er det sådan og sådan, så, jeg kan ikke sætte det i nogen relation, sådan, ... jeg synes det minder meget om hinanden, ikke, ... er det den formel eller er det den formel ... så har jeg lidt svært ved at skille det fra hinanden.

Det at lære noget i andre fag er det det samme som i fysik eller er der forskel?
Altså hvis man tager dansk og sådan noget, så er forskellen jo stor fordi, dansk det er meget mere abstrakt sådan øh okay man skal lære om forskellig litteratur og sådan noget, men det er jo ikke, altså det er sådan noget, ja det ved jeg ikke, men det er sådan det er anderledes i forhold til fysik fordi det er mere, fysik det er mere præget af de der formler og ligninger og, og det er alligevel også lidt mere fast, fysik, end dansk. Dansk er mere sådan svævende ikke på en eller anden måde . . altså jeg kan godt lide det i dansk at man skal tænke selv også nogle gange ikke og øh og der er sådan, ja man må tænke selv nogle gange og der er aldrig noget helt klart facit, altså

Interview med Pil

Hvad er det du kan så lide ved faget?
Jeg synes, der er mange ting der er logiske i faget. Det er ikke sådan at man sidder og prøver og der kan være mange forklaringer, men det er mere sådan man kan altid tænke sig frem til noget, og man kan få noget til at passe, jeg syntes det er meget spændende.

Hvad er det der gør fysik interessant for dig?
Jeg synes X gør fysik interessant for mig, fordi, jeg kan huske i folkeskolen, der syntes jeg overhovedet ikke fysik var spændende, det var, det var helt utroligt, det var bare et af de fag som jeg, nej fysik, ikke, men når jeg kom her så syntes jeg at det blev helt spændende og det blev meget lettere end det var i folkeskolen, så øh ja læreren har en stor indflydelse på det.

Hvad er det at lære noget i fysik?
Øh, at lære. Jeg vil sige: at forstå begreberne, øh, hvis man ved hvad det handler om, man skal ikke huske det, man skal, man skal bare forstå hvad der menes med det, så ved man hvad fysik går ud på.

Interview med Fin

Hvad er sværest ved fysik?

Det syntes jeg nok er og . og finde øh, når det skal omregnes, altså vi har, hvis man har en formel, eller en formel, så skal man have enhederne og beregne enhederne, så de stemmer overens, det syntes jeg det er det sværeste.

Hvad er det ved, når I selv sidder og snakker, der gør, at du får den fysiske tankegang?
Jeg tror at vi alle sammen kommer med noget som til sidst måske kan give et resultat eller et svar, og så kan det være at hvis han, der siger noget, kan påvirke min tankegang til at sige noget andet ...

Hvad vil det sige at lære noget i fysik?
... det vil sige, at man selv tænker tanken og til sidst får det rigtige svar ... selv regner måden ud at regne det på og sådan noget ... det er jo lige meget om man får et kommatal forkert, det er ikke så meget, men selve det, tankegangen til at regne det ud, det tror jeg er det vigtigste.

Interview med Helle

Hvad er det du godt kan lide ved fysikken?
Det er sådan noget med at du eksperimenterer, og du kan se resultatet, du kan føle på det.

Hvad har du sværest ved i fysik?
Det er nok at finde ud af hvad formler jeg skal bruge, fordi jeg syntes efterhånden der er så mange og jeg kegler rundt i dem efterhånden.

Hvornår kan du noget fysik?
Jamen, altså, det er når du så kan gå ind og sige, nå ja, men nu har vi sådan og sådan og det skal kunne blive sådan og sådan, kan jeg så eftervise det, jamen så må jeg sige så har jeg lært det.

Hvad er det, der driver din interesse for fysik, er det ... (fordi) du synes, det er spændende med mekanik og sådan noget, eller er det fordi, at nu går du i skole, og så gør man det?
Jamen, jeg tror det er en blanding af de 2 ting, altså, fordi der skal læses på lektierne når du går i gymnasiet, men også det, bare det at jeg kan få lov til at vide noget om det jeg skal til at eksperimentere med, det synes jeg også det er utrolig fedt.

Har du ændret holdning til faget i løbet af gymnasietiden her?
Ja jeg har fundet det mere spændende, faktisk, fordi meget i folkeskolen det var sådan meget, nå ja, ... her har jeg sådan ligesom fået et øh bredere syn på hvad det faktisk er, altså det er jo mange ting.

Hvad er forskellen på fx dansk og fysik?
... dansk, der skal du meget sådan, sige, komme med din egen mening og så argumentere ud fra det. Hvor i fysik, der har du nogle baggrundsresultater du ligesom kan gå ud fra. Men så i dansk, der skal du faktisk helt selv fortolke det, altså ... øh som vores dansklærer faktisk siger, der er ingen facitliste til dansk, hvor der alligevel er en eller anden form for en facitliste i fysik, altså fordi f.eks. lykkes forsøget, nå ja men så er det på grund af det og det. Lykkes det ikke, så er det på grund af det eller det eller det, det ligger sådan ligesom fast.

Opsummering på elevinterview

Interviewene giver et godt overblik over forskellige opfattelse af og holdninger til fysik og fysikundervisning.
Nogle elever kan lide at "hygge sig med udregninger - at få det rigtige resultat", og andre er glade for at "få lov til at vide noget om det jeg skal til at eksperimentere med", de vil gerne lære "tankegangen til at regne det ud". Et af de få steder hvor der kan spores en forskel på trygheds- og udfordringsorienterede elever.
Fysik opfattes mere som noget med at skulle forstå noget på forhånd givet, i modsætning til mange humanistiske fag hvor der ifølge eleverne lægges mere vægt på egne meninger og på etiske problemstillinger, og som i højere grad kan læses selv. Til gengæld sættes der af flere lighedstegn mellem egne meninger og større selvstændighed - fysik "har et facit".
Det, mange finder svært ved fysikken, er at finde ud af "hvorfor det hænger sådan sammen", og "at finde den model man skal bruge". Man har svært ved at huske de mange formler og at kunne skille dem fra hinanden.
Men man har også opfattelsen af, at fysikligningerne har en historie, de er udtryk for nogle fænomener, man skal have kendskab til. Nogle nævner det som modsætning til matematik, hvor man bare skal acceptere det.
Ud over at lære fysik ved at høre på læreren, lægges der gennemgående stor vægt på den faglige snak i gruppen. Man kan "komme ind i deres tankegang" og "alle sammen kommer med noget som måske til sidst kan give et resultat eller svar".
Det, der for rigtig mange styrker interessen for fysik, er "at man ligesom kan relatere det til noget bekendt". Man vil gerne kunne meningssætte det og kunne bruge det i sin hverdag. Desuden fremhæver mange det eksperimentelle arbejde som spændende.

Opsummering af elevholdninger

Gennem de to års fysikundervisning har eleverne både lært fysik og de har lært at kunne lide fysik - en sikkert sammenhængende udvikling! De har således i vid udstrækning formået at udnytte det læringspotentiale, som undervisningen har indeholdt.

De har fået et sprog om fysik og fysikundervisning, og der er sket en udvikling i deres læringsbegreb. Hvor meget, der skyldes denne specifikke fysikundervisning, og hvor meget, der skal tilskrives en generel aldersmæssig udvikling, er umuligt at sige noget om.
Man bemærker at der er ikke så stor faglig spredning i klassen. Denne homogenitet er fremkommet mere ved at de svage elever har haft mulighed for at være med, end ved at de fagligt stærke elever er hindret i deres faglige udvikling. Undervisningen synes at holde sig inden for elevernes nære udviklingszone - tæt på dens periferi.

HVAD VISTE OBSERVATIONERNE?

Vi har i de foregående afsnit analyseret elevernes og Xs opfattelser af og holdninger til fysik og fysikundervisning. Gennem observationerne har det været muligt at se disse udfoldet i praksis. Overordnet set har det været tydeligt, hvorledes Xs holdninger har præget hendes tilrettelæggelse af undervisningen, således at der er opbygget et frugtbart læringsmiljø. Det har samtidigt været muligt at følge, hvorledes eleverne har tilpasset sig og udnyttet disse rammer på hver deres vis. Hvad angår elevernes faglige udbytte er det vigtigt at slå fast, at eleverne lærte fysik. Dels den fysik de skulle ifølge Fagbilaget og dels en række holdninger til faget og viden *om* fysikken, som kan henføres til et dannelsesbegreb i fysik (se kapitel 11).
Herudover giver et så omfattende materiale, som vi har om x-klassen, mulighed for utallige indfaldsvinkler og tolkninger. Jeg vil i det følgende først gennemgå en typisk timeblok, for derefter at koncentrere mig om nogle læringsmæssige aspekter, som har været særlig tydelige på grund af den undervisningsform, som har været dominerende i x-klassen.

En typisk timeblok

Xs undervisningsform er - i overensstemmelse med hendes læringssyn - i høj grad baseret på gruppearbejde med elevernes selvstændige arbejde med stoffet frem for lærerens fremlæggelse og forklaring ved tavlen. Dette grundsyn giver sig udslag i et ret fast skema for gennemførelse af de enkelte timer.

De tre ugentlige timer ligger i én tretimersblok og den 2/10 1997, et par blokke inde i Manhattanprojektet, kan illustrere et typisk tretimersforløb:

11.03 ankommer X til klassen (det "ringer ind" kl. 11.00). Alle elever er ankommet og i gang med at omgruppere borde og stole til gruppearbejde og sætter sig i de faste grupper. X småsnakker med de nærmeste.

11.07 Roen sænker sig. X viser OH (som udleveres i fotokopi til eleverne) med dagens program og lektie til næste gang. Der er nogle spørgsmål, som X besvarer. X understreger, at der stadig er nogle, der tror, at en opgavebesvarelse består af et resultat med to streger under (og altså mangler argumentationen for metode osv.), og at dagens opgaver fokuserer på opgaveløsning.

11.15 udleveres statuspapir, som gennemgås på OH. Papiret er en oversigt over, hvad klassen indtil nu har gennemgået inden for kernefysik. Der er en række spørgsmål (også af basal art), som besvares.

X fortæller, at man kan vælge at erstatte en af opgaverne med en dymos-simulering.

Desuden skal grupperne planlægge, om de vil deltage i fælles opgaveregning ved tavlen i anden time eller regne selv, og de skal vælge om de i tredje time vil gå i datarummet eller regne videre.

11.27 arbejder grupperne

11.45 Spisepause. Arbejdet nedtrappes langsomt.

12.15 Halvdelen af eleverne arbejder videre i grupper, mens den anden halvdel går ind i et andet lokale og deltager i Xs opgaveregning.

13.00 Pausen er noget udflydende. Nogle diskuterer, andre holder pause. To elever har meldt sig til sammen med X at forberede et demonstrationsforsøg til næste gang. Tre elever går i datarum. Resten arbejder videre i grupper.

Fællestræk

Næsten alle blokkene begynder med ca. 15-20 minutters fællessnak: Opsummering fra sidst, gennemgang af svære pointer, dagens program mm. Dette foregår under stor opmærksomhed fra eleverne. Her kræves fuld opmærksomhed fra alle, og hvis der er larm eller uopmærksomhed slår X ned på det med hård hånd.

Derefter arbejdes i faste grupper ud fra skriftligt oplæg fra X. Et oplæg som godt kan indebære at eleverne selv skal reflektere over noget, stille spørgsmål eller lignende, men det er indenfor rammer som X udstikker. Det er dette arbejde, der er det bærende i undervisningen, og eleverne har gennem praksis lært at følge arbejdssedlen og at samarbejde om løsning af de stillede spørgsmål.

Midt i blokken (eller nogle gange til sidst ved øvelser) er der oftest en variation i arbejdet fx i form af et (valgfrit) foredrag, en opgaveregning, et forsøg, et besøg i datarummet.

X arbejder således i alle de tre læringsrum, som Erling Petersson (Petersson, 1995) opstiller:

- Undervisningsrummet, hvor lærer og elever i fællesskab arbejder med stoffet. Læreren vil oftest være i centrum. Målet for læringen vil primært være formidling af nyt stof og dialog om stoffet, og det fysiske rum vil være klasseværelset.
- Studierummet, hvor eleverne i grupper arbejder med emner og problemer. Læreren er konsulent. Hun sørger for at situationen er meningsfuld og udfordrende og sørger for, at den kommer i gang og har progression. Men studierummet styres først og fremmest af eleverne selv - målet er at eleverne lærer problemløsning, samarbejdsevne og at styre læreprocessen.
- Praksisrummet, hvor eleverne individuelt, parvis eller i grupper anvender den faglige viden i længere forløb og projekter. Praksisrummet viderefører elementer fra begge de to andre rum, men eleverne arbejder med mere virkelighedsnære problemer og cases og lærer at håndtere mere komplekse sager. Læreren er mesteren der træner eleven og målet er at træne kompetencer og at trænge dybere ned i stoffet. Det kan rent fysisk foregå i edb-lokalet, laboratoriet, på gangen, uden for skolen.

Erling Peterssons opdeling af undervisningen i de tre rum stammer fra erhvervsskolesektoren, hvor der er en længere tradition for praktik og kobling til det omgivende samfund. Der er derfor i den gymnasiale sektor - og i Xs undervisning - større sammenfald mellem studie- og praksisrummet. Men fx det lange forløb med ballonfysik havde mange elementer af praksisrummet i sig, og også de længerevarende projekter og øvelsesforløb kan siges at tilhøre praksisrummet. Erik Prinds har forsøgt at tilpasse modellen til det almene gymnasium ved at kalde studierummet et træningsrum og lade praksisrummet være stedet for selvstændige studier ((Prinds, 1999) s. 39):

	Undervisningsrum	Træningsrum	Studierum
Aktivitet	Vidensformidling	Træning af stof	Projekt
Lærerrolle	Formidler	Træner	Konsulent
Elevrolle	Modtager	Lærling (løser stillede opgaver)	Student (stiller selv opgaver)
Organisering	Klasse	Individuelt/gruppe	Individuelt/gruppe

Uanset hvad man kalder de forskellige rum, er pointen, at brug af alle rummene giver en variation, der tilgodeser forskellige måder at arbejde og lære på. Som det fremgik af ele-

vinterviewene og spørgeskemaerne foretrak tryghedssøgende elever undervisningsrummet, mens udfordringsorienterede foretrak studierummet.

Gruppearbejdet

Gruppearbejdet er den konstituerende arbejdsform i Xs undervisning, og når man følger undervisningen, er der en række træk, der går igen:
Gruppearbejdet foregår under afslappede former. Kun to-tre elever (Mark, Pete og Rod) har svært ved at arbejde i længere tid. Resten arbejder, småsnakker om andre ting, arbejder videre.
X går rundt mellem grupperne og bestræber sig på ikke at svare (umiddelbart) på spørgsmålene, men stiller ofte modspørgsmål eller henviser til de andre i gruppen. Det er dog karakteristisk, at hun har en evne til at opfatte, når eleverne *har* brug for hjælp eller er parate til et teoretisk input. I de tilfælde giver hun sig god tid til at tale med gruppen og give den nødvendige viden.
I perioder, hvor gruppearbejdet er mere vejledningskrævende end normalt, starter X gruppearbejdssekvensen med at give hver gruppe en konsultationstid, som skrives på tavlen. Det forhindrer ikke, at elever/grupper kan spørge om mindre, typisk faktuelle problemer uden for tur, men det sikrer, at grupperne har et tidspunkt til at gå i dybden med deres problemer. Det forventes, at grupperne før konsultationen har præciseret, hvad de vil spørge om.
Hvis støjniveauet under gruppearbejdet i klassen bliver for højt, kan X forlange fuld tavshed, hvilket holder niveauet nede et stykke tid.

Der er opbygget en klasserumskultur, hvor eleverne ved, hvilke krav, der stilles, og hvor de gennem praksis har lært at opfylde dem. I sådanne rammer giver gruppearbejdet et godt potentiale for læring. Det kan der være mange grunde til, dels af motivationsmæssig art og dels af læringsmæssig art - to grunde som naturligvis hænger sammen. Gruppen opfylder en række sociale behov og giver mulighed for at udfolde sig i et mindre forum end klasseoffentligheden. Alle kan komme til orde. Samtidig kan gruppen trække på flere ressourcer end den enkelte elev alene, så der kommer flere ideer og løsningsforslag. I en gruppe fastholdes man lettere i en aktiv rolle end ved fx en indre dialog med en bog eller et lærerforedrag. Og da læring i det konstruktivistiske paradigme (se kapitel 3) er en aktivitet, vil læring have større mulighed for at finde sted i en gruppe, hvor man kan bruge hinanden og tvinge hinanden til at være aktive. Men omvendt er det også tydeligt, at elever let distraheres af andre elever, så det kræver en ret god disciplin at fastholde arbejdsmoralen.

Betydningen af den metakognitive snak

X gør meget ud af altid at fortælle, hvad der skal ske og hvorfor. Hver timeblok starter med en fælles kontekstualisering og plan for og diskussion af dagens program. Med 3-4 måneders mellemrum læser man fælles i klassen, hvad man har nået af bekendtgørelsen, og hvad man skal arbejde videre med.
Mange opgaver og øvelser har et bestemt formål, som ekspliciteres for eleverne. Det kan fx dreje sig om bestemte opgaver, hvortil der skal tegnes, for at indøve dette aspekt, eller bestemte arbejdsformer som fx begrebskort, hvor arbejdsformen selv gøres til genstand for overvejelser.
Dette er med til at øge elevernes bevidsthed om, hvad der sker, og hvorfor det sker, så eleverne kun i ringe udstrækning føler sig fremmedgjorte over for undervisningen, og hele tiden er klar over, hvilke faglige krav, der stilles.

Læring som konstruktion og som meningssætning

Arbejdet bliver overordnet set i høj grad styret af opgaver og problemer stillet af X, men også af spørgsmål som eleverne har stillet, enten på Xs opfordring eller opstået gennem gruppearbejdet. Det er tydeligt, at undervisningen ligger op til, at eleverne selv skal udvikle deres forståelse gennem diskussioner af problemer og tolkninger af det faglige stof.
Det læringsteoretiske indhold i en sådan undervisning undersøges i kapitel 5.

SLUTEVALUERINGEN I KLASSEN

Den sidste 3-timers fysikblok i 2.g var sat af til en afsluttende evaluering af de to år. Vi havde købt slik og sodavand, og eleverne diskuterede i klassen, hvordan årene var gået.
Vi forsøgte at strukturere diskussionen, så vi først talte om, hvordan eleverne havde det med formen, dvs. især de tre timer i træk og den udstrakte brug af gruppearbejde, og derefter om selve fysikken, om den var vanskelig tilgængelig, om de var optagede af fysikkens problemstillinger osv.
Jeg har valgt nogle temaer ud.

Tretimersblokken

Der var bred enighed om at 3 timer i træk var en fordel, selv det havde sine ulemper. Men eleverne havde lært at udnytte arbejdsformen:

Det kan godt lyde sådan lidt hårdt, ik', men det er det jo egentlig ikke, fordi hvis vi så har lyst til en pause på 5 minutter, nå men så tager vi den, og så arbejder vi måske 5 minutter i frikvarteret. Så det bliver mere sådan i træk - det har været rart.

... altså, når man laver gruppearbejde, så skal der være så mange timer efter hinanden ...

Selvfølgelig har fysik ikke været det letteste fag, men jeg synes på den anden side det er blevet kompenseret på den måde, at det er et meget fleksibelt fag. Med de der 3 timer om ugen og den gruppearbejdsform, det har gjort, at man kan fordele sit arbejde på flere måder

Jeg synes også det har været godt ...men nogen gange kan det godt være man ikke rigtig får så meget ud af det, fordi man sidder i så lang tid, og det er virkelig svært noget af det, altså, ... du kan ikke altid arbejde dig til noget, du ikke kan forstå, så derfor mangler vi lidt mere feed-back fra lærerens side - nogengange...

Gruppeinddeling

Gruppeinddelingen gav anledning til en del kommentarer, specielt blandingen dygtige/svage og flittige/dovne:

Læreren skal ikke bare inddele tilfældigt, der må godt være lidt bagtanke bag, hvem man putter i de forskellige grupper, ... hvem der kan arbejde sammen og sådan ...

Enig, men til gengæld så synes jeg også at hvis man har nogle man arbejder godt sammen med , og man ved at det fungerer, så skal man gøre det sådan. Fordi at det kan godt være at dem der er meget, sådan, at de vil lave noget og de vil godt have en god karakter, hvorfor skal de så sidde og hænge ved en eller anden, som ikke gider lave en fis, ik'?

Altså, det behøver heller ikke være netop en som ikke gider lave noget. Det kan også være en der har svært ved at forstå det, måske, ik'? Som måske har gavn af at der er nogen af de gode der kan forklare ham det på en anden måde end læreren kan forklare det på.

Men jeg tror også at man skal passe lidt på at - øh - blande de gode med de mindre gode, fordi så, dem der er bedre end andre, de kommer til at sidde og hænge, mens dem der ikke er så gode de kommer til at sidde og kæmpe for at få noget, for at finde ud af det ... det er ikke for at sidde og være egoistisk eller noget, men jeg synes bare, at hvis man sidder derhjemme og selv gør en indsats - det gør alle ikke, vel? - så er det nogen gange irriterende ... Selvfølgelig skal man forklare nogen, som ikke forstår det så godt og sådan noget, men

nogen gange så er det fordi folk ikke, altså ikke rigtig gider sætte sig ind i det, og hvorfor skal andre så hænge ved det, ik'? ... Det kræver bare meget selvdisciplin at arbejde i grupper!

Gruppearbejdet tydeliggjorde hvem der lavede noget og hvem der kørte på friløb. Man havde ikke noget imod at hjælpe de, der havde forståelsesproblemer, men ville ikke lave andres arbejde.

Indholdet - omfang

Der var kun få elever der relaterede til konkrete fysikemner som værende gode eller dårlige. De fleste kommentarer var om mængden af emner.

De fleste emner vi har gennemgået har været som introduktioner til emnet; vi har aldrig fordybet os i noget som helst. Det har været, altså fra mit synspunkt, sådan, ikke totalt overfladisk, men sådan introduktionsforløb i alle emner. Man fik at vide hvad det handler om, men ikke i bund og grund. Fx kernefysik, det er sådan et emne som er svært at forstå, fordi det er meget abstrakt, og det fik vi kun småbidder af, og da vi så skulle have projekt oppe på DTU, så fandt jeg ud af at vi skulle kunne meget mere.

Jeg synes faktisk at mange af emnerne har været spændende, men jeg synes også at det har været sådan lidt overfladisk. Det er gået for hurtigt, man har ikke rigtig haft tid til at sætte sig ind i det. Og når man så endelig lige har, sådan - okay jeg har forstået noget af det, jeg er i hvert fald kommet ind i det, så er det som om at så skal vi bare videre..

Man kunne også sige, at på obligatorisk niveau, det burde kun indeholde måske 4 emner i alt

Ja, der er for mange emner man skal igennem ... Man vælger at få om noget der er spændende, men så skal man bare videre, og så ... man får ikke nogen fair chance for ligesom at forstå.

Jeg synes vi har ret mange emner, man kan slet ikke nå at gabe over det ... hvis man har sådan lidt svært ved det, så, så kan man ikke nå så mange emner. Det er for uoverskueligt.

Der var en overvældende enighed om, at antallet af emner var for stort, at der var for stor bredde på bekostning af dybden. Egentlig ret overraskende i betragtning af at eleverne i forhold til megen traditionel fysikundervisning har haft god tid til at diskutere og sætte sig ind i stoffet. Men netop disse muligheder har måske vist eleverne, hvor svært stoffet er, og

at jo mere man arbejder med det, jo flere problemer bliver man klar over. Det kan også ses som et udtryk for det, Olga Dysthe kalder "ægte engagement". Eleverne var ikke tilfredse med en formalistisk opfyldelse af Fagbilaget, men ville have en egentlig indsigt og brugbar forståelse.

Indholdet - abstraktion

Den anden del af indholdsdiskussionen kredsede mest om, hvad det var ved fysik som var svært:

Øh, hvad der har været lettest og sådan, så vil jeg helt klart sige, sådan et emne man kan forholde sig til. Fx meteorologi. Så snart man kan kigge ud af vinduerne, og sige hvordan det egentlig ser ud, så synes jeg, det ligesom er noget, man sådan får øjnene mere op for. Det, der foregår inde i atomer, som du overhovedet ikke engang kan se, så synes jeg det bliver sværere ... vand der koger, så kan man gå ind og skrive hvad det er, der egentlig sker, ik' ... forsøg med radioaktivt henfald og sådan noget, altså, selvfølgelig har vi fået lidt bevisning, med - orv der er noget der bipper, men alligevel, så er det usikkert ...

Jeg er meget enig faktisk. Jeg tror at en af de ting, der blandt andet også gør fysik ret svært, det er, at de der ting med ... , at størstedelen af det, det er så abstrakt så vi ikke kan forestille os, som sådan noget kvantefysik. Nå, den er bare dér, der hopper den bare hen, og sådan noget. Der er ikke rigtig noget, der er ikke rigtig noget, der er ikke rigtig noget belæg for det. Der har bare været en mand, der engang har sagt: Sådan er det, altså. ... Det vi har savnet lidt, det er ... hvis man kunne forklare det på en måde. Hvis man kunne sige: det er ligesom den og den ... hvis man siger: her er et æble og her er en appelsin, og de gør sådan og sådan ... jeg tror bare generelt at det er vigtigt, at man kan relatere det til, til noget man kender til i forvejen, noget fra hverdagen eller et eller andet.

Øh, nu har jeg samfundsfag, og det er klart, det afspejler klart mere hverdagen end fysik. Samfundsfag det er noget med, altså hvordan det fungerer i hverdagen og sådan noget, altså man kan nikke genkendende til, til nogen ting. Det kan man ikke så ofte med fysik, synes jeg. Fx bølger og atomer og sådan noget.

Hvorfor kan du ikke? Der er jo bølger i hverdagen ... der er jo masser af bølger når vi taler, nu fx, ik'?

Jo, det er rigtigt nok, men for mig, jeg siger bare at det er noget med stemmebånd, jeg ser ikke bølgerne ...

Jeg tror ligesom de andre har sagt, det er for abstrakt ...

Selv om mange elever traditionelt siger, at fysik handler om noget i deres hverdag, var det her gennemgående, at fysik opfattedes som abstrakt, noget man ikke kan se, og derfor er svært at forholde sig til. Det blev udtrykt som en frustration, ud fra et ønske om at lære det, men med en erkendelse af, at det ikke har været let selv at give stoffet mening *"at relatere det til noget man kender i forvejen"*.

LÆRERENS SLUTEVALUERING

Et stykke inde i det følgende skoleår bad jeg X om at overveje hele forløbet i x-klassen. Frem for et interview bad jeg hende skrive nogle overvejelser ned, ud fra nogle stikord fra mig. Disse spørgsmål kan ses i Bilag 7. X skrev:

--- ooo ---

Forventninger før jeg mødte klassen

Jeg ville have dem til at opfatte at fysik i høj grad er modellering. Forventninger om sød - dårlig - kvik mm. har jeg ikke til klasser. Jo, jeg forventede, at jeg ville kunne få mange piger til at vælge højniveau, ved en målrettet indsats.

Læring

Man lærer fysik (og meget andet) ved selv at bearbejde stoffet, det betyder, at jeg skal tage så lidt af taletiden som muligt. Man kan lære noget af forelæsning, hvis man er forberedt og gerne vil lære noget. Strukturen af undervisningen er derfor grundlæggende baseret på gruppediskussioner med indlagte (ofte) frivillige forelæsninger. Den falske 'dialog', hvor læreren spørger til et (ikke) læst stof i klassen, bruger jeg ikke. Elever hives heller ikke uvarslet op til tavlegennemgang, hvorimod velforberedte elevforedrag forekommer.
Jeg mener, fysik er opstilling af modeller, der skal forklare virkeligheden. Jeg omtaler ofte modeller i undervisningen, men det er svært at trænge igennem med, da eleverne er vænnet til at tænke i formler (altså sammenhænge uden forudsætninger og tolkninger), og fordi lærebøgerne jo også i høj grad understøtter denne opfattelse.

Enkeltelevers udvikling samt klassen i forhold til normalklasser

Clara: meget usikker pige, der slet ikke kunne lide at sidde i gruppediskussioner uden en lærer, der hele tiden kunne bekræfte at gruppen var på rette spor, hun kom efter min opfat-

telse til at holde meget af denne arbejdsform, det styrkede hende, tror jeg, at tale så meget om begreberne, som de gjorde i grupperne - hun fik vist også 9 til mundtlig eksamen, hvilket hun stadig er dybt forundret over. Det er den højeste karakter hun i sit liv har fået. (Solstrålehistorie).
Dave: Der er ikke rigtig nogen udvikling, han var fagligt svag til matematik, men rimelig god til at tænke fysik, han kom aldrig til at acceptere, at han selv skulle arbejde med stoffet og ikke bare få det serveret af mig, han havde lange fraværsperioder[1].
Langt de fleste elever var meget arbejdsomme og heraf en hel del dygtige. En lille del havde det svært med at yde en passende indsats, men det vidste de godt.
Sjovt at matematiklæreren og jeg slet ikke var enige om klassens faglige niveau, hun mente, de generelt var dumme og dovne, og jeg mente, de generelt var flittige og dygtige.

Skolemiljø

Det er ikke på skolen almindeligt at undervise 3 timer i træk i fysik (eller andre fag) ej heller at lade gruppediskussioner være det bærende element i undervisningen. Klassens dansklærer var nok den, der arbejdede mest i samme stil, ellers var de udsat for meget tavleundervisning i andre fag. Klassen havde ikke svært ved at arbejde på en anden måde i fysik, jeg har i hvert fald aldrig hørt dét som begrundelse.

Pædagogisk stil

Glade og ærlige elever, de var klar over at de skulle arbejde for at lære, og at når de ikke arbejdede, så var *det* (og ikke alt muligt andet) årsagen til, at de ikke kunne følge med. Det bevirkede, at jeg aldrig behøvede at blive sur - altså en glad lærer med overskud. Jeg synes, der var et rigtigt godt arbejdsmiljø i klassen og dermed et godt fundament for læring.

Observationens påvirkning

Klassen blev ikke påvirket, måske blev de lidt mere opmærksomme - hvad vil det sige at lære noget- mm., da de jo jævnligt blev spurgt om det, men måske havde jeg selv arbejdet mere med denne side af undervisningen, hvis ikke Jens havde.

1 Fra mit interview med Dave fremgik det at han havde helt specielle problemer i hjemmet som påvirkede hans skolegang meget kraftigt, idet de fik ham til at isolere sig fra de øvrige elever. Det ses også i den analyserede dialog i kapitel 5, hvor Dave næsten ikke deltager.

Jeg tror ikke, jeg selv var påvirket i selve undervisningen, men det har selvfølgelig styrket min måde at arbejde på, at jeg har kunnet diskutere undervisningen og klassens reaktioner med Jens. Den største påvirkning kom dog ved at de tre timer lå sammen, man bliver tvunget til at tænke langsigtet, og der er ingen 'fise-den-af-timer', man kan jo ikke bare lade 28 elever sidde i tre timer og regne opgaver uden mål.

Opnåede jeg det jeg ville?

Jeg er meget tilfreds med forløbet. Det faglige niveau blev højt målt i traditionel forstand (flotte karakterer til eksamen og en censor, der syntes at de udtrykte sig frit og godt) men jeg er slet ikke tilfreds med deres manglende forståelse for fysik som modellering af virkeligheden. Socialt var klassen velfungerende i mine timer under hele forløbet, det har de vist også generelt ry for at være, her tror jeg i øvrigt at to elever som Mark og Rod har en stor betydning.

Ændringer

Jeg vil finde ud af om det er muligt at styrke modelaspektet og tænke mere i projektorganiseret undervisning.

--- ooo ---

OPSUMMERING

Vi har fulgt en klasse, hvor læreren har haft en bevidst og formuleret holdning til fysik og til læring, som hun har forsøgt at omsætte til faglig/pædagogisk praksis. Det har udmøntet sig i en tilrettelæggelse af undervisningen, som er ret langt fra gængs praksis i fysikundervisning i gymnasium/hf, nemlig timerne samlet i en 3-timers blok og gruppearbejde som den bærende undervisningsform. Det faglige indhold har været det traditionelle, men med større vægt på åbne og selvformulerede opgaver og med et ønske om at styrke modelaspektet. Resultatet har været et læringsmiljø, som i høj grad var baseret på elevernes indbyrdes dialog, med læreren som den der tilrettelagde og vejledte undervejs. Desuden blev der lagt vægt på elevinddragelse i planlægningen og på en samtale *om* fysikken.
Eleverne kan karakteriseres som gennemsnitligt sammensat hvad angår faglige og læringsmæssige forudsætninger. 5 af dem var to-sproglige, uden at dette synes at have påvirket forløbet. Eleverne tilpassede sig undervisningsformen - selv om den var meget anderledes end i deres andre fag - og formåede at udnytte dens muligheder. Dette gælder såvel de tryghedsorienterede som de udfordringsorienterede elever. Eleverne har lært den fysik, som man skal på obligatorisk niveau. Der kan spores en tendens til, at de har opnået en relativ veludviklet formuleringsevne. Eleverne har gennemgående udvist stor tilfredshed med fysikundervisningen. De har i stor udstrækning udvist et fagligt engagement. Men

også beklaget sig over de abstraktionskrav faget stillede og en følelse af manglende relevans for deres øvrige tilværelse. Størst utilfredshed var der med den manglende mulighed for fordybelse, med den følelse af overfladiskhed, som følger af at skulle gennemgå så mange forskellige emner. Disse utilfredsheder kan måske netop tolkes som udtryk for et ønske om at *lære* fysik frem for kun at *have* fysik.

Det kan nævnes, at 9 ud af 26 elever valgte fysik på højniveau.

Perspektivering

Gennemgangen har således dokumenteret, at en gruppebaseret, dialogfremmende fysikundervisning er mulig, gennemførlig *og* frugtbar. Det er ikke et argument for, at den er *bedre* end andre former for undervisning. Undervisning og læring er for komplekse størrelser til absolutte sandheder. Men undersøgelsen viser, at en sådan undervisning er mulig og kan udgøre et fysiklæringsmæssigt velfungerende alternativ til anden undervisning.
I denne afhandlings perspektiv peger undersøgelsen af x-klassen på en række områder som det vil være ønskeligt at undersøge og udvikle for at kunne fremme de positive erfaringer og minimere de negative sider:
Der er brug for en læringsteori som kan fastholde handlingsaspektet og som indfanger elevernes dialoger med hinanden og stoffet. Det sker i kapitel 3 og 5.
Der er brug for en analyse af hvori det specifikt fysikfaglige består, hvilket sker i kapitel 4 og 7.
Desuden ville det være nyttigt at kunne begrebssætte og udfolde det åbne og selvformulerede og det gruppeorienterede i Xs fysikundervisning. Det bliver gjort i kapitel 6.

LITTERATUR

Beyer, K. (1992). Det er ikke tænkning det hele. In H. Nielsen & A. Paulsen (Eds.), *Undervisning i fysik - den konstruktivistiske idé*. København: Gyldendal.

Dolin, J. (2000). *Værdier og undervisning i fysik.* Paper presented at the Fysik og almendannelse, Askov Højskole.

Dolin, J. & Ingerslev, G. (1997). Pædagogik og faglighed. *Gymnasieskolen*(11).

Dysthe, O. (1995). *Det flerstemmige klasserommet*. Oslo: Ad Notam.

Huber, G. L.;Sorrentino, R. M.;Daveson, M. E. & Roth, W. H. J. (1992). Uncertainty orientation and co-operative learning: Individual Differences within and across cultures. *Learning and Individual Differences*(4), 1-24.

Petersson, E. (1995). Fra lærerprocesser mod læreprocesser, *Læreprocesser i 90'erne - ansvar for egen læring?* København: DEL.
Prinds, E. (1999). *Rum til læring*. København: CTU.

Del II

LÆRING AF FYSIK

I del II vil jeg forsøge at udvikle et teoriapparat som kan indfange hvorledes elever lærer fysik. Vi er således oppe i den øverste del af figur 1, s. 6, hvor læring og fag skal kobles sammen. Mit empiriske udgangspunktet er den undervisning som er fremlagt i del I, dvs. en undervisning baseret på elevernes indbyrdes samtale om faglige forhold og en relativ åben, upragmatisk, eksperimenterende tilgang til faget. Vi skal derfor specielt arbejde med læringsteorier som kan indfange læring i sådanne sammenhænge, vi skal have begrebssat de fagspecifikke forhold og vi skal endelig undersøge hvorledes læring af disse faglige forhold kan foregå.

LÆRINGSTEORIER

Kapitel 3 omhandler konstruktivistisk orienterede teorier om læring. Konstruktivismen er kun et (godt nok omfattende) teorikompleks i hele læringsfeltet og det kan derfor være nyttigt her at indplacere det i feltet.

Det er nok ikke muligt at opstille en generel teori om læring, at afdække en generel måde at lære på som dækker alt og alle. Det at lære er summen af mange elementer alt efter hvad det er som skal læres, under hvilke vilkår det foregår og hvem der skal lære det. Alligevel er det nyttigt at finde nogle fælles træk, at forsøge at indfange de væsentligste aspekter i megen læring og de processer hvorigennem læringen foregår.
Jeg vil først skelne mellem *explicit læring* og *implicit læring*.

Implicit læring

Implicit læring (eller medlæring) sker automatisk og uden bevidst kontrol. Implicit læring sker hele tiden og medfører en implicit viden (også kaldt tavs viden), dvs. viden som vi (måske) bruger i vores dagligdag, men som vi ikke altid kan beskrive (eller i hvert fald sjældent gør os klart). I skolesammenhæng er hele den såkaldte skjulte læreplan[1] et eksempel herpå. En autoritær, lærercentreret undervisning vil således næppe fremme selvstændighed hos eleverne. En fysikforsøg med hovedvægt på kogebogsøvelser vil fremme en bestemt fysikopfattelse osv. Denne implicitte læring foregår altid parallelt med den åbne læring, og er derfor en integreret del af læringssammenhængen fra læringsbegreb til undervisningens tilrettelæggelse.

[1]Som den især blev beskrevet i 70'erne i fx Mette Bauer og Karin Borg: Den skjulte læreplan (Bauer & Borg, 1976) og Donald Broady: Den dolda läroplanen (Broady, 1981).

Den implicitte viden har stor indflydelse på ny læring og den har også betydning for elevers holdning til faget og deres motivation for at lære. Dårlige oplevelser med fysik i grundskolen kan virke blokerende for en læreproces i gymnasiet.

Explicit læring

Explicit læring sker som resultat af bevidste og planlagte handlinger og når man diskuterer læreprocesser (i skolesystemet) er det oftest den explicitte læring man hentyder til. Men det er vigtigt at gøre sig klart, at al explicit læring er udtryk for nogle holdninger, og derfor også indeholder en implicit læreproces (se figur V.1, s. 337). Koblingen mellem de to former for læring er da også et område som er blevet genstand for megen pædagogisk forskning og udvikling i de senere år. Den fænomenografiske forskningstradition kan ses som en metode til at eksplicitere det implicitte, at få afdækket aktørernes viden om, opfattelser af og holdninger til et område. I mange nyere pædagogiske udviklingsprojekter fokuseres der på udviklingen og bevidstgørelsen af elevers (og læreres) holdninger til læring og undervisning i erkendelse af disse holdningers betydning for udbyttet af undervisningen. Det er interessant hvilken engageret, ofte hadefuld modstand disse projekter har mødt. De blev ved deres fremkomst beskrevet som naive, kaldt ny-religiøse, ja nærmest tillagt fascistoide grundholdninger[1]. Det *er* ikke uproblematisk at inddrage holdninger i undervisningen, hvilket fortalerne for de udskældte projekter naturligvis godt vidste[2], men i bund og grund afspejler den heftige diskussion måske mere end noget andet nogle fundamentalt forskellige holdninger til viden og læring. Er viden en objektiv størrelse som kan overføres fra lærer, bog o.l. til eleven eller er det noget som eleven selv må tilegne sig og danne evt. i samspil med andre? Konstruktivismen er netop udviklet som en reaktion på det første synspunkt.
Afhandlingen vil altovervejende beskæftige sig med eksplicit læring[3]

Forskellige former for eksplicit læring

Stevenson and Palmer skelner mellem tre forskellige former for explicit læring (Stevenson & Palmer, 1994):

- læring ved at huske
- læring ved problemløsning

[1] Debatten foregik bl.a. i medlemsbladet for gymnasielærernes fagforening, Gymnasieskolen. Et indlæg i nr. 9, 1996 hed således *Nypædagogerne – de sidste dages hellige* og var illustreret af en fanatisk vækkelsespræ-dikant med PEEL-bogen i hånden stående over for en jublende hob.

[2] Se fx (Dolin & Ingerslev, 1994).

3 Paradoksalt nok er formålet med megen explicit læring at gøre den explicitte viden implicit. Ved gentagne øvelser får man den explicitte viden automatiseret så den kan bruges "uden at tænke sig om".

- læring ved forståelse.

Jeg vil kort omtale de to første af Stevensons og Palmers læringskategorier, uden at diskutere grundigt om disse er selvstændige kategorier, for derefter at gå i dybden med forståelseslæreprocesser, som er det der traditionelt forstås ved læring.

Hukommelse

Det er svært at huske, men nødvendigt at have en vis paratviden som et skelet at bygge forståelse op på. Men det at huske er forskelligt for forskellige kategorier. Meget kan næppe huskes uden at kunne forstås eller i hvert fald uden at eleven tillægger det der skal huskes en vis (egen) mening. Noget kan muligvis huskes uden at en forståelse er nødvendig, fx Fyns byer o.l., men selv i sådanne tilfælde vil man ofte have et billede som man relaterer det der skal læres til.

Almindelig repetition i form af gentagelse og øvning er ikke en særlig effektiv måde at huske på. Man skal snarere arbejde med en subjektiv organisering af stoffet fx ved at lave remser (fx ved de fleste fysikere at betegnelserne for stjernestørrelserne (o,b,a,f,g,k,m,r,n) huskes ved hjælp af remsen: *o*h, *be a f*ine *g*irl, *k*iss *m*e – *r*ight *n*ow!), rim, billeder, tegninger eller med at integrere stoffet i den eksisterende viden.

Det at huske er muligvis en læringsform som er miskrediteret (som en reaktion på generationers tvangsterperi), men som ikke desto mindre er essentiel for mere "avancerede" læringsformer.

Problemløsning

Stevenson and Palmer definerer et problem som en situation, hvor et opstillet mål er blokeret. Traditionelle matematik- og fysikopgaver gives som eksempler herpå. Løsningen består da i at reducere vejen til målet, i at mindske afstanden mellem begyndelsessituationen og målet. Dette gøres typisk ved at opstille eller udvikle nogle procedurer som mindsker denne afstand. Der er her en fare for at reglerne og procedurerne går forud for en forståelse. Man lærer at bruge ligningerne, men ikke at forstå hvorfor. En måde at undgå dette på er at lade problemløsningsprocessen indbefatte en reflektion over løsningen, både processen og konteksten - altså at inddrage metakognition. Der arbejdes desuden mange steder, især i USA (fx (Huffman, 1997), (Gautreau & Novemsky, 1997)), med at udvikle problemløsningsprocedurer, hvor vægten lægges på at lade eleverne beskrive og argumentere for hvilke procedurer de vil anvende frem for at anvende dem.

I andre sammenhænge opfattes problemer mere bredt som nogle spørgsmål man vil have belyst eller besvaret og her er faren for ureflekteret procesanvendelse vel til at overse. Den i kapitel 7 udviklede modelleringsproces kan opfattes som et eksempel herpå.

Det er vist, at en god problemløsning er baseret på en solid viden inden for det pågældende område ((Corte, 1993) s.5-6), så igen kan man påpege at de forskellige læringsformer hænger sammen.

Forståelse
Dette er den sværeste af de tre læringsformer, og det de fleste forbinder med læring. Det er fx her nye begreber og sammenhænge læres, og når der generelt tales om læringsteori er det ofte denne form for læring der tænkes på. De følgende grupper af læringsteorier beskæftiger sig da også primært med forståelse uden at det formuleres eksplicit.

Tre tilgange til læring

Der har efterhånden etableret sig tre grupper af læringsteorier:

Kognitivistiske læringsteorier: Læring er en altovervejende intellektuel handling og foregår som den lærendes aktive bearbejdning af sin omverden. De konstruktivistiske læringsteorier har deres udspring i en kognitivistisk opfattelse, hvor læring er en mental konstruktion, men de indbefatter efterhånden også mere sociale, kulturelle opfattelser af læring. Det er dette spektrum som udfoldes i kapitel 3.

Psykodynamiske læringsteorier: Vægten lægges på læringens emotionelle sider, specielt relationerne mellem mennesker (interpsykiske processer). Læring kan ses som en overføringsproces mellem lærer og elev, hvor læreren ses som den idealiserede inkarnation af viden, den store anden (Jerlung, 1996). Læreren kan være den store fortæller.

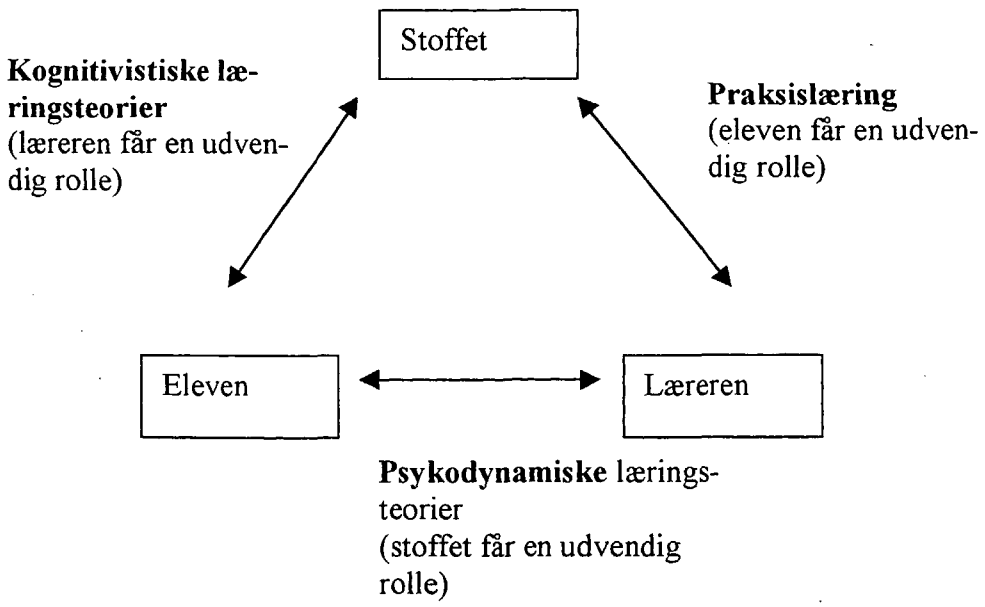
Praksislæringsteorier: Læring sker gennem deltagelse i praksisfællesskaber hvor man tilegner sig fagets arbejdsformer og kultur. Det sker informelt gennem observation og imitation af læreren som mesteren.

Det er tre grupper som overlapper hinanden. Den skarpeste adskillelse går mellem de to første, mens praksislæring kan ses som en videreudvikling af kulturelt orienterede kognitivistiske læringsteorier, men med inddragelse af interpsykiske relationer. Man kan sige at kognitivismen har været drivende i udviklingen af centrale dele af konstruktivistisk læringsteori, men at der efterhånden er etableret en skole som baserer sig på læring i sociale praksissammenhænge, med inddragelse af sociale, semiotiske og psykologiske perspektiver. Det er denne gruppe jeg har samlet under betegnelse praksislæring.
Den skarpe adskillelse mellem konstruktivistiske og psykodynamiske læringsteorier er dog snarere udtryk for deres forskellige fokus inden for det samme felt end for uadskillelige teorier.
Kognitivismen tager udgangspunkt i hvordan den enkelte alene (eller sammen med andre) tilegner sig forståelse for et fænomen eller et emneområde og forudsætter så en intention

om at ville det. Jo længere man kommer ind i denne læringsteori jo mere nærmer man sig psykodynamiske problemstillinger, fordi man skal forklare hvad der egentlig bærer konstruktionsprocessen fx gennem et dialogbegreb, der har dybest set omhandler interpersonelle relationer, eller et motivationsforhold der kan være båret af en lærer-elev relation. Psykodynamisk læringsteori tager udgangspunkt i mellemmenneskelige relationer, hvordan et menneske (fx læreren) kan påvirke et andet menneske (fx eleven) til at gøre noget. Men siger så ikke noget om hvordan den konkrete tilegnelse foregår.

Hvis jeg skulle illustrere det på en noget trekantet måde, så kunne det gøres ved at se hvordan de forskellige teorier indgår i den traditionelle elev-lærer-stof trekant1:

Figur II.1



I kapitel 3 koncentrerer jeg mig således om et lille udsnit af hele feltet ved at forsøge at etableret et overblik over de kognitivistiske læringsteorier. Men jeg inddrager de andre sider i trekanten når det anses for påkrævet, og jeg omtaler især praksislæringsteorier i forbindelse med socialt orienterede teorier. Når jeg derfor lader kapitel 3 omhandle *konstruktivismen*, er det for at signalere, at jeg opfatter dette teorikompleks som ikke kun handlende om kognitivisme, men også om socialitet og sprog.

1 Praksislæring som en samlet teori kan nok siges at være presset ud i et hjørne – det er primært den noget bastante mesterlære-retning (som gennemgås i kapitel 3) der kan placeres som en lærer-stof relation.

Konstruktivismen er i selv et meget omfattende felt, hvor forskellige positioner har udviklet sig fra andre, så at definere konstruktivismen er at skrive dens historie. Jeg føler mig derfor nødsaget til at foretage et historisk rids ligesom jeg inddrager erkendelsesteoretiske overvejelser. Men det er endt med at blive et relativt omfattende kapitel.

FYSIKFAGET

Eleverne skal lære fysik. I kapitel 4 giver jeg et bud på hvad det vil sige. Ligesom kapitel 3 koncentrerede sig om forståelseslæring koncentrerer jeg mig i kapitel 4 om hvad det vil sige at forstå fysikkens fænomener og begreber. Der er derfor mange af de andre krav, der stilles til eleverne i fysikfaget, som ikke berøres, fx arbejdsformer, problemløsning mm. Jeg udvikler et begrebsapparat om de forskellige måder hvorpå man kan anskue et fysisk fænomen og definerer læring som det at tilegne sig disse forskellige repræsentationsformer. Jeg undersøger hvorledes det kan foregå og giver nogle bud på didaktiske retningslinier for fysikundervisning baseret på dette begrebsapparat.

AT LÆRE FYSIK GENNEM DIALOG

I kapitel 5 sammentænker jeg de to foregående kapitler ved hjælp af dialogbegrebet. Dialogen var det bærende i den undervisning der er fremlagt i kapitel 2 og i kapitel 5 udvikler jeg et dialogbegreb på grundlag af den socialkonstruktivistiske læringsteori fra kapitel 3. Dette begreb bruger jeg på læring af fysik og undersøger hvad det vil sige at lære fysik gennem dialogiske processer.

LITTERATUR

Bauer, M. & Borg, K. (1976). *Den skjulte læreplan.* København: Unge Pædagoger.

Broady, D. (1981). *Den dolda läroplanen.* Stockholm: Symposion Bokförlag.

Corte, E. d. (1993). *Et overblik over forskning om læring og undervisning* (Arbejdstekst nr.7 fra Voksenpædagogisk Teoriudvikling). Roskilde: RUC.

Dolin, J. & Ingerslev, G. (1994). At lære at lære - om PEEL-projektet. In E. Damberg (Ed.), *Pædagogik & Perspektiv. En gymnasial didaktik.* København: Munksgaard.

Gautreau, R. & Novemsky, L. (1997). Concepts first - A small group approach to physics learning. *American Journal of Physics, 65*(5), 418-428.

Huffman, D. (1997). Effect of Explicit Problem Solving on High School Students' Problem-Solving Performance and Conceptual Understanding of Physics. *Journal of Research in Science Teaching, 34*(6), 551-570.

Jerlung, E. (1996). Put en tiger i tanken, Gartner!" - om pædagogikkens blinde punkt. *Dansk Noter, 4.*

Stevenson, R. J. & Palmer, J. A. (1994). *Learning: Principles, Processes and Practices.* London: Cassell Educational Limited.

KAPITEL 3
KONSTRUKTIVISMEN
- ENHED OG MANGFOLDIGHED

Formålet med dette afsnit er at indkredse konstruktivismen som erkendelses- og læringsteori.
Det er en skelnen som er vigtig at fremhæve. Ordet konstruktivisme bruges ofte i flæng om holdninger til læring og undervisning, om hvordan man mener, mennesket erkender og om opfattelser af vores viden om omverdenen. Det har givet anledning til mange konflikter og kontroverser, fordi holdninger inden for et område af teorikomplekset tages til indtægt for holdninger inden for et andet område. Afsnittet har derfor også til hensigt at foretage en begrebsafklaring og -afgrænsning.
Jeg vil lægge hovedvægten på konstruktivismen som en læringsteori inden for naturvidenskaberne, og jeg vil i denne ramme arbejde med følgende spørgsmål:

Hvad er de grundlæggende ideer i konstruktivismen?
Hvor har de deres rødder, i modsætning til hvad er de vokset frem?
Hvilke forskellige "skoler" er der opstået og hvad er deres forskelle og ligheder?
Hvilke problemer er indbygget i konstruktivismen?
Hvilke pædagogiske og didaktiske konsekvenser kan man uddrage af de forskellige konstruktivistiske retninger?

Det ligger uden for dette afsnits rammer at besvare alle disse spørgsmål fyldestgørende, men jeg vil lægge vægt på - udover at forsøge at besvare dem - at tydeliggøre spørgsmålenes relevans og præcisere deres indhold og hvilke nye spørgsmål de afføder.
Fremstillingen følger til dels min egen teoretiske erkendelses udvikling af det teorikompleks, som mere og mere har etableret sig som et paradigme for læring og undervisning i de naturvidenskabelige fag. Uanset hvor man starter med at sætte sig ind i konstruktivismen, finder man ud af, at man kun har rørt ved et lille hjørne af en overvældende litteratur. Med konstruktivismen som indgang kan man komme rundt i alle afkroge af fysikkens didaktik - de erkendelsesmæssige, indholdsmæssige, læringsteoretiske, pædagogiske, historiske, begrundelsesmæssige osv. aspekter, som hver især forgrener sig ud i en mangfoldighed af delproblemstillinger. Det har været mit ønske at få et samlet overblik over alle disse områder, og over hvordan konstruktivismen forholder sig til dem. Givetvis et umuligt projekt, men som det alligevel har været nødvendigt at begive sig i kast med for at kunne kontekstualisere og analysere det empiriske materiale.
Det kan derfor ikke undgås, at nogle problemstillinger behandles urimeligt overfladisk, men jeg har ofte valgt at berøre dem alligevel for at vise, hvorledes de indgår i helhedsbil-

ledet og dermed bidrager til besvarelsen af de opstillede spørgsmål. Overblikket og sammenhængen er altså vægtet højt, af og til på bekostning af dybden, som litteraturhenvisningerne giver mulighed for at gå ned i.
Måske er det ufrugtbart at forsøge at holde sammen på konstruktivismen som én teori der omtales samlet. Man kommer let til at negligere de fundamentale forskelle ved at putte holdninger, der har større forskelligheder end ligheder, ned i den samme kasse. På den anden side giver en samlet fremstilling mulighed for at danne sig et overblik, som senere kan være grundlag for en uddifferentiering. Så igen vil jeg vægte overblikket som indgang til forskellighederne.

DE GRUNDLÆGGENDE IDEER OG SPØRGSMÅL I KONSTRUKTIVISMEN

Kernen i konstruktivismen som læringsteori er, at hvert enkelt menneske selv bygger sin viden op i en vekselvirkning med omgivelserne. I den piagetske variant, som jeg senere vil gennemgå grundigere, er udgangspunktet for al ny erkendelse på den ene side det enkelte menneske med vedkommendes eksisterende viden, holdninger mm. og på den anden side verden (som individet vel at mærke er en del af). Den lærende vil med sin viden og holdninger tolke de hændelser og synspunkter, som vedkommende udsættes for, og på den anden side vil disse hændelser og synspunkter (måske) modificere den lærendes opfattelse, således at fremtidige tolkninger sker med et andet udgangspunkt. Således kan ny viden opstå ud af denne vekselvirkning.
Denne opfattelse af, hvordan mennesker lærer, er anderledes end manges opfattelse af at viden kan overføres fra én person til en anden, at man fx ved at sige det rigtige til andre har sikret sig, at de forstår det. Eller som psykodynamisk orienterede holdninger til læring, der lægger vægt på den lærendes følelsesbinding til læreren, udtrykt i begrebet *overføring*. Erik Jerlung skriver som eksponent for denne holdning: *Men først i kraft af den overføring, der opstår mellem lærer og elev, bliver elevens objektive videns-mangel til en længsel efter at vide og at kunne. ... .Eleven forlanger at se fra den position med overblik og sikkerhed, som den anden, læreren besidder, ikke fra sin egen mangelfulde position.* (Jerlung, 1996). Det er en opfattelse af undervisning og læring, der fokuserer på relationerne mellem den lærende og læreren, og på hvorledes denne relation kan drive en læreproces. Den lærende vil åbne sig op for lærerens ord og gøre dem til sine egne. En lærer med et sådant læringssyn vil ofte agere som "den store forkynder", fortælleren der vil overføre sin viden til eleven. I modsætning hertil vil forholdet[1] (noten kommer på næste side – word har her sit eget liv) mellem elever og lærer i et konstruktivistisk verdensbillede snarere tematisere motivations-mæssige aspekter ved læreprocessen. Tilhængere af konstruktivismen siger - slagordsagtigt formuleret - at man ikke kan lære andre noget, det er kun den lærende selv, som kan lære sig det. Det betyder ikke, at man ikke kan hjælpe andre til viden, fx ved at fortælle

andre noget, men hvis de ikke selv aktivt bearbejder det, der skal læres, så sker der ikke nogen læring. Selv om det er en vel af de fleste forskere anerkendt sandhed, er det forbløffende i hvor ringe udstrækning, den har fået indflydelse på fagbeskrivelser[2], undervisningsvejledninger (i hvert fald på gymnasialt niveau) og på den daglige undervisning. De to ting hænger selvfølgelig sammen.
En anden vigtig pointe i konstruktivismen er at den lærendes ny viden tager udgangspunkt i vedkommendes eksisterende viden. Med Ausubels berømte udsagn:

"The most important single factor influencing learning is what the learner already knows ..."
(Ausubel, 1968)(s. vi)

Man kommer ikke som et tomt kar, der blot kan fyldes op, eller en blank tavle der blot kan beskrives. Det nye skal passes ind i den form, der er i forvejen, der skal så at sige skrives videre på de sætninger, der står i forvejen. Og hvis det nye ikke passer med det, der er i forvejen, opstår der et problem. Især hvis den eksisterende opfattelse er i modstrid med anerkendt videnskab, dvs hvis den lærende har såkaldte "misconceptions" eller fejlagtige hverdagsopfattelser. Der er skrevet en omfattende litteratur om, hvordan man kan/bør bearbejde sådanne konflikter[3], og jeg vil vende tilbage til problemet. Under alle omstændigheder kan den lærende enten forkaste det nye, lære det nye ved siden af det gamle (såkaldt parallellisme) eller ændre sin opfattelse ved at tilpasse sig det nye (viske noget ud på tavlen, ændre nogle gamle ord, så de passer til de nye, konstruere overgange mellem gamle og ny sætninger). Denne sidste proces kaldes *adaptation* (eller adaption) og er den centrale læringsproces i konstruktivismen, igen især i den piagetske version.

Denne i sin grundstruktur enkle model for læring, for opnåelse af viden, afføder umiddelbart en række spørgsmål.

Hvad forstås der egentlig med viden?

Ordet bruges ofte i flæng (som det er gjort ovenfor) sammen med ord som indsigt, kundskab, forståelse og erkendelse. I litteratur om viden foretages der mange skel mellem forskellige former for viden. Fx skelnes der mellem *deklarativ viden* - dvs viden om faktiske forhold, vi har samlet op gennem direkte og indirekte erfaringer - og *procedureviden* - dvs viden om hvordan man gør noget fx cykler, dividerer med en brøk osv. (Hansen, 1997). På

---

1 Hvormed der altså her menes de psykodynamiske relationer og ikke de fx instruktionsmæssige.
2 Det kan diskuteres hvorvidt en fagbeskrivelse, eller Fagbilagene til Bekendtgørelsen som det nu hedder, kan være konstruktivistisk. Nogle vil hævde, at det blot er et katalog over hvad eleverne skal lære, og det kan de så lære konstruktivistisk eller på anden vis. Men hvis viden ikke kun er et produkt, men også en proces, altså hvis måden man lærer på er en del af den viden man får, så giver det mening at tale om en konstruktivistisk fagbeskrivelse. Men hvad så med lærernes metodefrihed?
3 (Duit, 1993) giver en omfattende oversigt dækkende næsten 3000 undersøgelser gennem 25 år af litteratur om misconceptions, hverdagsopfattelser etc.

engelsk bruges betegnelserne propositional og procedural knowledge. Piaget, som vi vender tilbage til, skelnede på samme vis mellem *figurativ viden*, der betegner hvad man ved om ting og deres egenskaber, og *operativ viden*, der betegner hvad man ved om handlinger og deres konsekvenser.
Der skelnes også mellem *tavs viden* (eng. tacit knowledges, et begreb som bl.a. er udviklet af (Polanyi, 1966) og *bevidst viden*, hvor den tavse viden er den, man bruger uden at gøre sig det klart, og som ligger tæt op ad procedure viden, og den bevidste viden ligger tæt op ad deklarativ viden. Disse betegnelser er ikke altid lige veldefinerede og bliver ofte brugt mere intuitivt og indforstået end videnskabeligt stringent, og en skelnen mellem dem er vanskelig at opretholde i praksis.

Problemet med viden (ud over den mest simple information) er at den tilegnes i en proces, og at det derfor er svært at adskille det, der opnås, fra selve processen. Den opnåede viden giver så at sige ikke mening uden kendskab til dens dannelsesproces, og det virker derfor meningsfuldt at gøre selve tilegnelsesprocessen til en del af vidensbegrebet. Det er i konstruktivismens ånd at medinddrage processen, netop fordi viden konstrueres i en proces, og man kan sige, at erkendelsen *ligger i* processen mere end at den *kommer ud af* procesen. Det ville derfor være fristende at lade viden omfatte både processen og resultatet, uden at skelne mellem "hvad der tilegnes" og "processen gennem hvilken det tilegnes". Problemet er bare, at man så risikerer at ende med en opfattelse af, at den opnåede viden forsvinder når processen er tilendebragt, eller rettere sagt at den er så bundet til erkendelssprocessen, at den ikke kan bruges uafhængigt af processen – den lærende har den ikke nødvendigvis med sig i andre situationer. Vi er her ved problemet med *situated learning*, som jeg vil vende tilbage til. Man kan til dels komme uden om problemet ved at sige at man har opnået evnen til at gennemføre processen. Fx er det at kunne foretage en kraftanalyse noget, der læres gennem en proces, hvorved man opøver evnen til at kunne analysere situationer, hvori kræfter virker. Først via arbejdet med mange kraftanalyser opbygges en forståelse for kraftbegrebet, som gør det brugbart for den der har lært det. Et sådant vidensbegreb er beslægtet med *kompetencebegrebet*, der lægger vægt på evnen til at kunne handle. Kompetencebegrebet i fysik behandles grundigt i kapitel 11.
Det er derfor vigtigt ikke at opfatte viden som en given størrelse, men derimod som noget der hele tiden udvikles. Desuden er der også forskel på viden om simple sammenhænge og om komplekse sammenhænge. Viden kan være mere "simple" elementer af deklarativ viden, såsom faktuel viden (fx størrelsen af lysets bølgelængde), som det ikke kræver megen proces for at forstå (hvis man først forstår begrebet bølgelængde, lysets natur ...), og det kan være viden om mere komplekse forhold såsom indholdet i et energibegreb. Jo mere kompleks viden vi taler om, jo mere er erkendelsesprocesen en del af erkendelsen, men efterhånden som den personliggøres, fx gennem brug i mange forskellige sammenhænge, får den selvstændig status, løsrevet fra den sammenhæng hvori den er udviklet. Den "afsituationeres" og personliggøres.

Diskussionen af viden som proces eller produkt er således tæt knyttet til diskussionen af viden som situeret eller absolut sammenholdt med arten af det, der skal læres.

Et andet spørgsmål, man kan stille om viden, er, hvor den er henne. Er viden en substans eller en tilstand i det enkelte individ (fx gemt i molekylerne i hjernen) eller er det noget som opstår og befinder sig mellem mennesker?
Svaret afhænger nok igen af, om man fokuserer på produktet eller processen, og på hvordan man opfatter mennesket: som et isoleret individ eller som en del af omverdenen (eller: i hvor høj grad man skelner mellem det indre og det ydre - underlægger sig arven fra Descartes).
Der *sker* noget i hjernen, når man tænker. Hjerneforskning er kommet langt i sin kortlægning af hjernens funktioner og har bl.a. fundet de centre, som aktiveres, når man udfører bestemte aktiviteter som fx at tænke over et ords mening, og man har også megen viden om de muligheder og begrænsninger, hjernen giver for læring, se fx (Hansen, 1997) (Gade, 1997). Så viden (forstået som både resultat og proces) er på sin vis noget materielt. Men der er stadig langt fra at være bygget bro mellem en molekylestruktur i hjernen, og hvordan det enkelte individ opbygger og udvikler sit intellekt. Jeg vil i vid udstrækning arbejde med denne sidste, kognitive[1] tilgang til viden og læring, fordi den traditionelt har været grundlaget for den konstruktivistiske læringsteori inden for naturvidenskaberne. Det er dog en tilgang som er blevet udfordret kraftigt i de senere år, hvilket jeg vil udfolde i det følgende.
Ved at arbejde med *kognitiv eller intelligensmæssig udvikling* har jeg samtidig bevæget mig ind på én af de to hovedområder for moderne psykologi, hvor den anden er *social eller personlighedsmæssig udvikling* (Vejleskov, 1998). Kognitiv udviklingspsykologi beskæftiger sig med udviklingen af erkendelse, læring, tænkning, problemløsning, sprog mv., mens den socialt orienterede psykologi koncentrerer sig om udviklingen af følelser, social adfærd, identitet o.l.. Det er naturligvis til en vis grad en kunstig opdeling, begrundet i at man ikke kan se på hele verden på en gang. Børns (og andre menneskers) udvikling og læring foregår gennem en sammenvævning af intellektuelle og følelsesmæssige faktorer, hvor man lærer og tænker i sociale sammenhænge og hvor følelser og holdninger til andre mennesker og det, der skal læres, har indflydelse på processen. Når jeg tager udgangspunkt i kognitive problemstillinger, er det i erkendelse af at gymnasiet i høj grad arbejder med og kræver intellektuel udvikling, så de problemer, man som lærer skal arbejde med, er ofte, i hvert fald i første omgang, af intellektuel art - selv om deres bearbejdning hyppigt kræver involvering af følelsesmæssige faktorer. Dem vil jeg så inddrage i passende omfang.
Den kognitive psykologi beskæftiger sig med, hvordan hjernen arbejder, når mennesket lærer, og hele Piagets erkendelsesteori, som i stor udstrækning danner grundlaget for den nyere konstruktivisme, er meget kognitivt orienteret. I denne kognitive tilgang ses viden som tankestrukturer - såkaldte *skemaer* - der som et netværk af meninger og begreber er i stand til at fange virkeligheden og give den mening. Den "klassiske" piagetske teori be-

[1] Kognition: Psykisk proces der omfatter perception, læring, tænkning (Gyldendals Fremmedordbog, 8.udg. 1979)

skriver, hvorledes disse skemaer dannes og udvikles gennem en ligevægtssøgende adaptationsproces. Jeg vil gå dybere ind på dette senere (en letlæst version findes i (Sjøberg, 1992) og (Rasmussen, 1996)).
Denne kognitive opfattelse af viden og videnstilegnelse som noget, der foregår inde i hovedet på folk, som nogle indre psykiske processer, fik vind i sejlene som reaktion på behaviorismens koncentreren sig om påvirkning og adfærd. Det er en meget individbunden opfattelse af viden, som i de sidste 10-20 år er suppleret og videreudviklet, til dels baseret på ældre teorier såsom den kulturhistoriske skole (som jeg også vender tilbage til) og andre, nyere etnografisk orienterede retninger. Disse teorier arbejder på forskellig vis med en inddragelse af den sociale praksis, hvorunder viden tilegnes/opstår. Den såkaldte socialkonstruktionisme tager i sin yderste konsekvens afstand fra, at viden er internaliseret, noget der er i hovedet på den enkelte, men mener at viden snarere er noget som opstår i og er aflejret i den sociale praksis. Dette er i overensstemmelse med at se viden som en proces, en proces der foregår i et praksisfællesskab, og hvor den opnåede viden er delt ud blandt deltagerne - den er *distribueret.* Hvis man ser viden som distribueret, vil man samtidig opfatte viden som situeret, nemlig bundet til den sociale kontekst, hvori den er lært. Den såkaldte *konnektionisme*, som gennemgås side 172 forsøger at ophæve disse dilemmaer.
Noget af det centrale, som adskiller de forskellige retninger af konstruktivismen, er netop, hvorvidt man mener, at viden og videnstilegnelse er en individuel eller en social/kulturel foreteelse.
Disse forskellige synspunkter og deres konsekvenser vil blive gennemgået senere.

Jeg vil ikke her tage stilling til om viden er situeret eller distribueret eller individuel, men i første omgang vil jeg bruge ordet viden om noget, der erkendes, ofte gennem en proces. Dvs. jeg vil koncentrere mig om de former for læring, som indebærer en (ændret) erkendelse af mere kompleks art. Hvilket straks afføder et nyt spørgsmål, nemlig

Hvad vil det sige at erkende noget?

Ifølge Encyklopædien "... tænker man sig til noget, der går ud over, hvad man direkte oplever, dvs. man danner sig begreber, der i beskrivelsen af sagsforhold repræsenteres ved ord, der ikke modsvares af noget sanseligt." (bd. 5 s. 616/617) Denne opfattelse, som mange psykologer vil kalde meget mentalistisk[1], ser erkendelse nærmest som en sproglig bearbejdning af noget oplevet og med speciel vægt på begrebsdannelse. Det er derfor ikke så underligt at læringsforskning beskæftiger sig indgående med *sprogets rolle* (se fx (Lemke, 1990; Munby, 1994; Sutton, 1998) der specielt udtaler sig om sprogets rolle i den naturvidenskabelige læreproces) og med *erfaringsdannelse*, hvilket afspejles i bl.a. erfaringspædagogikken og fx fysikkens store vægtning af eksperimenter (se fx (Boud, Cohen,

1 Mentalisme: metafysisk anskuelse iflg. hvilken virkeligheden er ikke-materiel (Hansen, Thomsen, & Varming, 1997). Jeg vil senere bruge begrebet i en noget andet sammenhæng, nemlig som modstilling til socio-kulturel opfattelse af viden

& Walker, 1996; Leach & Paulsen, 1999; Thomsen, 1993)), og at man især inden for naturvidenskabelig læringsteori har fokuseret meget på *begrebsdannelse* (se fx (Driver, Leach, Scott, & Wood-Robinson, 1994; Säljö, 1995)) og *begrebsændring* (se fx (Caravita & Halldén, 1994; Halldén, 1994; Mortimer, 1995)). Selv om ovenstående definition på erkendelse har et mentalistisk udgangspunkt, åbner den alligevel op for en diskussion, der også er nyttig i relation til konstruktivismen, nemlig hvordan man via sprog og erfaring kan danne begreber og ændre dannede begreber. Jeg vil i kapitel 9 uddybe hvad jeg forstår ved begreber.

Erfaringsdannelsen er her nok det centrale, og man lægger i nyere pædagogisk litteratur megen vægt på hvad det er, og hvordan erfaring opnås bl.a. gennem refleksion (se fx (Eriksen, Gerstoft, & Hansen, 1996; Jacobsen, 1997)).

Erkendelse er således en yderst sammensat proces, der rummer endnu et centralt spørgsmål:

Hvad er det der erkendes?

- en længere videnskabsteoretisk afstikker

Er det en repræsentation af virkeligheden, "sande" billeder af en objektivt givet verden, eller er det subjektivt konstruerede modeller af en verden, vi aldrig kan komme til at vide, hvordan er "an sich"? Erkender vi gennem vores sanser, eller er menneskets bevidsthed i sig selv en kilde til erkendelse? Disse spørgsmål handler om *epistemologi*[1] og *ontologi*[2], og selv om en egentlig videnskabsteoretisk udredning ligger langt uden for dette afsnits grænser, vil det være praktisk med en kortfattet oversigt over de forskellige videnskabsteoretiske positioner, idet det bl.a. er epistemologiske og ontologiske grundsyn, der er med til at adskille de forskellige konstruktivistiske retninger, som jeg senere vil omtale. Det er også epistemologiske og ontologiske positioner, som fortalere for disse retninger indtager eller tillægges, der direkte eller indirekte inddrages i diskussioner af konstruktivistisk læringsteori, og som bidrager til de ofte meget uforsonlige holdninger til andres positioner end ens egen.

Skematisk kan man opstille de videnskabsteoretiske hovedretninger således:

[1] Epistemologi: erkendelseslære; læren om al videns grundlag, videnskabslære (Gyldendals Fremmedordbog, 8.udg. 1979)

[2] Ontologi: Idealistisk lære om det værende, om tilværelsens almene principper, i hvilken erkendelse og virkelighed adskilles; værensfilosofi (Gyldendals fremmedordbog, 8.udg. 1979)

Empirisme	Rationalisme
Den umiddelbare sansning er erkendelsens fundament. Herudfra dannes erfaring	Menneskets fornuft er selv en kilde til erkendelse
Realisme	**Idealisme**
De begreber, mennesker danner, er udtryk for noget realt. Dvs de er en afspejling af en ydre verden.	De begreber, mennesker danner, er udtryk for menneskets egen opfattelse. Ideerne er det centrale, det stoflige kan vi ikke udtale os om.

Empirisme/rationalisme modsætningen omhandler især *hvad* erkendelsen bygger på, hvad der er erkendelsens fundament. Altså grundlæggende epistemologiske spørgsmål.
Realisme/idealisme modsætningen vedrører især det, man erkender. Hvilken status det erkendte har. Dvs. mere i retning af ontologi.
Men adskillelsen mellem epistemologien og ontologien er flydende, og ofte ses realisme og idealisme omtalt som epistemologiske positioner.
Empirister er enige med rationalister om at viden udspringer fra erfaringer med virkeligheden (eng. experience), og at ens videns sandhedsværdi kun kan afprøves i konfrontation med virkeligheden. Men problemet opstår, når man skal vurdere disse virkelighedserfaringer. Empiristerne ser menneskets sanser som passive registreringsorganer ud fra hvis data, man kan danne pålidelige billeder af virkeligheden. Heroverfor står *rationalisternes* synspunkt, at grundlaget for al erkendelse er en række grundprincipper baseret på fornuft, og hvorfra al anden erkendelse kan deduceres. Kun få empirister vil dog i dag vedkende sig, at forsøgsdata afspejler en observatøruafhængig ydre verden (i hvert fald har moderne kvantefysik manet sådanne synspunkter i jorden). Men hvordan kan man da få adgang til "virkeligheden", hvorledes kan man sikre sig, at de refleksioner, man gør sig over forsøgsdata, ikke styres af indre meninger frem for den ydre verdens realitet?

(von Glasersfeld, 1995b) citerer Xenophanes (ca. 6.årh.f.kr.):

Certain truth [abouth God or the world - vG] has not and cannot be attained by any man; for even if he should fully succeed in saying what is true, he himself could not know that it was so.

En sandhed uafhængig af den enkelte kan ikke erkendes af den enkelte.
Så overvejelserne om erkendelsens kilder har rødder langt tilbage i tiden.
Det gælder også filosoferen over verdens beskaffenhed. Platon skelnede således mellem hverdagserfaringer, som fører til *meninger*, og tankevirksomhed som fører til *sikker viden* (om en af os uafhængig verden – ideernes), og placerede sig dermed på idealismens[1] side. I modsætning hertil var det Aristoteles' opfattelse, at det er fænomenerne, der er det sande, det virkelige, og ikke ideerne, hvilket sætter Aristoteles i bås med realisterne.
Ifølge realismen eksisterer verden uafhængig af os, som erkender den, og uafhængig af vores erkendelse om den. Videnskabens formål er da at give en sand beskrivelse af virkeligheden. Begreberne sand og falsk giver i realismens opfattelse mening, idet sandheden er en korrekt beskrivelse af virkeligheden. Dette vil give problemer for empirister, for hvem andre end mennesker kan afgøre, om en beskrivelse er sand? Og hvad kan mennesker bruge som rettesnor for sine afgørelser andet end iagttagelser af virkeligheden? Iagttagelser som må vurderes ud fra, om de passer med virkeligheden eller ej. Herfra synes der ikke langt til den position som ofte sættes op som modsætning til realismen: *instrumentalismen* (bl.a. (Chalmers, 1995)). Instrumentalismen vil bringe overensstemmelse mellem teorier og iagttagelser, ikke for at få en sand beskrivelse af verden, men for at få et nyttigt redskab til at bringe orden i de iagttagne fænomener. Instrumentalismen nærmer sig således *idealismen*.

Disse epistemologiske og ontologiske begreber bruges som sagt af forskellige forfattere med ret forskelligt indhold og med nuancer, som muliggør betydeligt overlap imellem dem, og ofte bruges som nævnt de alle under betegnelsen epistemologi.

Som et eksempel kan vi se på Galileis metode.
Galilei fremhæves som den moderne (natur)videnskabs grundlægger, og hans metode har vist sig yderst kraftfuld. Den kan karakteriseres som en proces, som på baggrund af empiriske data udtænker ideale størrelser (begreber), hvis opførsel styres af ideale love. De iagttagne fænomener peger så at sige på nogle bagvedliggende ideer. Disse opfundne ideer bruges da til at forklare de eksperimentelle observationer ved at introducere afvigelser, som forhindrer dem i at følge de ideale love. Fx formulerede Galilei faldlovene uden på nogen måde at have været i stand til eksperimentelt at eftervise dem. Ud fra nogle fornuftsbaserede forudsætninger (fx om relativ bevægelse) ræsonnerer han sig frem til, hvorledes faldlovene må se ud. Men han gør det samtidigt klart, at virkelighedens eksperimenter ikke fuldt ud vil føloge hans lovmæssigheder.

1 Selv om en sådan *begrebsrealisme* jo også kan siges at være en slags realisme!

Galilei talte om sin "verden på papir", en teoretisk, idealiseret verden, der nok forholdt sig til den materielle verden, men som ikke var lig med den. Efter matematisk at have udledt formlen for kasteparablen skrev han således:

I grant that these conclusions proved in the abstract will be different when applied in the concrete and will be fallacious to this extend, that neither will the horizontal motion be uniform nor the natural acceleration be in the ratio assumed, nor the path of the projectile a parabola (Galilei 1638/(Matthews, 1994b) p.116).

Også om sin pendulformel sagde Galilei, da andre fysikere kritiserede, at penduler ikke opførte sig i virkeligheden, som Galilei forudsagde, at *ideelle* penduler ville følge den matematiske formel. Ikke sært at mange også i dag har svært ved at forstå den observerede fysiske virkelighed ved hjælp af idealiserede fysiske love. Man vil aldrig observere det matematikken forudsiger. Men gennem opstillingen af en idealiseret begrebsverden - en model – udviklede Galilei nogle objekter, som kan gøres til genstand for manipulation og parallellisering med den materielle verden.
Man skulle så synes, at man med en vis ret kunne karakterisere Galilei som idealist, og hans fysik var også i modstrid til samtidige aristoteleske fysikere, som lagde vægt på at beskrive og forklare reelle, virkelige hændelser. Selv om Aristoteles opstillede en slags formel for bevægelse, ville han fx ikke tillade den at udsige, hvad der konkret ville ske i en bevægelse uden at inddrage praktisk erfaring. Men i de fleste videnskabshistoriske værker omtales Galilei som epistemologisk realist (en begrebssammenblandende betegnelse der falder uden for mit skema), der fx af Matthews defineres som

... the view that the aim of science is to reveal the causal mechanisms that generate the realm of experience; ((Matthews, 1994b) p.163)

De love, Galilei opstillede, var idealiseringer, men han opfattede dem som afspejlende en reeelt eksisterende virkelighed. Hans "trick" var at skyde et lag ind mellem sig selv som iagttager, og det han observerede, nemlig et tænkt billede af det observerede, en model af virkeligheden, som for Galilei på sin vis var tættere på de observerede fænomener end de umiddelbare sanseindtryk. Jeg ville ud fra mit eget skema karakterisere Galilei som rationel realist.
Denne måde at omgås virkeligheden på var i opposition til den herskende empirisme, der mente at fysik skulle handle om denne - umiddelbart erfarbare - verden, ikke en imaginær matematisk verden.
Matthews (ibid. p.164) beskriver modsætningen mellem realisme og empirisme:

There are many ways of posing the realist/empiricist distinction. The fundamental distinction is that empiricists wish to confine the claims of science to what we can experience,

saying that any claims that go beyond experience have to be treated only as aids, tools, models or heuristic devices for coordinating sensory or observable phenomena. For empiricists, the theoretical, as distinct for observational, terms of a theory do not refer, and are not meant to refer, to existing entities (the reference even of observational terms is controversial, as will be seen). In medieval terms, an empiricist maintains that the aim of science is to "save the phenomena" - that is, to be consistent with and predict phenomena, not to speculate about unobservable features of reality. Medieval nominalists, and most contemporary constructivists, are empiricists in this sense.
Realists, on the contrary, believe that the point of science is to postulate theoretical entities and to test the accuracy of these postulates. Realists are usually not so naive as to believe that all of what science postulates at any time is accurate, but they do believe that science strive to uncover the hidden nature of reality. Galileo expressed the realist view of science when he said that:

> Nature did not make human brains first, and then construct things according to their capacity of understanding, but she first made things in her own fashion and then so constructed the human understanding that it, though at the price of great exertion, might ferret out a few of her secrets.

Matthews bruger her empirisme som en ontologi og opstiller modsætningen mellem to grundsyn, man har kunnet følge op gennem fysikkens historie.
Newton var realist i Galileis tradition, og Newtons samtidige George Berkeley angreb ham ud fra en empiristisk synsvinkel støttet af David Hume. Empiristerne kunne ikke forlige sig med Newtons gravitationskraft eller med kausalitetsprincippet. Teorier og begreber, som ikke kunne iagttages, var ikke egnede som grundlag for forståelse af fysikken:

Force, gravity, attraction and similiar terms are convenient for purposes of reasoning and for computations of motion and of moving bodies, but not for the understanding of the nature of motion itself (Berkeley 1721/ Matthews ibid. p.169)

Muligheden for forståelsen af naturen og dens fænomener lå for empiristen i det umiddelbart observerede, i hvordan vi ser verden. Hvis fysikken var så enkel, ville den være en del lettere at lære!
Empiristen Ernst Mach sloges med realisten Max Planck om atomernes eksistens:

In a complete theory, to all details of the phenomenon details of the hypothesis must correspond, and all rules for these hypothetical things must also be directly transferable to the phenomenon. But then molecules are merely a valueless image. (Mach 1872/Matthews ibid. p.171)

Mach angreb også realismens opstilling af hypoteser:

If the hypotheses are so chosen that their subject can never appeal to the senses and therefore also can never be tested, as is the case with the mechanical molecular theory, the investigator has done more than science, whose aim is fact, requires of him - and this work of supererogation is an evil (Mach 1896/ Matthews ibid. p.171)

Empiristerne tog afstand fra begrebsdannelser og tolkninger der ikke umiddelbart kunne verificeres gennem observationer.

Denne debat om videnskabens væsen og metoder som rasede i 1600-tallet kan siges at have affødt en spaltning af naturvidenskaberne i to retninger: *Naturfilosofien*, der fulgte Newtons projekt med en almen, tidsuafhængig og matematiseret tolkning af naturen, og *naturhistorien*, der i højere grad anvendte Stenos konkrete og narrative tilgang. Fysikken har fortsat i Newtons fodspor, mens biologi, geologi og naturgeografi mere fulgte Steno (uden jeg derfor vil benævne dem empiristiske videnskaber!). Se (Dolin, 2001).

I den empiristiske opfattelse kan man måske se *behaviorismen* i svøb. Hvis man blot betragter bevidstheden som en (passiv) processor af ydre sanseindtryk - uden egen selvstændig mulighed for og evne til at påvirke og ændre disse indtryk - er det logisk og operationelt adækvat at erstatte bevidstheden med en black box, en indtryksbehandlende maskine som med givne input hver gang vil levere faste output, og projektet (for behaviorismen) er da at kortlægge, hvorledes disse processer foregår: Hvilke input giver hvilke output, og hvorledes kan man opnå den bedste overensstemmelse mellem input og output.
Den senere omtalte informationsbehandlingsteori (s. 116) kan siges at tilhøre denne tradition.

I dette århundrede kan debatten mellem Einstein og Bohr opfattes som en fortsættelse af denne gamle strid mellem realisme og empirisme. Hvilket også viser, hvor svært det er at kategorisere meninger. Einstein ville utvivlsomt acceptere at blive kaldt realist, og Bohr var også realist hvad angår ontologien. Han mente at den kvantemekaniske verden eksisterede, at københavnerfortolkningen var udtryk for en virkelig verden. Til gengæld var han semantisk antirealist, idet vi med kvanteverdenen står over for en verden, der ikke kan beskrives ved hjælp af de klassiske begrebers sprog samtidig med, at det er det eneste, vi har. Vi må derfor indskrænke vores anvendelse af de klassiske begreber til eksperimentelle situationer, vi kan beskrive og ellers anvende den kvantemekaniske formalisme. Bohr mente ikke at bølgefunktionen findes, men den kan anvendes til beskrivelse af observerede fænomener. Hvilket jo er ren instrumentalisme[1].

[1] Betragtningerne om Bohr er baseret på et foredrag af filosoffen Jan Faye på Niels Bohr Instituttet den 16/9 1998.

Som det er fremgået, sker der ofte en sammenblanding af epistemologiske og ontologiske niveauer, og mange misforståelser og uenigheder kan nok føres tilbage til manglende præcisering af, på hvilke områder man tillægger andre bestemte opfattelser og holdninger.

Undervisning og epistemologiske grundsyn

Denne historisk funderede debat har sat sig sine spor også i undervisningen. Ikke sådan at lærere (i almindelighed) underviser ud fra en eksplicit formuleret videnskabsfilosofisk position, eller at der er en entydig sammenhæng mellem videnskabssyn og undervisningspraksis. Men i et så gammelt fag som fysik har historien påvirket undervisningspraksis, så vidt jeg kan se gennem en realistisk ontologi og en empiristisk epistemologi, hvilket i mange tilfælde kan give forkerte eller modstridende opfattelser af, hvad fysik er, og hvordan den læres, og misforhold mellem undervisningens praksis og de krav der stilles i faget.
Galileis metode er næsten blevet synonym med den naturvidenskabelige metode, og dermed er også den realistiske ontologi fulgt med og har præget den naturvidenskabelige undervisning gennem fagenes fokusering på generelle love samtidig med, at empirismen har sat sig spor i vægtningen af det eksperimentelle arbejde, hvor lovmæssigheder "eftervises" eksperimentelt. Eleverne lærer på den ene side via vægtningen af det eksperimentelle arbejde, og den måde mange anvender praktisk arbejde på, at viden og teorier opstår gennem empiriske studier, og på den anden side skal de lære de abstrakte teorier, som sættes over praksis, uden at teorierne altid passer til praksis. Eleverne bliver ofte efterladt i samme dilemma som Galileis samtidige!
Eleverne skal arbejde med det konkrete og det ideelle på samme tid, uden at det gøres klart, hvilken sammenhæng der er mellem empirien og idealiseringerne. Elever lærer de sandheder om verden, som videnskaben har fundet frem til, og de udfører forsøg styret af øvelsesvejledninger, som sikrer, at de får de "rigtige" resultater. Øvelserne består for en stor dels vedkommende af forsøg på at eftervise fysikkens idealiseringer, uden at det er blevet gjort klart, at der er tale om idealiseringer og ikke realiteter. Ud over at en sådan undervisning implicit lærer eleverne, at viden er en absolut, objektivt givet størrelse, som man "blot" skal aflæse i naturens store bog, har den også stor betydning for elevernes motivation. Der er ikke altid megen udfordring og opdagerglæde ved at bestemme værdien af en naturkonstant, når denne med større nøjagtighed kan slås op i en tabel (men derfor kan sådanne såkaldte "kogebogsøvelser" være nyttige læringsredskaber til faktuel viden)[1].
Der er i de senere år fremkommet en del studier af såvel elevers som læreres epistemologiske og ontologiske grundsyn, og hvad disse opfattelser betyder for læring og undervisning (fx var Journal of Research in Science Teaching, Vol. 35, Issue 2, Feb. 1998, et sær-

1 Karin Beyer gør i artiklen *Fysiske øvelser* rede for hvorledes fysikøvelser vandt indpas i gymnasiet i løbet af de første 15 år af 1900-tallet, og hvorledes den dengang udviklede tradition, på trods af formulerede ønsker om undervisning på et andet ideologisk grundlag, fortsatte i den fastlagte form (Beyer, 1996).

nummer om epistemologiske og ontologiske baggrunde for naturvidenskabelig undervisning, se også (Ramsden, 1998; Ryder & Leach, 1999))

Man kan med en vis ret sige, at en konstruktivistisk grundholdning til læring kan være baseret på såvel en realistisk som en idealistisk ontologi. Det kan synes, som om der sættes en massiv modsætning op, der ikke har så stor relevans for nutidens fysik, i hvert fald ikke i et læringsperspektiv. En virkelig, faldende genstand repræsenteres i fysikken som en farveløs punktmasse og som en variabel i en ligning, og fysikken arbejder med sådanne objekter, ikke med faldende æbler. Men derfor kan fysikken godt udsige noget om det faldende æble; fysikkens værdi afgøres så at sige netop af dens evne til at udsige noget brugbart om det faldende æble. Men vejen til erkendelsen om hvordan æblet falder går over abstraktionen. Derfor kan det være relevant at inddrage ontologiske betragtninger i fysikundervisningen for at gøre det klart for elever, at det, de lærer, er modeller af virkeligheden - ikke virkeligheden.
Derimod vil det for alle afskygninger af konstruktivismen gælde, at viden er noget aktivt konstrueret, og erkendelsen må derfor indebære en vis tolkning af det oplevede. Man skulle derfor synes, at der er en vis modsætning mellem et konstruktivistisk læringssyn og en empiristisk epistemologi, i hvert fald i sin mest simple form (en triviel konstruktivisme)[1].
Selvfølgelig vil elever både kunne konstruere deres viden ud fra sanseindtryk og ud fra overvejelser løsrevet fra sanseindtryk. Eller ud fra begge dele. Men det vil netop være den konstruktivistiske undervisnings opgave at hjælpe eleverne til at opbygge et verdensbillede – et *billede* af verden - som er i overensstemmelse med den etablerede videnskab, og som derfor ofte adskiller sig fra de umiddelbare sanseindtryk.

Ifølge Matthews er den konstruktivistiske epistemologi *...a restatement of standard empiricist theory of science, and suffers all the well-known faults of that theory* ((Matthews, 1994b) p.161)

Det, Matthews her hentyder til, er faren for at konstruktivismen ender i subjektive konstruktioner af hverdagsgodtkøbsbetragtninger og kulturelle overleveringer. Elever kan ikke selv ud fra det faldende æble udlede faldlovene. De må læres i al deres unaturlighed, og lærerne må hjælpe dem med at forstå dem og hjælpe dem med en tolkning af, hvad lovene kan sige om virkeligheden:

Scientific understanding and modes of thought require initiation into a scientific tradition, an initiation provided by school science teachers (ibid. p.161)

[1] Nogle lader derfor heller ikke den empiristisk baserede vidensopfattelse tilhøre konstruktivismen, som udelukkende ses baseret på forskellige rationalistiske opfattelser. Dette gælder fx (Andersson, 1992).

Det svært at være uenig med Matthews. En individuel, udelukkende på sanseindtryk baseret, opfattelse af verden kan naturligvis ende i ren empirisme og fejlopfattelser. Ingen kan vel argumentere for en sådan måde at erkende på – endsige lære på! Men Matthews undlader her at skelne mellem *konstruktivismen som erkendelsesteori* og *konstruktivismen som læringsteori*. Læring indebærer, i de skolastiske sammenhænge, som denne afhandling opererer inden for, en konfrontation mellem den lærendes (umiddelbare) opfattelser, som meget vel kan vise sig at være baseret på empirisme, og et etableret videnssystem typisk repræsenteret af læreren. Konstruktivistiske læringsteorier beskæftiger sig med, hvorledes dette møde forløber.
Den danske videnskabsfilosof Helge Kragh anvender også udelukkende konstruktivisme som en betegnelse for en bestemt epistemologi:

Konstruktivistiske synspunkter står erkendelsesmæssigt i modsætning til realistiske opfattelser og udtrykker typisk, om end ikke altid, en form for relativisme ((Kragh, 1999) s.71)

Hele ideen i den konstruktivistiske læringsteori må siges at udtrykke stik det modsatte syn på erkendelse end Matthews og Kragh tillægger den konstruktivistiske erkendelsesteori! Gennem konfrontationer med videnskaben og virkeligheden skal elever netop aftvinges et opgør med deres ofte empiristisk funderede virkelighedsopfattelse.

Der kan synes lang vej fra epistemologiske overvejelser og til den praktiske undervisning og dens læreprocesser. Konstruktivismen som læringsteori kan ikke generelt kobles til en bestemt epistemologi eller ontologi, det må i de enkelte tilfælde afgøres konkret ud fra de tekster og synspunkter, der konstituerer den pågældende konstruktivistiske retning.
Det er også vigtigt at understrege, at der gennemføres megen god undervisning baseret på såvel konstruktivistiske som ikke-konstruktivistiske grundideer, uden at de involverede har klargjort sig deres epistemologiske udgangspunkt. Samtidig afspejler al undervisning en epistemologi (og en ontologi), hvad enten den er ekspliciteret eller ej, og en klarlæggelse af videnskabsteoretisk og fagligt grundsyn vil således både for lærer og elever tydeliggøre formålet med undervisningen og kunne tvinge til en argumentation for valg af form og indhold (Dolin, 2000).

Jeg vil i resten af kapitlet primært fokusere på konstruktivismen som en læringsteori, selv om opfattelsen af viden som en udvikling af erkendelse i sagens natur indebærer epistemologiske aspekter.

KONSTRUKTIVISMENS RØDDER

Selv om konstruktivismen som læringsteori først har domineret uddannelsesdebatten i de sidste 20-30 år har den rødder langt tilbage i tiden.

Ifølge von Glasersfeld var Giambattista Vico fra starten af 1700-tallet den første som utvetydigt fastslog at vores tilsyneladende rationelle viden er konstrueret af os selv:

... among human cognitions those are true, whose elements are within ourselves and coordinated by ourselves and which, by means of postulates we continue to produce ad infinitum; and as we put together these elements, we become the makers of truths that we know by composing them. (Vico, 1710, efter (von Glasersfeld, 1995b) s.37)

Kants (1724-1804) projekt var at afgøre, hvilke erkendelser man kan opnå på baggrund af erfaringer. Han argumenterede for at "oplevelsen af rumlige og tidslige forhold er et resultat af erkendeapparatets bearbejdning eller ordning af de mangfoldige sanseindtryk, som er det erkendende subjekts primære erkendemateriale. Rum og tid er således *a priori*, dvs "forud", for erfaringen og ikke abstraheret fra denne, de er erkendeformer, ..."(Den Store Danske Encyklopædi, bd.10, s.307). I sin *Kritik der reinen Vernunft* fra 1781 argumenterede Kant sig frem til, at den verden, vi erkender, er en fænomenverden og ikke en verden af ting i sig selv (*Dinge an sich*):

Until now one assumed that all cognition had to conform to objects ... Henceforth one might try to find out whether we do not get further ... if we assume that the objects have to conform to our cognition (her efter (von Glasersfeld, 1995b) s.39).

Der er her en parallel til Platon, som også taler om en fænomenverden, men Platon ser fænomenerne som spejlbilleder af sjælen, af den egentlige virkelighed, som for Platon er ideernes verden. Disse ideer er virkelige, reelt eksisterende, så for Platon er der ikke noget skel mellem det ideale og det reale, de to verdener opfattes blot med hvert sit sanseapparat. Fænomenerne ser man med de "rigtige" øjne, rent fysisk, mens man ser ideerne med sjælens øje, som er tankens virksomhed, der leder til fornuftserkendelsen.
For Kant kan der ikke gennem fornuftserkendelsen siges noget om fænomenverdenen uafhængigt af os selv, fordi vores kendskab til den er baseret på vores tolkning af den.
Kant opsummerede sin analyse af rationel viden:

The understanding is a wholly active power of the human being; all its ideas and concepts are but its creation, ...External things are only occations that cause the working of the understanding ... the product of its action are ideas and concepts. Thus, the things to which these presentations (Vorstellungen) and concepts refer cannot be what our minds presents to itself; because the mind can create only presentations of its own objects and not of real

things, that is, through these presentations and concepts, things cannot possibly be known as they might be in-themselves.
(Kant 1798, ibid. s.39-40)

Denne analyse af den rationelle erkendelses begrænsning fastslår utilgængeligheden af noget hinsides vores erfaring (experience), og at det, som gør verden virkelig for os, er vores egen bearbejdning af erfaringerne.
Det er denne tråd, som Piaget tog op i sin teoridannelse om kognitiv udvikling.

PIAGET SOM RADIKAL KONSTRUKTIVIST

Det er noget nær umuligt at give et fyldestgørende overblik over Piagets arbejde. Gennem 70 aktive år som forsker til sin død i 1980 udgav han 88 bøger, hundredevis af artikler og redigerede utallige forskningsrapporter[1]. Da han desuden hen gennem forfatterskabet udviklede sine synspunkter og dermed også sin brug af begreber og gav de samme begreber nye betydninger, er han åben for tolkninger og mistolkninger[2]. Jeg vil primært støtte mig på von Glasersfelds tolkning, der fremhæver de radikalkonstruktivistiske sider af Piagets forfatterskab[3]. Det yder muligvis ikke Piaget fuld retfærdighed, men det skærper synspunkterne i forhold til det følgende.

Piaget beskæftigede sig med *genetisk epistemologi*, dvs med studiet af hvorledes viden opstår og udvikles:

Genetic epistemology, then, aims to study the origins of various kinds of knowledge, starting with their most elementary forms, and to follow their development to later levels up to and including scientific thought (Piaget 1972, her efter Bliss 1995)

Piagets utallige undersøgelser af børns læringsaktiviteter blev således ikke foretaget ud fra en psykologisk interesse for børn som individer, men for at studere hvorledes viden tilegnes og udvikles på forskellige alderstrin. Gennem dette arbejde udformede Piaget sin kendte teori om, hvorledes børns udvikling foregår i *stadier*. Hvert stadium kendetegnes ved en bestemt logik, og ethvert stadium er baseret på de foregående. Piaget opererede med 4 stadier:

Det sensomotoriske stadium (0-2 år)

---

[1] von Glasersfeld 1995a s.35.
[2] Svein Sjøberg 1998 giver en række eksempler herpå.
[3] von Glasersfeld 1995a skriver om sin egen tolkning: "It is certainly not the only possible interpretation, let alone an official one. But it is an interpretation that I have found cogent and extremely useful in a variety of applications. This, however, does not make it any less subjective" (s.54).

Det præoperationelle (eller intuitive) stadium (2-7 år)
Det konkret-operationelle stadium (7-11 år)
Det formelt (eller abstrakt) -operationelle stadium (fra 11-årsalderen)

De angivne aldre er naturligvis ikke absolutte, men kan variere fra barn til barn.
Det er desuden vigtigt at slå fast, at stadierne ikke beskriver hvilke *færdigheder* børn har på det angivne stadium, men er et udtryk for hvilke *tankestrukturer*, der ligger bag børns handlinger (incl. tankehandlinger).
Hvert stadium er kendetegnet ved en bestemt måde at forholde sig til verden på, at kunne "bearbejde" verden på, og især de to sidste er interessante i relation til naturvidenskabelig gymnasieundervisning.
På det konkret-operationelle stadium er barnet i stand til at klassificere og serieordne konkrete genstande, men første på det formelt-operationelle stadium er det i stand til at tænke hypotetisk-deduktivt, til at operere med udsagn der beherskes systematisk. Man kan fx bruge generelle tænkeskemaer der muliggør anvendelse af abstrakte modeller, korrelation, proportionalitet, variabelkontrol osv, netop de processer som megen naturvidenskabelig tankegang er baseret på.

Da Piaget blev kendt og udbredt i 1960'erne, blev stadieteorien brugt pædagogisk til at forsøge at hindre, at børn fik nederlag i skolen. Ved at teste børns udviklingsstadium kunne man undgå at kræve mere af dem, end de skulle kunne klare i forhold til deres stadium. Man skulle tilpasse de krav til logiske evner, som lærestoffet stillede, til elevernes kognitive udviklingstrin - den såkaldte "matching model" (Shayer & Adey 1981).
Oprindeligt mente Piaget, at når et barn havde nået et bestemt udviklingstrin, var de tankeprocesser, der er karakteristiske for dette udviklingstrin, tilgængelig i alle sammenhænge. Dvs. hvis man havde lært en bestemt formel-operationel måde at tænke på i en bestemt sammenhæng (fx havde lært om proportionalitet i et bestemt emne i fysik), så var man også i stand til at forstå og bruge dette tankesæt inden for andre områder, fx samfundsfaglige problemstillinger.
Det er senere blevet klart, og blev det også for Piaget, at dette ikke er tilfældet. Man kan sagtens være på det formelt-operationelle stadium inden for et område og kun på det konkret-operationelle stadium inden for andre. Dette stiller dels spørgsmålstegn ved værdien af at fokusere så meget på de formelt-operationelle evner, og dels åbner det op for den tidligere nævnte diskussionen af, hvorvidt viden er emnespecifik/områdespecifik eller generel. Disse spørgsmål tages op senere.

Piagets udgangspunkt er biologisk. Han besluttede at *consecrate my life to the biological explanation of knowledge* (her efter von Glasersfeld, 1995a s.55). Ved at se kognition som en biologisk funktion (og som derfor også har et udviklingsperspektiv) i stedet for som resultatet af en ikke-personlig, universel, ahistorisk fornuft, lægger han afstand til den filo-

sofiske tradition, som ser viden som medfødte, a priori givne strukturer, der projiceres ud i den ydre verden. Dette betegner han som struktur uden konstruktion. Samtidig vil han undgå empirismens (eller positivismens) objektivt dannede viden ud fra objektive sanseerfaringer. Dette betegnede han som konstruktion uden struktur (Sjøberg 1998, s.103).
I modsætning hertil understregede Piaget den aktive bevidstheds organisering af indtryk som nødvendig for at danne sanseindtryk. Piaget så derfor sanseindtryk som et resultatet af individets subjektive handlen og mentale operationer, hvor mennesket former og tilpasser dets erfaringer til sit (eget) strukturerede verdensbillede:

What then remains is construction as such, and one sees no ground why it should be unreasonable to think that it is the ultimate nature of reality to be in continual construction instead of consisting of an accumulation of ready-made structures. (Piaget 1970, her efter von Glasersfeld 1995a s.57)

For Piaget var viden derfor et funktionelt fit, en anvendelig konstruktion som den uundværlige betingelse for menneskelig overlevelse og kognitiv ligevægt.
Det er udsagn som ovenstående, der berettiger til at kalde Piaget konstruktivist. Grundlaget for videnstilegnelse er den målrettede, *aktive* konstruktion: ... *all knowledge is tired to action, and knowing an object or an event is to use it by assimilating it to an action scheme...* (Piaget 1967, her efter von Glasersfeld 1995a s.56). Viden læres derfor i en konkret sammenhæng og kræver genstandsrettethed, hvilket igen giver anledning til førnævnte overvejelser over, hvorvidt en i en konkret sammenhæng opnået viden er overførbar til andre sammenhænge. Vigtigere er det at præcisere, hvad der menes med aktivitet.
Aktivitetsprincippet fremhæves ofte som den centrale pædagogiske lære, der kan udledes af Piagets arbejde. Aktivitet skal dog i denne sammenhæng ikke sættes lig manipulation med ting. Det centrale ved aktivitet i Piagets forstand er *interesse* og *refleksion*:

Det giver naturligvis en stor forskel, om man til pædagoger og lærere siger aktivitet = manipulation med ting, eller om man siger aktivitet = engageret, reflekteret handlen og tænken. (Vejleskov 1998, s.110)

Manipulation med ting bliver først en kognitiv aktiv handlen, hvis den følges med en bevidst refleksion over det, der laves. Det senere omtalte begreb *metakognition* er et forsøg på at begrebssætte og operationalisere sådanne refleksioner.

Nøglebegreberne i Piagets videnskonstruktion er *adaptation* via *assimilation* og *akkomodation* og via ideen om *skema* og *ekvilibrium* .
Assimilation beskrives ofte som den proces hvor omgivelsernes objekter passes ind i subjektets struktur. Dette ser von Glasersfeld som en misvisende beskrivelse, som gør assimilation til en overførselsproces fra omgivelserne til organismen. "...*assimilation must*

instead be understood as treating new material as an instance of something known" (von Glasersfeld 1995a s.62). Organismen ser simpelthen ikke andet end det, dets i forvejen udviklede skemaer sætter det i stand til:

...perception modifies what is percieved in order to fit into the organism's conceptual structures, whereas in the general biological sense, natural selection modifies the structure of organisms so that they fit within the constraints inherent in their enviroment ... adaptation does not mean adequation to an external world of existing things-in-themselves, but rather improving the organism's equilibrium, i.e., its fit, relative to experienced constraints (von Glasersfeld 1995a s.63).

Dvs perception er samtidig en tilpasning til og en tolkning ud fra et eksisterende begrebsapparat.
Denne tilsyneladende omvendte adaptation virker kun mærkelig, hvis man har opfattelsen af, at organismen modtager noget fra omgivelserne, som eksisterer uafhængigt af organismen, ikke hvis man opfatter assimilationen som en filtrering af organismens indtryk gennem de kognitive strukturers si.
Når assimilation således reducerer nye erfaringer til en bekræftelse af i forvejen eksisterende strukturer, rejser det uværgeligt spørgsmålet hvordan ny viden så kan opstå. Dette forklares ved hjælp af begrebet *skema*.
Et skema består af tre dele:

1. En sanset eller genkendt situation.
2. En motorisk eller kognitiv aktivitet knyttet til situationen.
3. En forventning til resultatet af aktiviteten.

Den nye erfaring starter med at personen assimilerer en situation, dvs forsøger at passe den ind i eksisterende opfattelser, et eksisterende skema. Dette udløser en aktivitet, som personen forventer giver et bestemt resultat (nemlig det det plejer ud fra de sansede oplevelser). Hvis resultatet ikke svarer til forventningerne opstår der en *forstyrrelse* (perturbation). Denne nye forstyrrelse kan personen naturligvis sidde overhørig, og vedkommende lærer intet nyt, men det mest sandsynlige er, at man prøver at fremkalde den samme situation igen for at se, hvad der gik galt i den første assimilation. Dette hænger sammen med, at mennesket hele tiden forsøger at opretholde eller genetablere *ligevægt* (eller ekvilibrium), dvs overensstemmelse mellem den sansede situation og den forud eksisterende opfattelse. Personen vil, anden gang situationen optræder, være opmærksom på karakteristika, som blev overset første gang, og disse karateristika vil da kunne indbefattes i personens skema for det pågældende fænomen, således at der dannes et nyt skema, hvis forventede resultater passer bedre til den oplevede situation. Man taler om en akkomodationsproces, som altså er knyttet til skuffede forventninger, og som ændrer et eksisterende skema.

Det vigtige i von Glasersfelds fortolkning er, at assimilation og akkomodation ikke er i tid adskilte processer, men foregår samtidigt når personen udfører de til en situation knyttede aktiviteter. Enhver assimilation indebærer mulighed for akkomodation, idet man hele tiden afstemmer resultaterne af aktiviteten med forventningerne. Det er ud fra denne opfattelse, at man kan tale om det umulige i at overføre viden fra én person til en anden. Modtageren vil altid sammenligne det modtagne med sine egne skemaer (forventninger) og enten indpasse det modtagne i den eksisterende struktur (assimilere) eller ændre sin struktur (akkomodere). Modtageren vil i en samtidig assimilations- og akkomodationsproces konstruere sin egen forståelse af situationen.
Dette "egen" er også et omdiskuteret felt i konstruktivismeteorierne, med rødder til de tidligere berørte videnskabsteoretiske diskussioner. I hvor høj grad er der overensstemmelse mellem forskellige personers konstruktion af det samme fænomen[1]. Systemteoretikeren Luhmann, som gennemgås senere, baserer hele sin systemteori på hvorledes forskellige enheder forstår og kommunikerer (eller netop har svært ved at kommunikere).

Læring finder altså i den traditionelle piagetske opfattelse sted, når et skema i stedet for det forventede resultat af en (forsøgt) assimilation fører til en forstyrrelse af den kognitive ligevægt, og ligevægten genskabes via en akkomodation. Det er vigtigt at bemærke, at denne proces er forbundet med aktivitet. Man lærer kun noget, når man foretager en aktivitet. Aktivitet skal som tidligere nævnt ikke opfattes som en manipuleren med ting. Det skal forstås bredt som en bevidst forholden sig til noget uden for én selv, fx en reflekteren over hvorledes præsenterede synsvinkler er i overensstemmelse med ens egne. Man kan derfor godt lære i en tilsyneladende passiv situation som et fordrag, hvis blot man lytter aktivt, dvs. hele tiden overvejer det sagte i forhold til egne opfattelser.

Umiddelbart kan det se ud som om denne model for læring er mest velegnet til at forklare, hvordan man lærer inden for et område, som man har et vist kendskab til i forvejen. Men hvorledes lærer man så om fænomener, som man ikke har nogle billeder af i forvejen, hvilket jo er tilfældet med megen fysik. Det gælder fx hele atom- og kernefysikken, men også fænomener som fx lysets brydning i gitter. Pointen er, at uanset hvor fjernt fra en elevhverdag, de nye fænomener er, vil eleverne have/fremmane nogle billeder eller historier[2], så snart der sættes ord på fænomenerne. Lige så snart man (læreren) fx nævner "lys' brydning i gitter" vil elever aktivere deres skemaer/billeder for lys og gitter. Det kan være en elektrisk pære, sollys o.l. og et fængselsgitter. Der er langt herfra og til at forstå og forklare laserlysets brydning i et optisk gitter. Men lærerens opgave er at hjælpe eleverne med at gå den lange vej. Med at opbygge nye skemaer som kan rumme det nye fænomen, fx ved møjsommeligt at forklare hvilket billede, det her er relevant at have for lys, og hvordan

[1] Et udtryk som fx socialkonstruktionister ikke ville bruge - idet fænomenet ifølge disse først er der, når nogen konstruerer deres opfattelse af det.
2 Jfr. narrativitetsbegrebet i kapitel 5.

man her skal opfatte et gitter. Undervejs vil man gøre udstrakt brug af allehånde hjælpemidler såsom sproglige omskrivninger, tegninger, demonstrationsforsøg, øvelsesresultater mm.[1]

KRITIK AF PIAGET

Piagets stadieteori er blevet kritiseret på mange punkter. Det er nu almindeligt anerkendt at børn og unges udviklingsstadier er forskellige for forskellige områder. Det giver derfor ikke mening at sige, at en person er på et bestemt udviklingsstadium. Men Piagets fortjeneste er at have udviklet et begrebsapparat om tankeprocesser, som er brugbar ud over stadieteorien.
De fleste af Piagets undersøgelser af hvorledes børn og unge tænker om forskellige emner omhandlede mindre børn (4-14 år) i den konkret-operationelle fase. Der er iflg. Bliss 1995 kun én af Piagets bøger, som omhandler formelle operationer for unge og voksne.
Selve det at opdele menneskers udvikling i stadier, som hver især er karakteriseret ved bestemte måder at tænke på, er måske problematisk. Mange undersøgelser og nytolkninger af Piagets arbejde kommer til det resultat, at man med lige så god ret kan tale om områdespecifik udvikling og reorganisering af viden. En række undersøgelser af 16-19 åriges brug af proportionalitet tyder fx på, at det at kunne tænke med proportionalitet mere er en række forskellige kontekstafhængige strategier end én kognitiv struktur[2].
Tamir (1998) påpeger, hvorledes udviklingen af procedural viden antyder, at termer som intuition og refleksion giver en mere rammende beskrivelse af de intellektuelle ændringer, der sker i en voksen end Piagets udvikling fra konkret til formallogisk tænkning.

Alligevel har den formelt operationelle tænkning fået status som den "højeste" form for tænkning, den tænkemåde, som bør være endemålet for måske især den naturvidenskabelige undervisning. Men måske har Piaget gjort formal-tænkning til en falsk gud, som Bliss udtrykker det. Formaltænkning er en evne til at kunne ræsonnere med symboler i stedet for konkrete objekter, men måske er dette blot en bestemt måde at tænke på i bestemte situationer, når man har lært, at der er brug for det, i stedet for en generel, almen evne med universel anvendelse. I hvert tilfælde er der ikke meget der tyder på, at mennesker, der har nået det formalt-operationelle stadium, anvender formaltænkning i deres hverdag[3].

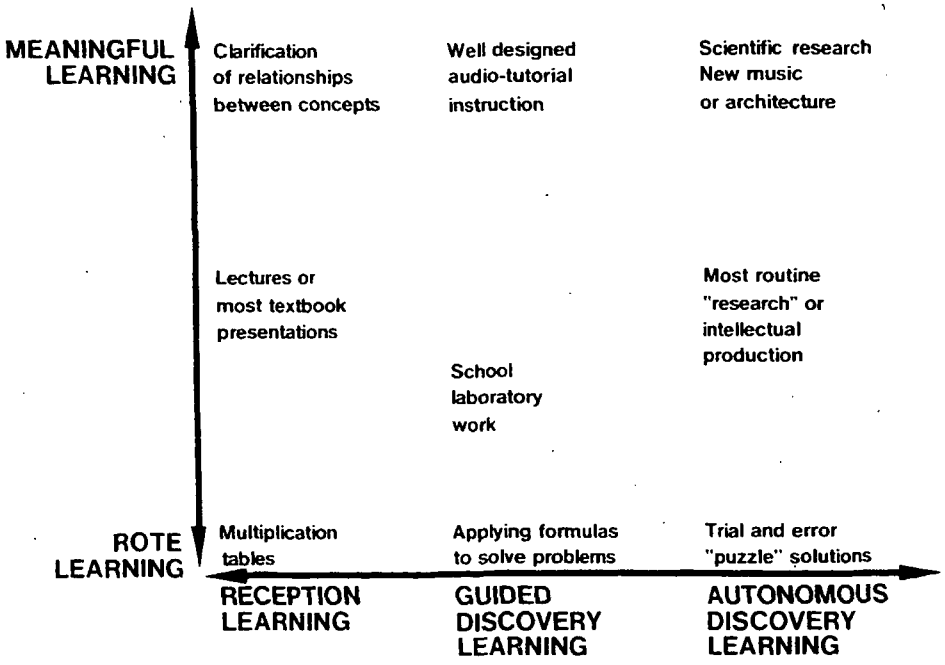
En vigtig kritiker med rod i naturvidenskaberne er Ausubel (Ausubel 1968), som med udgangspunkt i begrebet *meningsfuld læring* fremhæver vigtigheden af at koble det, man læ-

[1] Der er derfor også en lang tradition for, og en bred forskning i, anvendelse af grafer, tegninger, figurer og andre repræsentationsformer til støtte for fysikforståelsen (se kap.4).
[2] Se fx (Mellar, 1991).
[3] Jfr. Säljö 1995.

rer, med den viden, man har i forvejen, og som desuden gør op med Piagets opfattelse af formel-operationel tænkning som et udviklingsmæssigt endemål.

Meningsfuld læring involverer for Ausubel, at den lærende bestræber sig på at relatere ny viden på en selvstændig og bevidst måde til relevante eksisterende begreber eller opfattelser i sin kognitive struktur (Novak 1978).
Ausubel ser meningsfuld læring som en modsætning til udenadslære, der ikke danner kognitive strukturer, og pointerer, at modstillingen meningsfuld læring - udenadslære er principielt forskellig fra modstillingen modtagende læring - aktiv opdagelseslæring. Dette stiller Ausubels medarbejder Joseph D. Novak op i en todimensional figur, hvori han placerer nogle typiske læringsformer:

Fig. 3.1 Meningsfuld læring (fra Novak 1978, p. 101)



Egne opdagelser kan således indeholde udenadslære, og modtagelse af viden kan være meningsfuld. Man må også erkende, at skolens undervisning ikke meningsfuldt kan bestå af selvstændige opdagelser, men snarere af meningsfulde forklaringer. Umuligheden af, at elever selv skal kunne opdage[1] de sidste 3-400 års fysikviden, gør det derfor til en central opgave for skoleundervisningen at gøre den almindelige forklarende undervisning meningsfuld.

[1] Discovery learning var et fremtrædende begreb inden for science undervisning i slutningen af 60'erne og begyndelsen af 70'erne med slagord som Athe pupil as scientist@.

Ausubel mener, at elever ikke udvikler generelle kognitive strukturer eller lærer generelle kognitive tænkemåder som fx logisk-deduktiv tænkning, men at de tilegner sig et hierarkisk netværk af specifikke begreber, som hver især og i kombination med hinanden giver mening til deres erfaringer. Evnen til fx problemløsning udvikles derfor ikke på grund af en generel udvikling i kognitivt stade, men snarere som resultat af øget differentiering og integration af relevante begreber i den kognitive struktur – hvilket man selvfølgelig kan mene er udtryk for en udvikling i kognitivt stade.
Baseret på en række studier af elevers kognitive formåen (meget lig Piagets berømte forsøg) konkluderer (Novak, 1977) (p.25):

The composite of the above studies, with datacollection completed prior to 1973, led us to the inescapable conclusion that a significant percentage of young children[1] *could demonstrate highly formal reasoning in explanations of phenomena for which they have had appropriate cognitive preparation, i.e. carefully designed audio-tutorial science lessons.*

Selv elever, som udviklingsmæssigt er langt fra det formelt-operationelle stadie, kan altså ved hjælp af rigtigt tilrettelagt undervisning lære abstrakt tænkning. Omvendt vil alle fysiklærere vide, at det at være på det formelt-operationelle stadium ikke er nogen garanti for, at elever udnytter deres potentielle evner. Dette kunne tyde på at læring frem for en generel kognitiv udviklingsproces (der foregår i stadier) snarere er en specifik tilegnelse af kompetencer inden for konkrete vidensområder, hvor undervisningens tilrettelæggelse har stor indflydelse på disse kompetencers udvikling. Kathleen Metz har de samme pointer og fremhæver også undervisningens betydning:

It is problematic to derive science curricular frameworks or instructional objectives from a theory that describes stages of childrens' thinking apart from instructional support.
(Metz, 1998)(p. 81)

Novak påpeger også, hvorledes det at lære formel operationelle kompetencer sjældent demonstrerer overførselsværdi af nogen betydning. Han lægger mere vægt på at lære elever at forstå begrebernes evne til at forklare erfaringer og forsøg og mener, at der er større sandsynlighed for overføring ved at give elever en vis epistemologisk indsigt og forståelse for, hvorledes begreber er udviklet kulturelt.
Denne fokuseren på at lære konkrete begreber har som sagt stor udbredelse inden for naturvidenskabernes uddannelsesteori. Novak har som et pædagogisk hjælpemiddel hertil udviklet det såkaldte *begrebskort*, som har fået relativ stor udbredelse (se fx Dolin&Ingerslev 1994). I kapitel 8 gennemgår jeg begrebskort grundigere og indplacerer det i afhandlingens læringsteoretiske ramme.

1 Novak refererer her til elever i første og anden klasse.

Alle disse indvendinger kan sammenfattes som en kritik af Piagets *intellektualisme*. Han beskæftigede sig primært med børns udvikling af kognitive færdigheder (og ikke følelser) inden for naturvidenskabelige fagområder (og ikke inden for fx musik, litteratur o.l.). En kritik som er berettiget og vigtig at være bevidst om, når hans teorier skal bruges i praktiske undervisningssammenhænge. Men samtidig en kritik som ikke er rimelig som en vurdering af Piagets arbejde, al den stund Piaget bevidst valgte at beskæftige sig med kognitiv udvikling vedrørende logisk tænkning.

Ud over den ret ensidige koncentreren sig om formal-logisk tænkning er Piaget blevet kritiseret for ikke i tilstrækkelig omfang at tage hensyn til de sociokulturelle omstændigheder ved læring. Denne kritik er mest vidtgående blevet udmøntet i de senere omtalte kulturhistoriske tilgange. Retninger som til gengæld kan beskyldes for at reducere kognitiv udvikling til læring af en kultur.
Endelig er Piaget blevet beskyldt for i højere grad at beskæftige sig med udviklingen af viden end udviklingen af elever. Fordi han var interesseret i nogle generelle kognitive udviklingstendenser, ignorerede han personernes individuelle forskelligheder, og hvorledes vi hjælper hinanden med at konstruere viden. Der er ingen tvivl om at denne leden efter generaliseringer for individuel udvikling er sket på bekostning af den umiddelbare anvendelighed af teorierne i praksis over for konkrete og meget forskellige elever i mange forskelige situationer.

Denne kritik af Piaget for *egocentrisme*, for at negligere de sociale aspekter af udvikling, er en problematisering af det grundlæggende syn, Piaget har på kognitiv udviking. Et grundsyn som i de sidste årtier er blevet udfordret af genopdagelsen af Vygotsky op gennem 1980'erne.

Piaget contra Vygotsky

Med udgangspunkt i en opfattelse af de logiske operationers basale betydning for menneskets udvikling udgør Piagets arbejder en teori om udviklingens retning følgende en fast, nærmest prædestineret kurs. En sådan absolutisme og stringens har på den ene side appelleret til og muliggjort en undervisningsmæsig operationalisering af teorien, hvilket mange har forsøgt[1], men på den anden side også afdækket en række svagheder som vist ovenfor. Der er i den sammenhæng en række forskere som sættes op mod Piaget, hvoraf Vygotsky utvivlsomt er den vigtigste.
Lev S.Vygotsky blev født samme år som Piaget (1896), men døde allerede 1934. Et af hans vigtigste bidrag til psykologien er hans teori om sprogudviklingen (Vygotsky, 1971), som han så som en af de centrale elementer i bevidsthedsudviklingen. Men også hans teori om

[1] Se fx omtalen af CASE-projektet og CLIS-projektet senere.

zonen for nærmeste udvikling har fået stor betydning for de seneste års pædagogiske debat. Se kap. 5.

Vygotsky lagde ikke vægt på bevidsthedens evne til formal-logisk tænkning, men så snarere mental udvikling som en stadig bedre evne til at beherske kulturelle symboler og strukturer.
Jeromen Bruner omtaler forskellene mellem Piaget og Vygotsky som en "frugtbar uforenelighed" (Bruner, 1998) (s.319) og lader dem repræsentere to uforenelige tilgange til udvikling.
Hvor Piagets problem var, hvordan den enkelte udvikler stadig mere avancerede logiske evner, var Vygotskys, hvorledes vi tilegner os vores kultur og dens forskellige grader af symbolik.
Hvor Piaget ser generelle, abstrakte lovmæssigheder, der kan læres af formel-logisk vej, ser Vygotsky kulturelle artefakter, kulturelle værktøjer, som skal tilegnes i en dialog med den kultur, de er frembragt af.

Som en hel central pointe kan man slå fast, at de to teorier er udviklet med forskelligt perspektiv for at forstå forskellige områder, de er så at sige vokset ud af to forskellige verdensbilleder. Heri ligger også forklaringen på, hvorfor de har fået anvendelse inden for forskellige dele af uddannelsesforskningen, og måske har vi her gemt en af de afgørende forskelle på naturvidenskabelige og humanistiske arbejdsformer.
Dette perspektiv udvikles yderligere i kap. 5.

I det følgende vil jeg se, hvorledes arven efter Piaget er blevet løftet, er blevet beriget og i nogle tilfælde forkastet.

KONSTRUKTIVISMENS NYE GENNEMBRUD

Joan Solomon (Solomon, 1994) fremhæver Piagets bog fra 1929: *The Childs Conception of the World* som en af de første konstruktivistiske tekster, men uden større praktisk betydning, bl.a. fordi Piaget ikke var særlig interesseret i undervisning. Netop behovet for en ændret undervisningspraksis i science ser Joan Bliss (1995) som starten på en konstruktivistisk orienteret interesse for børn og unges læring af science, og hvordan der skal undervises heri. Især sputnikchokket i 1957 gav anledning til en række uddannelsesprojekter, som udviklede undervisningsmaterialer og ændrede læseplaner i science i retning mod bedre begrebsforståelse bl.a. via eksperimentelt arbejde især i fysik[1].
Joan Solomon viser, hvorledes konstruktivismen ved sin fremkomst *"acquired a new vocabulary to match new intentions"* (s.3), og at det, der får en ny retning til at slå igennem,

[1] Her kan bl.a. nævnes PSSC og Nuffield, som også satte sig spor i de danske fysiklærebøger.

ikke så meget er det nye eller originale, men snarere at der for mange er tale om genkendelige termer og synspunkter, men med et nyt samlet perspektiv og en ny mening i de gamle ord. Der skabes et nyt udsigtspunkt til det samme landskab. Et nyt vokabularium skaber således et sprogligt netværk, der i sig selv udgør en teoridannelse. Solomon fremhæver (Driver & Easly, 1978) som den artikel, der etablerede konstruktivismen i science uddannelsesdebatten. Heri blev samlet et sprogbrug og et begrebsapparat, som kunne bruges i en fortsat udvikling af den konstruktivistisk baserede uddannelsesforskning. Nye metaforer som "eleven er ikke et tomt kar" blev almindelige, og opfattelser og hændelser, som lærere altid havde oplevet i klassen, blev nu interessante og genstand for forskning:

...it would seem that more valuable information could be gained by both curriculum developers and the practising teacher through interviewing pupils in order to understand their ideas. (Driver & Easly 1978, s.79).

Elever har altid "svaret forkert" på baggrund af egne ideer og opfattelser, og det var blot blevet affærdiget med "de hører aldrig efter, hvad jeg siger" eller lignende. Nu fremkom der i løbet af 80'erne en strøm af undersøgelser af børn og unges opfattelser af forskellige naturvidenskabelige fænomener, der blev afholdt konferencer om "Misconceptions in Science and Mathematics", man diskuterede om det skulle hedde "preconceptions", "intuitive conceptions", "misconceptions", "everyday-concepts" eller noget helt andet, og da de viste sig resistente over for undervisning[1] endte man med at benævne dem "childrens' alternative frameworks"[2].
Samtidig begyndte man at undervise efter konstruktivistiske ideer. I begyndelsen primært baseret på et Piaget-inspireret teorigrundlag. Undervisningsprogrammerne kunne have til hensigt at gøre de unge til "miniaturevidenskabsmænd" eller de kunne fokusere på elevernes begrebsændringer. Fra 1984 til 1988 gennemførte Leeds University således det såkaldte CLIS program, "Childrens Learning In Science", King's College i London startede i 1984 sit CASE projekt, "Cognitive Acceleration in Science Education" (i vid udstrækning baseret på den tidligere omtalte "matching model") og det australske PEEL projekt, "Project for Enhancing Effective Learning" startede i 1985. Disse projekter havde forskellig effekt, men de var med til at udvikle teorien i praksissammenhænge - og de bidrog til det konstruktivistiske vokabularium med ord som "active learning" og "metacognition". De vil alle blive behandlet grundigere senere.

Den meget brede og søgende måde, konstruktivismen er vokset frem på som en reaktion på den herskende undervisningsform, og den til en vis grad manglede læringsteoretiske funde-

[1] Fx refererer Bliss 1995 et fysikundervisningsprojekt som bl.a. vha computersimulering gennem tre år forsøgte at få elever til at erstatte deres fejlagtige begreber inden for mekanik med de korrekte newtonske. Det lykkedes kun at få øget før-testens 1,8 rigtige ud af 24 til slut-testens 3,3 rigtige ud af 24.
[2] Igen kan der henvises til Duit 1993 for en oversigt.

ring, muliggjorde en følelse af samhørighed, samtidig med at det gav rum for et bredt spektrum af teoridannelser, som efterhånden har udkrystalliseret sig i en række konkurrerende positioner.

FORSKELLIGE KONSTRUKTIVISTISKE RETNINGER

Konstruktivismen er en bred lære. På den ene side er den en betegnelse for det pt herskende paradigme indenfor naturvidenskabsundervisning, at viden er noget der aktivt konstrueres af den enkelte. Et synspunkt som de fleste kan tilslutte sig, og som i sin blødeste variant blot ser konstruktivismen som god, engageret undervisning, hvor elevernes ideer respekteres, og hvor læreren ikke dominerer klasserummet. En undervisning hvor læreren ikke ser eller interesserer sig for teoretiske problemer af epistemologisk eller ontologisk art, men primært ser pædagogiske udfordringer. I den anden ende af spektret findes forskellige varianter af en mere radikal form for konstruktivisme, som ser viden som en tolkning af verden uden at ville udtale sig om verden, ja som kan opfatte konstruktivistisk læring som en tautologi (idet enhver læreproces jo indebærer konstruktion). Samtidig kan konstruktivismebegrebet som tidligere diskuteret bruges udelukkende om læreprocessen, bruges udelukkende om videnskabsteoretiske aspekter, eller man kan lade det omfatte begge.
Det er næppe muligt af danne sig et fuldstændigt overblik over dette spektrum. De forskellige retninger deler sig efter mange kriterier, og hvis man vil fokusere på uenigheden, er der næsten lige så mange retninger, som der er forskere. Paul Ernest 1995 har foretaget en opdeling af de retninger, der er repræsenteret i Leslie Steffe & Jerry Gales bog *Constructivism in Education* fra 1995 (Steffe & Gale, 1995) og som har interesse for undervisning. Denne bog er resultatet af en konference: Alternative Epistemologies in Education Conference, ved The University of Georgia i 1992 . Den er domineret af forskere fra USA og omegn. På trods heraf og selv om der er sket en del siden, giver bogen alligevel et godt overblik over de herskende retninger inden for især radikal orienteret konstruktivisme.

Paul Ernst argumenterer for, at følgende komponenter indgår i et uddannelsesmæssigt paradigme (Ernest, 1995)(p. 465f):

1. *Ontologi*: holdning til eksistens dvs forholden sig til hvordan verden er og hvad der befolker den.
2. *Epistemologi:* holdning til hvilken natur, oprindelse og gyldighed subjektiv viden har og hvorledes individer lærer samt tilsvarende en holdning til konventionel, alment accepteret viden og en teori om sandhed.
3. *Metodologi:* En holdning til hvilke metoder og teknikker der er velegnede og valide til at danne og bekræfte viden.

4. *Pædagogik:* En holdning til undervisning (teaching) - hvorledes fremmes læring i overensstemmelse med paradigmets epistemologi?

Paul Ernest inddrager således både videnskabsteoretiske (punkt 1, 2 og 3) og læringsteoretiske (punkt 3 og 4) holdninger i sin opdeling.
Der kan naturligvis være et vist overlap mellem 3 og 4 (og mellem 2 og 3), men i en oversigt som bl.a. har til formål at fremdrage pædagogiske konsekvenser giver det god mening at fremhæve pædagogikken som en særskilt komponent, og jeg vil prioritere dette over en gennemgang af metodologien, der i højere grad er af forskningsmæssig interesse.
Udover disse 4 komponenter vil de forskellige retninger også adskille sig ved det sprogbrug, de har udviklet, og dermed ved de metaforer, billeder og værdier de hver især har og måske også ved deres menneskesyn. Derfor vil jeg også, i det omfang det er karakteristisk for de pågældende retninger, medtage disse dimensioner i den følgende gennemgang.

Før jeg omtaler udvalgte konstruktivismeteorier mere fyldigt, kan figurerne på de næste to sider hjælpe med at give en oversigt over de konstruktivistiske retninger, der hyppigst refereres til i litteratur om læringsteorier (og specielt inden for naturvidenskaberne). Jeg har ladet figur 3.2 udspringe af de to hovedpositioner som hhv. Piaget og Vygotsky har formuleret, og som er gennemgået i det foregående. Under disse - alle konstruktivismeteoriers "stamfædre" - har jeg anbragt de retninger som er inspireret af dem.
For overskuelighedens skyld har jeg i figur 3.3 givet et ultrakort resumé af de vigtigste teorier. For hver teori er desuden angivet de pædagogiske hovedpointer og de centrale udenlandske og danske repræsentanter for teorien.
Af pladshensyn er oversigten meget summarisk og desuden udledt af tekster, der ikke altid eksplicit har formuleret sig om de nævnte dimensioner - det har ofte været nødvendigt med en vis tolkning.

Fig. 3.2

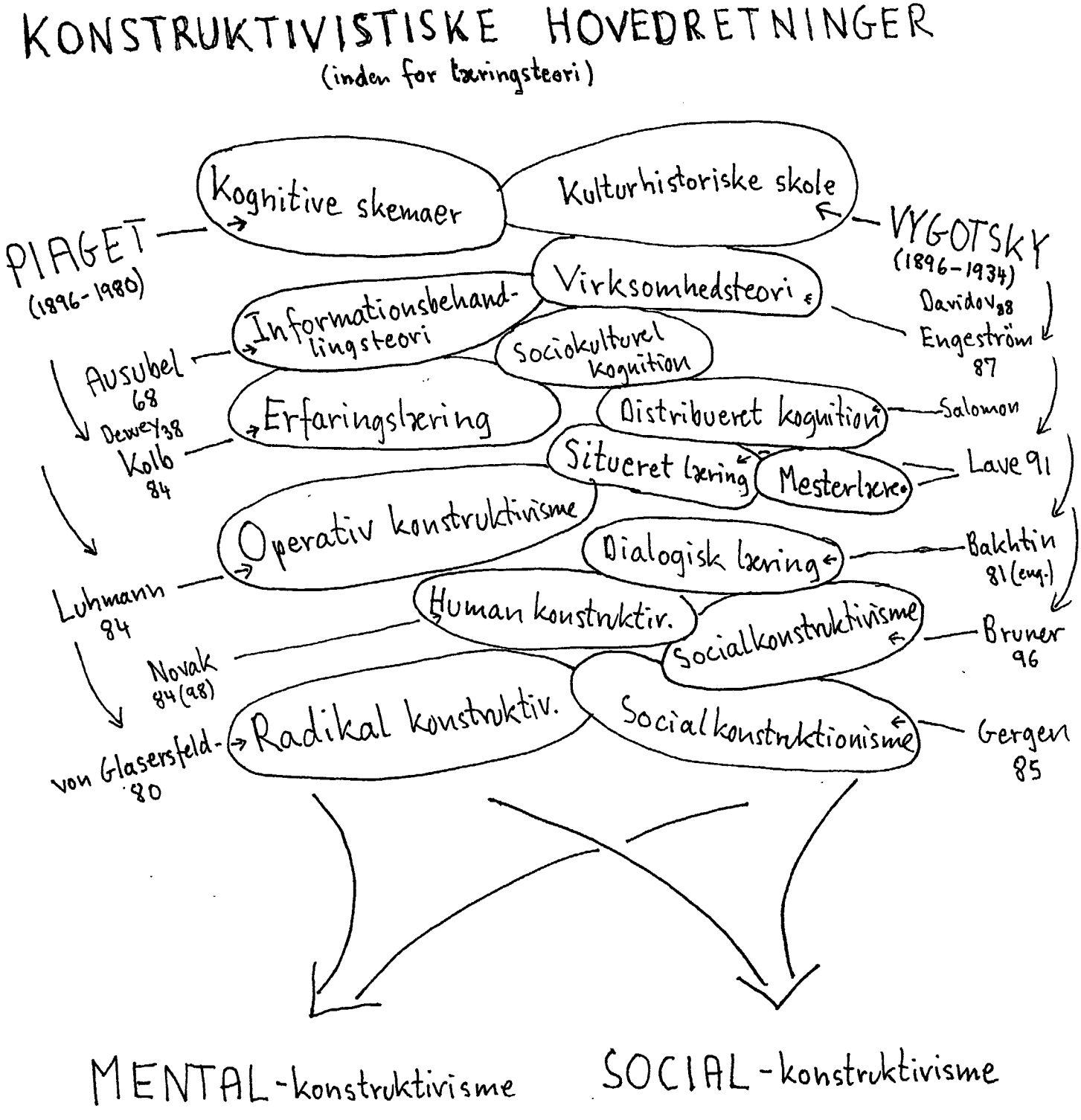

KONSTRUKTIVISTISKE HOVEDRETNINGER
(inden for læringsteori)
PIAGET
(1896-1980)
Kognitive skemaer
Kulturhistoriske skole
VYGOTSKY
(1896-1934)
Davidov 88
Engeström 87
Virksomhedsteori
Informationsbehandlingsteori
Sociokulturel kognition
Ausubel 68
Dewey 38
Kolb 84
Erfaringslæring
Distribueret kognition
Salomon
Situeret læring
Mesterlære
Lave 91
Operativ konstruktivisme
Dialogisk læring
Bakhtin 81 (eng.)
Luhmann 84
Human konstruktiv.
Socialkonstruktivisme
Bruner 96
Novak 84 (98)
Radikal konstruktiv.
Socialkonstruktionisme
Gergen 85
von Glasersfeld 80
MENTAL-konstruktivisme
SOCIAL-konstruktivisme

Fig. 3.3

Konstruktivistiske retninger

Kognitive skemaer: Opbygning af mentale skemaer i en adaptiv ligevægtsproces baseret på assimilation og akkomodation. Stadieteori for udvikling. Vægt på formal-logisk tænkning hos den enkelte. *Pædagogik: Fremme den enkeltes tankevirksomhed og udvikling af mentale skemaer via kognitive konflikter.*(Piaget)

Kulturhistorisk skole: (Virksomhedsteori) Subjektets forhold til omverdenen formidles (medieres) gennem produktiv virksomhed. Det eksterne internaliseres gennem brug af kulturelle frembringelser (redskaber, symboler, modeller, sprog - artefakter). Det sociale kommer før det individuelle. Psykiske processer er internaliseret socialitet. *Pædagogik: Elever skal indføres i de kulturelle frembringelser vha en voksen vejleder.*(Vygotsky, Leontjev, Luria)

Mesterlære: Social praksis er det primære og læring er en af dens karakteristika. Udgangspunktet er deltagelse i et praksisfællesskab, tilegnelse af faglig identitet, læring uden formel undervisning, evaluering gennem praksis. Learning by doing (Dewey). *Pædagogik: Opbyg ikke-skolastiske praksisfællesskaber.*
(Lave og Wenger, Dk: Kvale)

Distribueret kognition: Tager udgangspunkt i virksomhedsteorien, og da erkendelsen foregår via artefakter er det ikke noget der sker i hovedet på den enkelte, men kognitionen er spredt ud mellem individer og ligger også i artefakterne. Institutioner kan tænke og samfund huske. (Salomon)

Situeret læring: Kognition og læring finder sted i en kontekst som ikke kun har indflydelse på tænkningen og læringen, men som er bærer af det lærte. Læring finder sted gennem i første omgang perifer deltagelse i et praksisfællesskab og senere gradvis øget engagement og kompleksitet.
Pædagogik: Opbyg praksisfællesskaber. (Lave og Wenger)

Erfaringslæring: (experiential learning) Kolb sammenstiller Piaget med bl.a. Dewey og Kurt Lewin og opstiller læringscirklen der indeholder stadierne i en læreproces. Mener der er to dimensioner i al læring: Begribelse og omdannelse, der udspænder 4 orienteringer der hver især passer til stadier i læringscirklen, hvorved der defineres 4 former for erkendelse. *Til hver erkendelsesform tillægges en uv-form.*
(Kolb, Dk: Illeris)

Radikal konstruktivisme: Vi konstruerer selv vores erfaringer med og teorier om verden i vores egen bevidsthed (i form af mentale repræsentationer). Viden er et erfaringsmæssigt fit til omverdenen, ikke en ontologisk sandhed. *Kendskab til den enkelte elevs tænkemåde central.*
(von Glasersfeld)

Operativ konstruktivisme: Arbejder med systemer, der er selvreproducerende og som kan markere forskelle (selvreferentielt-lukkede). Det psykiske og sociale er to adskilte områder der opererer med hvert sit forskellige sæt af elementer hhv følelser, tanker og kommunikation. Sproget er et medie som gør kommunikation mulig. Erkendelse er den operation at markere en forskel. Undervisning er kommunikation. *Pædagogikken består i at tydeliggøre kommunikationen.*
(Luhmann, Dk: Jens Rasmussen)

Socialkonstruktivisme/konstruktionisme: Baseret på Vygotsky - mening dannes i social interaktion. I sin mest radikale form er viden den sproglige konstruktion man kan blive enige om i en vis gruppe, så det er en ontologisk opfattelse hvor verden først konstitueres når mennesker fastslår det. *Opbyg kommunikative fællesskaber.* (Kenneth J. Gergen)

Traditionel empirisme er tidligere omtalt som den position, konstruktivismen samlet har taget afstand fra, og for sammenlignelighedens skyld kan det være nyttigt først at opridse dens synspunkter. Den er baseret på det tomme kar, den blanke tavle som *metaforen for bevidsthed*. Dens *verden* er Newtons absolutte rum som reelt eksisterende og dens *epistemologi* er objektivitet - det er muligt at opnå sand viden om verden. *Pædagogisk* tilrettelæggelse vil bestå i at sørge for, at viden kan overføres fra lærer til elev, ofte i en behavioristisk orienteret undervisning.
Denne retning har haft relativ stor betydning i USA med tests, undervisningsskemaer osv, så oprøret herimod er meget stærk fra amerikansk side og ofte refererende til forhold, som er ekstreme set med danske øjne.

Jeg har i det følgende gjort mest ud af den radikale og sociale konstruktivisme, og til dels den operative konstruktivisme, idet det er disse retninger, der har størst indflydelse på den danske debat. De forskellige opfattelser er samlet i teorier, der primært er inspireret af Piaget, og teorier der primært er inspireret af Vygotsky.

Teorier inspireret af Piaget

Informations-behandlings-teori

er baseret på *metaforen af hjernen/bevidstheden* som en computer, hvor information og data bearbejdes ved hjælp af rutiner og processer, der kan udvikles og forfines i takt med erfaringen. Megen analyse af problemløsning er baseret på denne metafor.
Metaforen betyder, at hjernen passivt modtager de indkomne informationer i den (objektive) form de har. Der sker altså ingen tolkning af inputtene, og der forudsættes en objektivt givet verden uafhængig af den lærende, så *ontologien* er den naive realisme, et newtonsk absolut rum befolket af materielle objekter, som vi erfarer i deres realitet. Ernest vil på baggrund heraf end ikke acceptere informationsprocesteorien som en form for konstruktivisme: Når noget information betragtes som overført udefra, er der ikke tale om en personlig konstruktion.
Epistemologien er empiristisk, vi er i stand til at tilegne os sand viden om vores omverden (se s. 96).
Det er i *pædagogikken* informationsprocesteorien adskiller sig fra traditionel empirisme, idet mange af dens fortalere – i modsætning til hvad Ernest mener - ikke ser læring som en passiv proces, men som en aktiv konstruktion baseret på foregående viden. Udvikling af viden ses som voksende hukommelse, opmærksomhed og problemløsningsevne. Det handler om at udvikle elever fra novicer til eksperter.
Ausubel gøres især til indtægt for denne retning, men det er en retning som især op gennem 80'erne har haft stor betydning inden for fysikdidaktikken, specielt i forbindelse med udviklingen af problemløsningsprocedurer fx (Larkin, McDermott, Simon, & Simon, 1980).

Erfaringsbaseret læring

Erfaring er et meget sammensat og misbrugt begreb, som altid har spillet en stor rolle i pædagogiske og læringsteoretiske overvejelser. Det er ikke hensigten her at foretage en begrebsafklaring, hvilket ville kunne fylde en afhandling i sig selv, men jeg vil påpege to forskellige opfattelser af erfaringer, som har dannet hver sin skole. Den ene retning opfatter erfaring som *noget man gør*, mens den anden opfatter erfaring som *noget man har* (Gabrielsen, 1996).

Erfaring som aktivitet har rødder tilbage til Deweys "learning by doing" (Dewey, 1978/1938) hvor fokus lægges på handlen og ageren i verden. Det kan let forfalde til en ren induktiv læringsopfattelse, som i hvert fald i fysik er problematisk, fordi fysik som videnskab nok omhandler den omgivende verden, men er baseret på rationelle, deduktive – og ofte kontraintuitive – erkendelser.

Erfaring som personlig erfaringsbaggrund og som kritisk potentiale er især udviklet af Oskar Negt (Negt, 1975), men også Paolo Freire kan nævnes. Her kobles elevernes subjektive erfaringer til objektivt givne samfundsmæssige forhold med udviklingen af et frigørende handlingsberedskab som mål.

Begge retninger kan have problemer med i en skolebaseret undervisning at skulle indfange abstrakte og komplekse sagsforhold med udgangspunkt i elevers umiddelbare erfaringer.

Jeg vil her fremhæve en læringsteori udviklet af David Kolb som i et vist omfang tager fat i modsætningen mellem at skulle lære abstrakte begreber og tage udgangspunkt i eleverfaringer (Kolb, 1984). Teorien har haft relativ stor gennemslagskraft især inden for naturvidenskabernes undervisning. Den bygger på tre klassiske læringsteoretikere, nemlig John Dewey, Kurt Lewin og Jean Piaget. Disse tre har det tilfælles, at de ser læring som en i sin natur spændings- og konfliktfyldt aktivitet. De opererer med hver sine konfliktpar:

Dewey arbejder med modsætningen mellem *indtryk* (dvs. et perceptuelt aspekt), som giver ideer styrke, og *tanker og ideer* (dvs. et rationelt aspekt), der målretter ens virksomhed

Lewin arbejder med samme modsætningspar, nemlig mellem konkrete erfaringer og abstrakte begreber.

Piaget ser læring som vekselvirkningen mellem akkomodation af ideer til den ydre verden og assimilation af erfaring i eksisterende strukturer.

Samtidig understreger Kolb erfaringens rolle. Denne tilgang bruger Kolb til at tage afstand fra dels rationalistiske (ensidigt kognitive) læringsteorier, som lægger vægt på videnstilegnelse og at kunne manipulere og huske abstrakte symboler, og dels den behavioristiske læringsteori med dens benægtelse af bevidsthed og subjektive erfaringer.

Nøglebegrebet er *erkendelse* som udspændes mellem en *begribelse* (eng. prehension), der repræsenterer forskellige måder til at få hold på (grasping) erfaringer om verden, og en *omdannelse* (eng. transformation), der omfatter forskellige måder at påvirke verden og sine oplevelser af verden på. Begribelsen opdeles igen i en umiddelbar opfattelse (konkrete erfaringer - apprehension) og en bearbejdende forståelse (abstrakt begrebsdannelse - comprehension), mens omdannelsen opdeles i en udadrettet manipulation (aktivitet/handlen – extension) og en indre refleksion (reflekteren - intention).
Den lærende har således brug for at kunne forholde sig til ethvert fænomen på disse 4 måder:

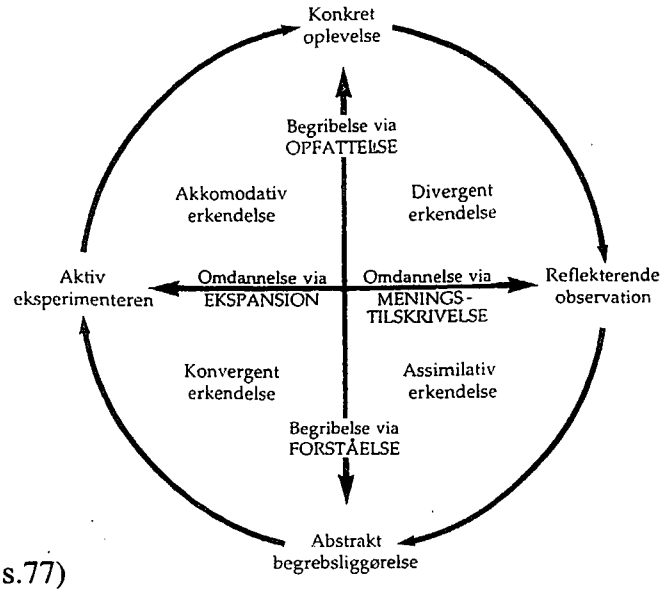
Evnen til at gøre *konkrete erfaringer*: ikke forudindtaget involvering, åbenhed.
Evnen til at kunne foretage *reflekterende observationer:* observere og reflektere over observationer fra mange synsvinkler.
Evnen til *abstrakt begrebsdannelse*: at kunne danne begreber som integrerer observationerne i logiske teorier.
Evnen til *aktiv eksperimenteren*: problemløsning, manipulation.

Pointen er, at en egentlig læring forudsætter både en begribelse af en oplevelse og en omdannelse af oplevelsen. Den lærende skal derfor gennem en såkaldt *læringscirkel* med de fire erkendeformer for at opnå en fuldstændig forståelse for et fænomen.

Herved udspændes et koordinatsystem med fire rum, der hver repræsenterer en erkendeform:

Konvergent erkendelse: Domineret af abstrakte begreber og aktiv eksperimenteren, fx løsning af specifikke, velstruktureredde problemer vha. deduktion.
Divergent erkendelse: Umiddelbarhed og opmærksomhed på meninger og værdier, så de konkrete situationer ses fra flere perspektiver og med mange relationer. Observation mere end handlen.
Assimilativ erkendelse: Abstrakt begrebsliggørelse koblet med refleksion. Modeldannelse som søger at passe virkeligheden ind i en given struktur.
Akkomodativ erkendelse: Den umiddelbare konkrete oplevelse kombineret med en aktiv eksperimenteren. Man søger muligheder og tilpasser sig skiftende omstændigheder og er villig til at forkaste hypoteser.

Læringen kan derfor opstilles som en cyklisk proces, hvor der veksles mellem de fire erkendelsesformer i regredierende og ekpanderende faser (fig. 3.4).

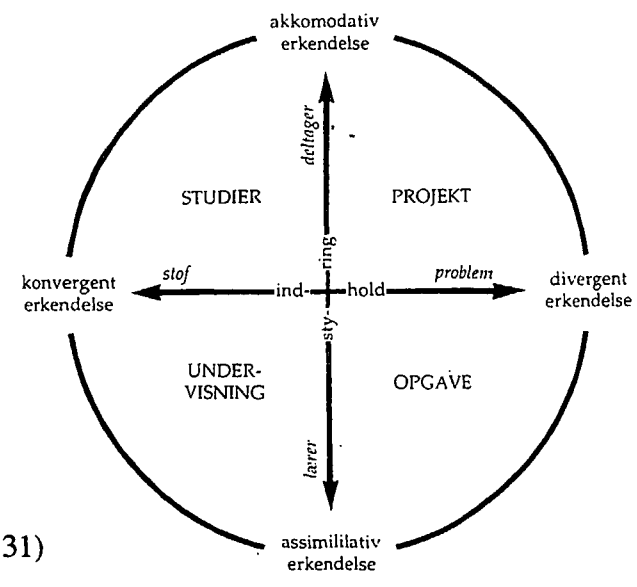


Kolbs læringsmodel

Fig.3.4 (Kilde: Illeris 1995, s.77)

Selv om modellen har sine svagheder, fx opfattelsen af læring som en cyklisk proces der skal gennemløbes i en bestemt rækkefølge, er en af dens styrker, at de to piagetske erkendeformer, assimilation og akkomodation, udvides med en dimension, der giver plads til forskellige måder at forholde sig til det konkrete læringsindhold på, nemlig den konvergente og den divergente erkendelse.

Knud Illeris (fx (Illeris, 1995, 1996)) har arbejdet en del med Kolbs læringsbegreber. Han har bl.a. bygget en didaktisk model op på Kolbs læringscirkel, hvor han til Kolbs erkendeformer lader svare nogle didaktiske principper (fig. 3.5). Erkendeparret akkomodativ-assimilativ lader Illeris svare til undervisningsstyringen som hhv. deltagerstyring og lærerstyring. Erkendeparret konvergent- divergent lader Illeris svare til indholdsudvælgelse, nemlig hhv. stoffixeret indhold contra problembaseret indhold. Disse to akser udspænder fire rum (som så svarer til de fire adaptationsmåder), som Illeris hver især lader svare til en arbejdsform.



En didaktisk model

fig.3.5 (Kilde: Illeris 1995, s.131)

De fire arbejdsformer er:
Projekt: deltagerstyret og problemorienteret (svarende til konkret oplevelse)
Opgavearbejde: Lærerstyret og problemorienteret (svarende til den reflekterende observation)
Undervisning: Lærerstyret arbejde med stoffet (svarende til abstrakt begrebsliggørelse)
Studier: Deltagerstyret arbejde med stoffet (svarende til aktiv eksperimenteren)

Det er noget uheldigt at kalde det lærerstyrede arbejde med stoffet for "undervisning", al den stund alle fire arbejdsformer kan siges at indgå i en undervisning. Vidensformidling ville nok have været bedre.
Selv om modellen kan være besnærende, virker det også problematisk at presse al læringsarbejde ind i en model med to dimensioner.

Operativ konstruktivisme

Den operative konstruktivisme har haft en vis indflydelse på den danske konstruktivismedebat, især gennem Jens Rasmussen (Rasmussen, 1996). Udgangspunktet er den tyske sociolog Niklas Luhmanns (1927-1997) systemteori. I stedet for differencen mellem subjekt og objekt indfører han differencen mellem system og omverden. Luhmann bruger betegnelsen *system* om alle områder, der kan afgrænses fx markedssystemet, sundhedssystemet, sociale grupper, enkeltindivider. Pointen ved systemer er, at de skaber sig selv og refererer til sig selv. Ligesom det er tilfældet med Piaget, får Luhmann sine metaforer for systemer fra biologien, nemlig fra den chilenske biolog Maturana, som ud fra arbejder med levende systemers og nervesystemers organisering udleder, hvorledes systemer er organiseret som et netværk af processer, der selv producerer de komponenter, som netværket består af (Rasmussen 1996, s. 131f). Systemet skaber så at sige sin egen virkelighed. Ud fra forsøg konkluderede Maturana at der ikke overføres informationer fra omgivelserne til nervesystemet, fordi det nervesystemet sanser er afhængigt af nervesystemet selv - samme grundtanke som von Glasersfelds fortolkning af assimilationsprocessen, ifølge hvilken individet jo kun ser det, som dets skema tillader. Det er således ikke dækkende at sige, at selvreferentielle systemer tilpasser sig omgivelserne. Det er umuligt (og også uhensigtsmæssigt), fordi der er så mange systemer at forholde sig til, og fordi de ændrer sig så hurtigt. I stedet forsøger det enkelte system (individ) at reducere kompleksiteten i omverdenen ved at vælge hvilke af omverdenens mange komplekse relationer, systemet selv vil rekonstruere i form af andre sammenhænge med færre relationer og dermed en reduceret kompleksitet. En person anvender udelukkende sine egne operationer til at forbinde sig med omverdenen, der kommer ikke noget udefra og ind i systemet, men når personen foretager bevidsthedsoperationer, reproducerer det altså stadig større dele af omverdenen i sig, og personsystemet udvider sig.
I denne opfattelse af individet defineres *viden* som den øgning i kompleksitet, et system opnår ved at reducere omverdenens kompleksitet. Denne viden opnås ved, at det erkenden-

de system *vælger*, hvad der skal med, og hvad der ikke skal med i systemets kompleksitet, altså producerer forskelle. *Læring* er altså den operation som udvælger og markerer forskelle.
Undervisning er her et spørgsmål om *kommunikation* mellem forskellige (lukkede) systemer (læreren, en elev, klassen), og da kommunikation ikke er ren overførsel af information, fordi modtageren tolker det afsendte, er der stor risiko for at fx det læreren siger ikke er det eleven hører. Systemerne må selv afprøve deres forståelse via deres selvreferentialitet og stadige kommunikation med omverdenen. Dialogen mellem individer og mellem systemer bliver central. Hele dette dialogiske aspekt udfoldes i kapitel 5, men her i en mere sociokulturel ramme. Pointen i Luhmanns teori er at forståelsen er en komponent i kommunikationsprocessen, hvorfor man altid må reflektere over kommunikationsprocessen: "Hvad mener du med det du siger?", "hvad betyder dit tonefald?" osv. Forståelseskontrol og fremhævelse af intentionerne med undervisningen bliver en vigtig del af undervisningen.
Denne beskrivelse af opbygning af individuel viden ligger i forlængelse af den radikale konstruktivismes læringssyn.

Hvis jeg skulle kritisere Luhmanns teoriapparat vil det generelt gå på dets selvreferentielle systemers manglende plads til bevidste mellemmenneskelige aktiviteter. Luhmann har udsagn som *et psykisk system kan ikke kommunikere*, og *kun kommunikation kan kommunikere* og Jens Rasmussen skriver (ibid. s. 148):

... disse psykiske systemers [elevers og læreres – JD] *bevidsthed er ikke tilgængelig for de andre deltagere med mindre de på telepatisk vis skulle være i stand til [at] kunne overføre tanker mellem hinanden. Det eneste synlige i et socialt system, og således altså også i et læringssystem, er kommunikation – ikke bevidsthed!*

Her udtrykkes en fuldstændig adskillelse af tale og tanke som er i stærk modsætning til de Vygotskyinspirerede teorier jeg gennemgår senere. Jeg tror snarere (i overensstemmelse med Vygotsky) at talen er adgangen til tanken (eller en af dem), så man har principielt mulighed for at forstå hinanden. Måske ikke altid og ikke fuldstændigt, men over tid og via dialog er det ikke umuligt. Ved at sige at det eneste synlige i læring og undervisning er kommunikation – at det er kommunikationen der kommunikerer – overses de i talen indlejrede tanker.
Menneskers omverdensforbindelse er ikke primært – som Luhmann siger – selvreferentiel lukkethed, men snarere praksisrelatering (også dette begreb vil jeg udfolde senere). Erkendelsesprocessers udspring er ikke – som Luhmann mener – systeminterne operationer ude af kontakt med den erkendendes omverden, men forankret i den erkendendes praksisrelationer.

Radikal konstruktivisme

Den radikale konstruktivisme er udviklet af Ernest van Glasersfeld (1917-) på baggrund af en fortolkning af Piagets arbejder. von Glasersfeld

... starts from the assumption that knowledge, no matter how it be defined, is in the heads of persons, and that the thinking subject has no alternative but to construct what he or she knows on the basis of his or her experience. ((von Glasersfeld, 1995b), s.1)

Viden er altså en personlig konstruktion som baserer sig på følgende to principper:

- *knowledge is not passively received but built up by the cognizing subject;*
- *the function of cognition is adaptive and serves the organization of the experiential world, not the discovery of ontological reality.* (ibid. s. 18)

Det første princip er blot det fælles grundlag for alle konstruktivistiske retninger, men med det andet princip adskiller von Glasersfeld sig fra den trivielle konstruktivisme og dens empiristiske epistemologi. I modsætning hertil postulerer den radikale konstruktivisme ikke at give det ultimativt sande billede af verden:

"Radical constructivism is uninhibitedly instrumentalist. It replaces the notion of "truth" (as true representation of an independent reality) with the notion of "viability" within the subjects' experiential world. Consequently it refuses all metaphysical commitments and claims to be no more than one possible model of thinking about the only world we can come to know, the world we construct as living subjects." (ibid. s.22)

Som von Glasersfeld skriver et sted, så er den radikale konstruktivisme en teori om viden, ikke om væren, eller:

"Radical constructivism is intended as a model of rational knowing, not as a metaphysics that attempts to describe a real world." (ibid. s. 24).

Den radikale konstruktivisme er således neutral i sin *ontologi*, idet den intet kan eller vil sige om den verden, der giver anledning til den enkeltes sanseindtryk. Denne instrumentelle holdning har fået mange til at beskylde den radikale konstruktivisme for *solipsisme*, dvs. den opfattelse at intet eksisterer uden for den enkeltes hoved. Og hvis man benægter, at viden korresponderer med en objektiv verden, hvad skal viden så vurderes ud fra? Ingen vil vel vedgå sig solipsisme som en brugbar forklaring af verden og dermed som en basis for viden. Eller som von Glasersfeld 1995a udtrykker det:

In practice, solipsism is refuted daily by the experience that the world is hardly ever what we would like it to be (ibid. s.113)

Det andet princip handler om epistemologisk relativitet, og von Glasersfelds store arbejde har ligget i en detaljeret gennemgang af, hvorledes et individ konstruerer sin viden[1].
Metaforen for hjernen/bevidstheden er en biologisk organisme, der udvikler sig. Ligesom de biologiske arter udvikler sig i den biologiske evolution, vil hjernens skemaer udvikle sig i en tilpasningproces til individets erfarne verden.

Igen er det vigtigt at slå fast, at den radikale konstruktivisme er en teori om viden ikke om væren. Men selvfølgelig kan man ikke bare konstruere den viden, man har lyst til. Den er baseret på to principper:

1. Menneskelige handlinger er målrettede inden for en (erfaringsbaseret) opfattelse af, at der er en vis orden og rationalitet i verden. Vi har erfaring for at visse ting går godt og andre ikke, og vi forsøger at gentage det, der gik godt, og undgå uheldene.
2. Viden består af skemaer, begreber og tanker, som er udviklede i overensstemmelse med punkt 1. Viden handler om de måder, det tænkende subjekt har udviklet sit begrebsapparat på, så det er i overensstemmelse med den verden vedkommende erfarer.

Viden er således ikke dele af en objektiv, observatøruafhængig verden, men en del af observatørens erfaringer. Som von Glasersfeld citerer Vico for: Ordet faktum er perfektum participium af det latinske ord for "at lave" (to make)!
Denne opfattelse gør det bydende nødvendigt at afklare hvad man forstår ved "videnskabelig viden", "rationel viden" o.l.
Ud fra et radikalt synspunkt er den eneste måde at definere videnskabelighed på, at se hvad videnskabsmænd/kvinder rent faktisk gør. Von Glasersfeld er her på linie med Maturana, og han opsummerer hans oversigt over *den videnskabelige metode*:

1. Betingelserne som fænomenet er observeret under skal expliciteres så observationen kan gentages.
2. Der skal foreslås en hypotese som kan forklare de interessante eller overraskende aspekter ved det observerede fænomen.
3. Ud fra hypotesen skal der kunne udledes en forudsigelse om en hændelse som endnu ikke har fundet sted.
4. Man skaber de betingelser, under hvilke hypotesen skal lede til observation af de forudsagte hændelser; og disse betingelser skal også expliciteres.

[1] Hovedtrækkene er gennemgået i det tidligere afsnit om Piaget. I (von Glasersfeld, 1995c) gennemgås begrebet reflekterende abstraktion, med hvilket von Glasersfeld redegør for hvilke kognitive processer et individ bruger til at rekonstruere hans eller hendes begrebsmæssige strukturer.

Det, der gør videnskabelig viden mere pålidelig end hverdagserfaringer, er ikke dens anderledes struktur, men at den er fremkommet på en explicit formuleret og reproducérbar måde.

Pædagogikken i den radikale konstruktivisme er en bredt formuleret hensyntagen til individuel videnskonstruktion:

Hvor træneren udelukkende fokuserer på den trænendes udførelse, må læreren bekymre sig om hvad der sker inde i elevens hoved. Læreren må lytte til eleven, tolke hvad eleven gør og siger, og prøve at opbygge en model af elevens begrebsstruktur. ... . I bestræbelsen på at få en holdbar model af elevens tænkning er det vigtigt, at uanset hvad eleven gør eller siger når han eller hun er i færd med at løse et problem, så må dette betragtes som det der på dette tidspunkt giver mening for eleven. ((von Glasersfeld, 1995a) p.14-15, egen oversættelse)

Dette kræver, at læreren opbygger en atmosfære i klassen, som giver plads til refleksion hos den enkelte. Læreren skal få eleverne til at reflektere over anvendeligheden af deres opfattelser fx ved at opstille betingelser og rettesnore. som eleverne bliver tvunget til at sammenstille med deres egne opfattelser. Herved kan eleverne bringes til at opbygge eller ændre deres begrebsdannelse, så den bliver i bedre overensstemmelse med videnskabeligt anerkendte erfaringer.

Ud over disse meget generelle betragtninger som man på dette niveau kan gøre sig om pædagogisk praksis, lægger den radikale konstruktivisme stor vægt på at motivere eleverne for læring, på at fremme deres egen læreproces:

...the art of teaching has little to do with the traffic of knowledge, its fundamental purpose must be to foster the art of learning (von Glasersfeld 1995a)

Et udsagn som er i god overensstemmelse med Piagets betoning af aktivitet som engagement baseret på motivation.

At viden ses som en individuel, personlig repræsentation af verden kan gøre det umiddelbart svært at forklare, hvorledes man kan opnå en fælles forståelse i større sociale sammenhænge, og det er her de største divergenser mellem den radikale konstruktivisme og forskellige socialkonstruktivistiske retninger findes. De to nærmer sig dog på mange punkter hinanden. von Glasersfeld (1995c) påpeger fx, hvorledes den enkeltes individuelle konstruktion sker på en sådan måde, at den er i overensstemmelse med de socialt accepte-

rede konventioner, således at de sociale sammenhænge er med til at udforme den individuelle konstruktion.

Hvorledes kan den enkelte så fastholde sit verdensbillede og sin identitet frigjort fra omgivelser og socialitet?
Det, som stabiliserer det enkelte menneskes verdensbillede, som bringer struktur og sammenhæng i de løsrevne erfaringsdele, er kombinationen af hukommelse og gentagelse. Vores realitet bygges op af gentagne erfaringer om det samme fænomen, som godt nok er adskilt i tid, men som vores hukommelse kobler sammen som en given ting uafhængig af os selv. Vi får dannet en verden af fænomener, som er der, uanset om vi erfarer den eller ej.

Teorier inspireret af Vygotsky

Disse retninger står alle i gæld til den såkaldte *kulturhistoriske skole* som den er startet med Vygotsky og videreudviklet af Leontiev og Luria. De grundlagde i 1920'erne og 1930'erne en udviklingsteori baseret på tilegnelse af social-symbolsk aktivitet gennem samvær med mere vidende (for børn: voksne). Vejen til individuel (psykologisk) tilegnelse går ifølge denne teori gennem sociale handlinger, og mennesket ses på den ene side som et objekt for de historisk og kulturelt betingede livsvilkår, det fødes ind i, og på den anden side som et subjekt, der samtidig er med til at forme den samme kultur.
Den kulturhistoriske skole blev udformet i kommunismens Rusland og er stærkt præget deraf. Som eksempel på dens ideologiske og teoretiske rødder kan angives et af de mest berømte Marx-citater:

I den samfundsmæssige produktion af deres liv træder menneskene ind i bestemte, nødvendige, af deres vilje uafhængige relationer, produktionsrelationer, som svarer til et bestemt udviklingstrin af deres materielle produktivkræfter. Disse produktionsrelationer danner tilsammen samfundets økonomiske struktur, den reale basis, på hvilken der rejser sig en juridisk og politisk overbygning, og til hvilken der svarer bestemte samfundsmæssige bevidsthedsformer. Den måde, hvorpå det materielle liv produceres, betinger den sociale, politiske og åndelige livsproces overhovedet. Det er ikke menneskenes bevidsthed, der bestemmer deres væren, men omvendt deres samfundsmæssige væren, der bestemmer deres bevidsthed (Karl Marx: Bidrag til kritik af den politiske økonomi, 1859. Fra: Johannes Witt-Hansen: Skrifter i udvalg, Rhodos, København 1974)
(Marx, 1974/1859)

Denne tætte sammenvæven af den samfundsmæssige og den menneskelige udvikling udgør måske derfor i dag en modpol til mere vestligt udviklede teorier med deres enkeltindivid-orienterede udviklingssyn.
Den enkeltes vekselvirkning med omverdenen som konstituerer det dialektiske subjekt-objekt forhold foregår gennem *virksomhed*, arbejde, og teorikomplekset omtales derfor også som *virksomhedsteori*. På grundlag af arbejde ændres mennesket og mennesket ændrer verden og det når herigennem frem til en stadig dybere erkendelse af omverdenen.

Sociokulturel kognition - situeret læring og mesterlære

Denne retning ser læring som havende en stærk sociokulturel dimension og vil ofte betragte læring som kontekstspecifik. Læring er ikke kun en informationsbehandling, men en aktivitet med en for den lærende vigtigt mål. Forskellige forfattere inden for denne retning er ofte stærkt inspireret af Vygotski, som kombinerer en lærerstyret overførsel af kulturelle værdier med den lærendes personligt konstruerede viden.
Den amerikanske antropolog Jean Lave (som dog er lige så inspireret af Dewey som af Vygotsky) har udviklet begrebet *situeret læring* for at understrege, at læring og kognition finder sted i en kontekst, som ikke kun har indflydelse på tænkningen og læringen, men som er bærer af det lærte. Via undersøgelser af en række hverdagssammenhænge (fra skræddere i Liberia til husmødre i USA) viser Lave & Wenger, hvorledes vores kognitive færdigheder er lagret kontekstuelt (Lave & Wenger, 1991). Når almindelige mennesker fx køber ind i et supermarked og skal finde det bedste tilbud mellem et stort udvalg med forskellig pris og kvantitet, så lykkes det i langt de fleste sammenhænge at regne det ud. Men stillet over for det samme problem formuleret som en traditionel regneopgave har de samme personer svært ved at svare korrekt. Altså samme pointe som fremhævet af (Säljö, 1995).
Gennem deres undersøgelser fandt Lave & Wenger, at det at kunne noget ikke lå hos den vidende,

...but in the organization of the community of practice of which the master is part ... (ibid. p.94).

Derfor handler læring om

... the relational character of knowledge and learning, abouth the negotiated character of meaning, and abouth the concerned (engaged, dilemma-driven) nature of learning activity for people involved. That perspective meant that there is no activity that is not situated. (ibid. p.33)

Situeret læring medfører et skift i synet på læreprocesser:

The notion of situated learning now appears to be a transitory concept, a bridge, between a view according to which cognitive processes (and thus learning) are primary and a view according to which social practice is the primary, generative phenomenon, and learning is one of its characteristics. (ibid. p.34)

Lave & Wenger udvikler i forbindelse med teorien om situeret læring også en læringsteorie baseret på *mesterlære.* Læring sker gennem i begyndelsen *perifer deltagelse* i et praksisfællesskab for senere gradvis at ske gennem øget engagement og kompleksitet i arbejdsopgaverne.
(Nielsen & Kvale, 1999), der er stærkt inspireret af Lave & Wenger, opstiller fire hovedaspekter ved denne læringsform:

1. Mesterlære finder sted i et praksisfællesskab. Fra lærlingens i starten legitime perifere deltagelse til at lærlingen efterhånden bliver et fuldgyldigt medlem af den daglige praksis.
2. Mesterlæren indebærer en tilegnelse af faglig identitet.
3. Mesterlære foregår uden formel undervisning. Lærlingen lærer gennem observation og imitation af det arbejde, som mesteren, svendene og de andre lærlinge udfører.
4. Læringen evalueres gennem praksis. Lærlingen oplever, at vurderingen af hans evner finder sted i selve arbejdssituationen, og han får derfor en mere umiddelbar og forståelig feedback.

Umiddelbart virker det, som om man i dette syn på læring reducerer praksis til konkret manipulation af materielle genstande. Hvorimod som tidligere nævnt Piaget understregede, at det centrale ved aktivitet ikke er konkret manipulation med ting, men snarere et engagement i og en refleksion over ens handlen.
Desuden er disse teorier udsprunget af analyser af ikke-skolastiske sammenhænge[1], ofte i tilknytning til produktionslivet, og det kræver store ændringer af skolesystemet at føre dem inden for skolens mure. Hvordan skal man ifølge mesterlæring lære teoretiske, abstrakte begreber, som jo udgør en stor del af gymnasiets læringsindhold? Man skulle desuden tro, at en teori om situeret læring for at tage sig selv alvorligt ikke kan udsige noget generelt om læring (bortset fra at den er situeret), men kun noget om hvordan læring foregår i det konkret behandlede tilfælde. Hvad kan man uddrage om læring af kvantemekanik i det danske gymnasium ved at studere hvorledes liberianske skræddere syr kofter?

Men de kunne måske give en tiltrængt inspiration til fornyelse:

[1] Et ærinde som allerede Barbera Resnick havde med sin kendte artikel *Learning in school and out* fra 1987 (Resnick, 1987).

En øget opmærksomhed på rigdommen af læringsressourcer i naturlige miljøer kan modvirke den institutionalisering af læring, som det moderne uddannelsessystem hviler på. Det står tilbage at analysere forholdet mellem læringsressourcer og læringsformer i skolen, i produktionslivet og i dagligdagen. ((Kvale & Nielsen, 1999; Nielsen & Kvale, 1999) s.256)

Pædagogikken for mesterlæreteorier består i at involvere den lærende i praksissammenhænge, startende med en lærlings simple arbejdsopgaver og sluttende med den udlærtes fulde faglige kompetence[1]. Man kunne måske forestille sig, at man i et astronomiforløb opbyggede et astronomisk observatorium, hvor eleverne fik forskellige roller med læreren som leder?
Grønbæk Hansen (Grønbæk Hansen, 1998) giver en kritik af denne fokuseren på menneskelige praksisfællesskaber. Hun mener, den kan have tendens til idyllisering og manglende kritisk analyse, samtidig med at der er fare for, at man negligerer deltagernes subjektive livshistorie.

Distribueret kognition

Der er ikke langt fra en opfattelse af viden bundet til den sammenhæng, den er opnået i, til også at lade denne viden være en del af selve læringsmiljøet. Med udgangspunkt i virksomhedsteoriens opfattelse, at erkendelse opnås gennem arbejde med artefakter, med genstande uden for en selv, ses viden som spredt ud mellem deltagerne i virksomheden og liggende i artefakterne:

... a clearer understanding of human cognition would be achieved if studies were based on the concept that cognition is distributed among individuals, that knowledge is socially constructed through collaborative efforts to achieve shared objectives in culturel surrandings, and that information is processed between individuals and the tools and artifacts provided by culture.
(Salomon 1993)

Socialkonstruktivisme/tionisme

Ernest 1995 opererer med to socialt orienterede former for konstruktivisme, nemlig socialkonstruktivisme og socialkonstruktionisme, hvor den første ligger tættere på den radikale konstruktivisme end den sidste - der næsten opfattes som dens modsætning.

Socialkonstruktivismen opfatter mennesker (og viden) som formet af såvel mellemmenneskelige som individuelle processer, men prioriterer det individuelle over det sociale. Den individuelle bevidsthed (mind) udvikler sig inden for den socialt konstruerede mening.
Socialkonstruktivismen har ingen metafor for den isolerede individuelle bevidsthed:

[1] Lave&Wenger (1991). Se også Klaus Nielsen 1998.

Instead, the underlying metaphor is that of persons in conversation - persons in meaningful linguistic and extralinguistic interaction and dialogue. Mind is seen a part of a broader context: the "social construction of meaning". (Ernest 1995, p.480)

Læringsmæssigt lægges der derfor vægt på sprogets konstruerende og konstituerende natur samt social interaktion. Dette er en opfattelse som er central i *dialogiske læringsteorier*, der fokuserer på dialogen mellem synspunkter, som den vigtigste vej til konstruktion af mening. Disse teorier vil jeg vende tilbage til i kap. 5.

Socialkonstruktionismen ser derimod bevidstheden (mind) som en indregjort (introjected) social dimension og ser derfor efter bevidsthed og viden i den sociale ageren. Der er således en vis lighed med socialkonstruktionismen og situeret og distribueret læring.

Det socialt orienterede konstruktivismefelt er præget af en vis begrebsforvirring. Mange forskere bruger betegnelsen "constructionism" om socialkonstruktionismen og "constructivism" om den radikale konstruktivisme, og andre kalder socialkonstruktionismen for radikal (i betydningen yderliggående), hvilket absolut intet har med den radikale konstruktivisme at gøre. På dansk bruges ofte socialkonstruktivisme om begge retninger uden at skelne mellem, om man refererer til en social konstruktivisme eller til socialkonstruktionismen. En sådan distinktion er imidlertid vigtig, idet modsætningerne mellem socialkonstruktionismen og den radikale konstruktivisme (sammen med de øvrige konstruktivismeteorier) har udviklet sig til en såkaldt "science war" i USA. Baggrunden herfor er de to teoriers forskellige *ontologiske grundsyn.*

Socialkonstruktivismen har i manges tolkninger en (sofistikeret) realistisk ontologi, idet den mener, at der er en verden uden for os, som ligger bag de erfaringer, vi deler, men vi har ingen absolut sikker viden om den. Så verden er der, selv om vores opfattelse af den og viden om den er socialt konstrueret:
I modsætning hertil mener socialkonstruktionismen, at verden er en social realitet, skabt af mennesker. Finn Collin 1999 illustrerer dette således (Collin, 1999)(s. 8f):

1. Den traditionelle empirisme antager, at det er den fysiske virkelighed, som bestemmer indholdet af vores teorier om den. Teorierne/hypoteserne testes via eksperimenter:

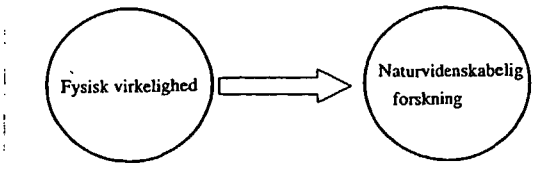


fig 3.6 (kilde: Collin, 1999)

2. Socialkonstruktivismen påpeger, at der altid vil være en række sociale/samfundsmæssige interesser, der påvirker hvilke hypoteser, der nyder fremme. Der er således en empistemologisk forskel på socialkonstruktivismen og empirismen. Naturvidenskabernes indhold bestemmes af faktorer i den sociale virkelighed:

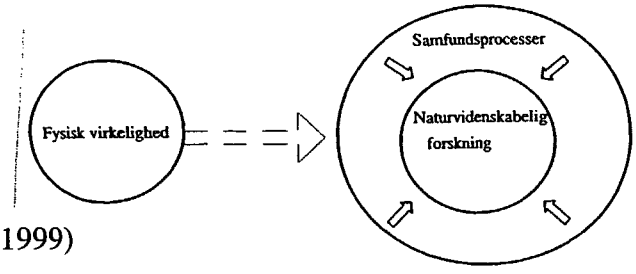


fig.3.7 (kilde: Collin, 1999)

3. Socialkonstruktionismen[1] går et skridt videre og hævder, at selve den fysiske virkelighed er konstitueret af den videnskabelige erkendelsesproces:

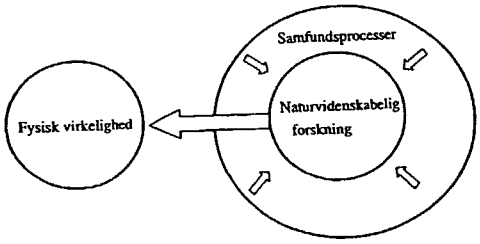


fig.3.8 (kilde: Collin, 1999)

Collins tillægger socialkonstruktionismen en vis gyldighed på den sociale virkelighed, mens han mener, den er fejlagtig inden for den fysiske virkelighed (men den har her givet anledning til den omtalte science war). Der er imidlertid aspekter af socialkonstruktionismen, der er læringsmæssig interessante (og læringsteori er jo også en del af den sociale virkelighed), og da den samtidig repræsenterer den "yderste" Vygotsky-inspirerede position, vil jeg gennemgå den noget grundigere.

Kenneth J. Gergen definerer sig som socialkonstruktionist og anses af mange for dens vigtigste repræsentant. Han tager udgangspunkt i vidensbegrebet som det centrale for at fastlægge en uddannelsesmæssig praksis. Han skelner mellem to forskellige opfattelser af viden: *exogen* (eller omverdenscentreret) og *endogen* (eller bevidsthedscentreret) (Gergen, 1995). Den exogene tradition er baseret på den empiristiske dualisme mellem en ydre, materiel realitet og en psykisk, kognitiv, subjektiv verden. Viden i denne tradition opnås, når individets indre tilstand reflekterer den reelle ydre verden. Altså meget lige som den tidligere omtalte trivielle empirisme. Men også den endogene tradition er ifølge Ernest dualistisk. Begge traditioner tager nemlig udgangspunkt i den opfattelse, at bevidstheden og verden er adskilte størrelser, og at viden er en mental, indre tilstand. Men i modsætning til den exogent orienteredes fokus på, hvordan omgivelserne kommer ind i og repræsenteres i

[1] For at bidrage til den almindelige forvirring benævner Collin disse socialkonstruktionister *visse socialkonstruktivister.*

bevidstheden, ofte med "det tomme kar" - metafor for eleven, vil den endogent orienterede koncentrere sig om de indre processer i individet. De centrale spørgsmål er: Hvorledes foregår logisk tænkning, hvorledes sker begrebsopbygningen, hvorledes kan man stimulere de intellektuelle processer i eleven? osv. Der synes således at være stor overensstemmelse mellem hvad Gergen kalder endogene opfattelser af viden og den radikale konstruktivisme.
Socialkonstruktivismen forsøger at bygge bro mellem disse to traditioner, der op gennem historen har stået over for hinanden[1]:

In its radical form, social constructionism does not commence with the external world as its fundamental concern (as in the exogenic case) or with the individuel mind (as endogenecists would have it), but with language. (Gergen 1995, s.23)

Socialkonstruktivismens udgangspunkt er altså sproget, og det er det ud fra en pragmatisk erkendelse af, at hele vores kulturs akkumulation af viden er opbevaret i sproglig form: Bøger, artikler, dokumenter. Desuden udveksles viden også altovervejende ved hjælp af sproget: Foredrag, diskussioner mm. Man kan med en vis ret påpege, at der her kun opereres med intellektuel viden, og der således ikke medtages den viden der er gemt i kroppen, følelserne mm. Men da vores undervisningssystem jo altovervejende beskæftiger sig med intellektuel viden, er det vel en rimelig indskrænkning.
Sproget har også en særstilling, idet det er gennem sproget sandheden fastsættes, ikke fordi der er noget ved ordene i sig selv, deres lingvistiske opbygning, deres afspejling af en virkelighed el.lign., der berettiger hertil, men fordi mennesker bliver enige om det:

... all that we take to be the case - our propositional representations of everything from physics to psychology, geography to government - gain their legitimacy not by virtue of their capacities to map or picture the world, but through processes of social interchange. (Gergen 1995, s.24)

Dette generelle udsagn uddyber Gergen med tre punkter:

1. Sproglig mening opnås gennem indbyrdes afhængighed.
Gergen tager her afstand fra det synspunkt at sproglig mening er subjektiv, altså noget den enkelte danner alene. Tværtimod opstår den sproglige mening i et samarbejde mellem to eller flere. Og meningen ligger her, aflejret i det fælles rum. Denne opprioritering af fællesskabet, samarbejdet, dialogen, forhandlingen, konflikterne osv. ligger tæt op ad Vygotskys tanker. Men hvor socialkonstruktionismen ser på disse sociale processer på et mikrosocialt niveau som det centrale, det egentlige, vil Vygotsky, i Gergens fortolkning, se

[1] Med navne som Aristoteles, Locke, Hume repræsenterende den exogene tradition, og navne som Platon, Lescartes, Leibniz, Kant repræsenterende den endogene tradition.

dem som noget, der skal forklares ved hjælp af eller som udtryk for psykologiske processer inden i personerne. Herved gøres det sociale til noget sekundært, noget der bare er et rum for det egentlige, nemlig de individuelle, kognitive processer[1]. Et synspunkt der ligger tæt op ad den radikale konstruktivisme.

2. Sprogets mening er kontekstafhængig.

I den traditionelle kognitivt orienterede opfattelse af viden og mening som en slags mental repræsentation lægges der, uanset hvor megen individuel tolkning den er udtryk for, vægt på repræsentationens overførbarhed til andre sammenhænge. Det er sådan set hele formålet med den formale logik, at kunne generalisere, at kunne hæve over sig over det konkrete for at finde det almene. Skemaerne/begreberne bliver almengyldige, universelle, kontekstuafhængige.

Hvis meningen i stedet for at ligge i individets bevidsthed ligger i sproget, må den også bindes til den sammenhæng hvori sproget er vokset frem, fordi sproget struktur og ordvalg om bestemte fænomener er bestemt af de sammenhænge, de er sagt i. Vi har selvfølgelig nogle vedtagne konventioner, som gør det muligt at kommunikere om de fleste hverdagsfænomener, men egentlig forståelse kræver præcisering af omstændigheder og relationer. Sproget bliver i vid udstrækning brugt kontekstafhængigt, og dermed bliver mening og forståelse også kontekstafhængig.

3. Sprog tjener primært et fælles formål.

Dette punkt omhandler sprogets status som autoritet eller "sandhed", hvilken "magt" der ligger i sproget. Socialkonstruktionismen ser ikke sproget i sig selv som bærer af en sandhed. Da man ikke af ordene og sætningerne kan se hvilke omstændigheder de er udviklet under (med mindre sætningerne eksplicit fortæller dette), kan de normalt ikke bære viden fra en person eller kontekst til en anden. Så "autoritative" udsagn fra eksperter, videnskabsfolks sandheder osv. skal ses som indsigter udviklet i bestemte sammenhænge og med bestemte formål snarere end eviggyldige, absolutte sandheder. Det betyder ikke nødvendigvis, at man ikke skal tro på videnskabelige udsagn, men at det netop ofte er et trosspørgsmål, og at egentlig viden om emnet først opnås, når man indgår i nogle kommunikative sammenhænge om det.

Derimod kan sproget være med til at opretholde relationer. Gennem sproget udvikles fælles opfattelser ofte via afprøvning af, hvorledes individuelle udsagn modtages i det fælles samtalerum. Det er interessant, hvorledes antropologiske studier har vist, at selv inden for "hårde" naturvidenskabelige områder, fx acceleratorfysik ved CERN, dannes viden/sandheder ikke udelukkende på bagrund af objektive kendsgerninger, men i høj grad via sproglige bearbejdninger af tidligere udsagn (der selvfølgelig er baserede på observati-

[1] Vygotskis "zone for den nære udvikling" fremhæves som et eksempel herpå. Vygotski udvikler dette begreb som et mentalt rum for (individuel) kognitiv udvikling.

oner som fx boblebilleder) uden at der er fremkommet nye "artefacts". Det lokale videnskabelige samfund bekræfter hinanden i, hvad der er sandt gennem omfattende dialogiske processer[1]. Antropologerne Latour og Woolgar studerede et forskningslaboratorium med dets "stammer af videnskabsmænd" for at se hvorledes videnskab blev produceret. De konkluderede (Latour & Woolgar, 1986)(p. 236-237):

... statements are constantly modalised and demodalised in the course of conversations at the laboratory bench. Argument between scientists transform some statements into figments of one's subjective imagination, and others into facts of nature.

...

By observing artefact construction, we showed that reality was the consequence of the settlement of a dispute rather than its cause.

...

... if reality is the consequence rather than the cause of this construction, this means that a scientist's activity is directed, not toward "reality", but toward these operations on statements.

Den socialkonstruktionistiske metafor for viden er i overensstemmelse hermed tæt knyttet til samtalen, dialogen:

On the most abstract level, we might say that what we count as knowledge are temporary locations in dialogic space - samples of discource that are accorded status as "knowledgeable tellings" on given occasions. (Gergen 1995, p. 30)

Dette betyder dog ikke, at viden ikke kan eksistere som en størrelse uafhængig af os, vi vil blot hver især danne vores egne billeder af den, vores egen forståelse, som på sin vis altid vil være ufuldstændig og tilpasset de sammenhænge, vi er i.
Dette kan sammenholdes med begreberne "shared meaning" eller det tidligere omtalte "distributed cognition"[2].

Pædagogiske konsekvenser af socialt orienterede konstruktivismeteorier

Det er vigtigt at bemærke, hvorledes det at flytte opfattelsen af viden ud fra individers hoveder og ud i en fælles udveksling mellem individerne samtidig forskubber elev/lærerforholdet. Den individualiserede vidensopfattelse indebærer et skel mellem den vidende lærer og den uvidende elev, hvilket let anbringer eleven i en objektposition, et mål for lærerens undervisning. Den socialkonstruktivistiske/tionistiske opfattelse af viden, som

[1] Se fx (Merton, 1973).
[2] (Edwards & Mercer, 1987) gennemgår disse begreber og hvorledes de dannes i klasserummet.

noget der opstår mellem deltagerne i undervisningsprocessen, indsætter eleverne som subjekter i læreprocessen, ikke nødvendigvis på lige (eller snarere samme) fod som læreren, men som subjekter der skal være med til at frembringe den viden, der skal læres. Alle får et fælles ansvar for at den ønskede viden opstår, og lærerens rolle ændres fra en alvidende autoritet til en person, der skal være i stand til at inddrage eleverne i en dialog, som kan få dem med i den fælles vidensopbygning. Læreren har selvfølgelig som oftest en større viden end eleverne, opnået gennem de læreprocesser og forberedelser læreren har været igennem, men det er lærerens egen viden, opnået i en anden sammenhæng end den fælles undervisningssituation, og for at der skal opstå en fælles viden, er det ikke nok, at læreren autoritativt fortæller sin viden, eller at eleverne individuelt prøver at tilegne sig den samme indsigt som læreren. Der skal opbygges et fælles rum. Specielt hvad angår mesterlæring, skal der udvikles et praksisfællesskab. Under alle omstændigheder vil det betyde et skift i lærerrollen i retning af læreren som koordinator og rådgiver, den som kan fremme dialogen og holde den i gang, som mestrer gruppeprocesser, kan samle trådene, give plads til at alle kommer til orde, henvise til nyttig information, osv.

De mest generelle anvisninger på en socialkonstruktivistisk orienteret pædagogik, der kan udledes af disse synspunkter, er en påpegning af vigtigheden af at fremme dialogiske proceser i undervisningen.
Den russiske forsker Michail Bakhtin har udviklet et begrebsapparat om disse dialogiske processer og hvilke former for sprog der fremmer og hæmmer en dialog og dermed en læreproces. Dette vil blive gennemgået i kap. 5.

PERSONLIG ELLLER SOCIAL KONSTRUKTION?

Den foregående fremstilling har trukket en række modsætninger op, især mellem yderpunkter repræsenteret af hhv. radikal- og socialkonstruktivismen, men også peget på nogle ligheder. Begge retninger lægger vægt på processer, og begge taler om strukturer og netværk, som konstrueres.

Forskellen mellem den radikale konstruktivisme med dens traditionelle Piaget-fortolkning og den sociale konstruktivisme i en traditionel Vygotsky-fortolkning mener jeg mest er af *epistemologisk* art – de har forskellig opfattelse af hvordan mennesker erkender. Traditionelle Piaget-konstruktivister som von Glasersfeld ser det som en individuel, kognitiv proces, nærmest at sammenligne med en biologisk udvikling, der har til formål at opbygge indre, mentale repræsentationer, hvis hensigtsmæssighed skal vurderes i forhold til deres evne til at matche konkrete erfaringer. Vygotsky-skolerne ser erkendelse som det at kunne handle i og skabe mening i den kultur man er en del af.

Inden for de Vygotsky-inspirerede læringsteoretikere opfatter jeg skellene som værende primært af *ontologisk* art – de tillægger det lærte forskellig status. Socialkonstruk*tivismen* vil med sin materialistiske forankring sætte lighedstegn mellem det lærte og den verden, der skal læres om. Det handler om at blive en del af den kultur, man er i (dvs. skal lære). I virksomhedsteoretiske vendinger kan det udtrykkes:

... når barnet tilegner sig kulturformerne, så udfører det en virksomhed i relation til dem, der på den ene eller anden måde svarer til den menneskelige virksomhed, der historisk blev fikseret og legemliggjort i dem. ((Davydov, 1989) s.100)

Menneskets virksomhed formidler således forbindelsen mellem den ydre virkelighed og menneskets bevidsthed, så denne virksomhed som udtryk for det lærte så at sige er en personificeret manifestation af denne materielle virkelighed og derfor uadskillelig fra den.
Socialkonstruk*tionismen,* som fx Gergen formulerer den, ser læring som en social handling med vægt på de dialoger hvorigennem man taler sig til en fælles forståelse af verden[1], og denne fælles forståelse *er* verden. Det giver ikke mening at tale om en virkelighed uden for denne sociale konstruktion.
Disse ontologiske forskelle og deres undervisningsmæssige konsekvenser vil jeg ikke gå mere ind på lige her, men koncentrere mig om de forskelle, der er på et (traditionelt) Piaget-perspektiv og et Vygotsky-perspektiv på læring. Vi står tydeligvis med et piagetsk verdensbillede over for et vygotskysk, eller med hvad jeg vil kalde et *mentalistisk* læringssyn over for et *sociokulturelt* syn på læring.
Jeg har i det følgende skema samlet de to tilganges syn på en række læringsmæssige forhold:

[1] Dette kunne der godt afføde nogle moralske/etiske overvejelser. Skal moralen/etikken i sidste ende afhænge af individet, så det er individet der sidder med det endelige ansvar, eller skal det være nogle grupper der skal beslutte hvilke værdier vi skal følge? Måske kan den radikale konstruktivisme i dette perspektiv sammenlignes med eksistentialismen?

TO GRUNDSYN PÅ LÆRING

	MENTALISTISK perspektiv	SOCIOKULTURELT perspektiv
Læringens/udviklingens endemål	Evne til formal-logisk tænkning	Beherskelse af kulturelle symboler og strukturer
Pædagogiske grund - spørgsmål	Hvordan udvikler vi formal-logiske evner?	Hvordan tilegner vi os vores kultur?
Læringssyn	Individuelt, kognitivt	Socialt, kulturhistorisk
Viden ses som	Kognitive skemaer	Betydningsskabelse formet af kulturen
Vidensudvikling	Individuel →social	Social →individuel
Tilgang til verden	Logisk-deduktiv	Narrativ
Pædagogisk praksis	Hensyntagen til individuel videnskonstruktion	Opbygning af sociale processer

Udviklingen i børns viden og tænkning ses hos Piaget som en bevægelse fra det individuelle til det sociale, i modsætning til Vygotskys internalisering af det sociale:

For Vygotsky giver fælles tænkning lejlighed til at deltage i en fælles beslutningstagen, hvoraf børn kan lære noget til senere brug. For Piaget implicerer mødet mellem to sjæle, at to adskilte individer hver især opererer med den andens ideer og bruger diskussionen frem og tilbage til fremme af sin egen udvikling ... (Man kan modstille) intersubjektivitet som en proces, der for Vygotsky foregår mellem to personer, med tagen den andens perspektiv eller decentralisering som individuelle processer, der iflg. Piaget arbejder med informationer, der er fremkommet socialt. ((Rogoff, 1990) p.149)

Ved en hurtig betragtning ses i det mentalistiske perspektiv primært det individuelle uden at tage hensyn til de sociale sammenhænge, hvorimod et sociokulturelt perspektiv primært fokuserer på de sociale sammenhænge uden skelen til individets kognitive processer.

Billedet bliver imidlertid mere komplekst, når man inddrager flere forskere, og når man læser, hvorledes de her nævnte udtaler sig i forskellige sammenhænge.
Von Glasersfeld (1995c) påpeger hvorledes Piaget understreger at den enkeltes individuelle konstruktion sker på en sådan måde, at den er i overensstemmelse med de socialt accepterede konventioner, således at de sociale sammenhænge er med til at udforme den individuelle konstruktion.
På den anden side må socialkonstruktivismen og de kulturhistoriske skoler inddrage de individuelle processer. Deres opfattelse, at viden ligger uden for individet, virker utilfredsstillende. Gergens forsøg på at gøre op med dualismen mellem exogene og endogene vidensbegreber ser ud til i samme omgang at få subjektet til at forsvinde. Det er klart, at de sociale og andre sammenhænge, hvorunder viden dannes, præger denne viden og kan være med til at bestemme under hvilke omstændigheder, en erhvervet viden kan anvendes. Det, at elever i vid udstrækning bibeholder deres (fejlagtige) hverdagsopfattelser efter at være blevet undervist i det videnskabeligt korrekte synspunkt, er vel et udtryk herfor. Men hjerneforskning i forbindelse med læreprocesser, som må siges at være en udpræget individuel tilgang til læringsteori, dokumenterer, at der ved en videnstilegnelse *sker* materielle ændringer i hjernen. Så selv viden tilegnet under sociale sammenhænge er i et eller andet omfang lokaliseret individuelt.

Et vigtigt aspekt af denne diskussion er holdningen til sproget som værende primært individuelt eller socialt. Dette tages op i kap. 5.

PROBLEMER OG UDFORDRINGER I KONSTRUKTIVISMEN

Konstruktivismen er både en teori om erkendelse og om læring. Den beskæftiger sig med, hvordan vores bevidsted dannes og udvikles, og den beskæftiger sig med, hvordan vi lærer. For alle konstruktivistisk orienterede forskere er der en tæt sammenhæng mellem erkendelsesteorien og læringsteorien i deres konstruktivismeopfattelse. Ikke så underligt. Med en bestemt opfattelse af, hvordan mennesker erkender sin omverden, og hvordan forholdet er mellem menneske og omverden, vil der naturligt kunne udledes en holdning til, hvorledes denne erkendelse - og dermed hvordan læring - sker bedst. Ikke sådan at der er en simpel sammenhæng, det er snarere muligt at udlede nogle generelle retningslinier. Men der kan være langt fra disse almene overvejelser og til den konkrete tilrettelæggelse af undervisningen. Hvilket på sin vis også er en styrke og en positiv udfordring. Der er ingen dogmatiske grundsætninger, men en opfordring til at afprøve nogle muligheder og afsøge et felt ud fra nogle grundholdninger.

Jeg har kritiseret nogle af de grundlæggende ideer i Piagets arbejder. Mange af disse kritikpunkter har udgjort grundlaget i udviklingen af nogle af de senere fremkomne konstruktivismeteorier med vægt på sociokulturelle grundholdninger. Som tidligere nævnt kan denne modstilling dog godt grave dybere grøfter, end der er belæg (og behov!) for i praksis. Rogoff 1990 opstiller således følgende skema over forskellige læringssituationer, hvor hun påpeger at Piaget og Vygotsky primært arbejder med hver deres af disse situationer:

	Uformel situation	**Formel situation**
Eleven alene	1. Undersøger, afprøver, øver sig mv. på egen hånd	2. Lektielæsning
Eleven sammen med kammerater	3. Undersøger, afprøver, øver sig sammen og *på lige fod*	4. Emnearbejde eller projektarbejde *i gruppe*. Planlagt og vejledt af lærer.
Eleven sammen med lærer	5. *Vejledt deltagelse*. Eleven er med i den voksnes aktivitet og får instruktion og forklaringer hen ad vejen	6. *Undervisning* eller instruktion

Hvor Vygotsky ifølge Rogoff især fremhæver betydningen af mere eller mindre formel undervisning (felt 6 og evt. felt 5), er Piaget mest optaget af samspillet med jævnaldrene (felt 3).
Det er for øvrigt interessant, hvorledes ovenstående opdeling kan ses som en forfining af Erling Peterssons tre læringsrum (Petersson, 1995) omtalt i kapitel 2.

Et fælles problem af teoretisk og undervisningsmæssig art er dog, hvorledes man skaber sammenhæng mellem de begreber, eleverne konstruerer, og de af den videnskabelige verden anerkendte. Ved enhver videnskonstruktion, som eleverne foretager, hvad enten det foregår individuelt eller socialt, er der ingen garanti for, at de ender "det rigtige sted", og især i megen naturvidenskab er det vigtigt at forstå begreber og sammenhænge præcist. Ofte har det taget videnskaben århundreder at rendyrke et begreb eller den mest frugtbare tilgang, og det er højst usandsynligt at elever på egen hånd vil kunne gå bare noget af vejen alene. Det er der nok heller ingen konstruktivistisk orienterede lærere, der mener. Man ender derfor i det praksisrelaterede dilemma mellem hvordan man på den ene side støtter elevernes egen konstruktion uden at fortælle hele sandheden (hvilket ville kunne få eleverne - og læreren - til at tro at de har forstået og lært det sagte), og på den anden side ikke

ender i en progressivistisk blindgyde, hvor man ikke giver eleverne faglige input, men efterlader dem i et fagligt tomrum. Eller måske er det snarere et spørgsmål om hvornår, man skal fortælle eleverne hvad.
Michael Matthews udtrykker det således:

... hvorledes underviser man ud fra konstruktivistiske principper i et naturvidenskabeligt område som for en stor dels vedkommende er abstrakt (ved brug af betegnelser som acceleration, kraft, gener), som er fjernt fra erfaringer (atomstruktur, celleprocesser, astronomiske hændelser), som ikke har nogle forbindelser til ens eget begrebsapparat (virus, evolution), og som er fjernt fra sund fornuft og i konflikt med hverdagsforventninger og -begreber ?
((Matthews, 1994a) egen oversættelse)

Jeg vil i kap. 5 og store dele af del III give nogle bud på dette grundlæggende spørgsmål. Her vil jeg blot pointere, at det ikke kun er et spørgsmål om kognition, men ligeså meget et spørgsmål om *motivation* og om pædagogisk tilrettelæggelse. Der forudsættes i konstruktivismen at subjektet besidder *intentionalitet*[1] eller målrettethed, hvilket kan være meget andet end et ønske om at lære fysik om torsdagen i 3. time. Manglende motivation og intentionalitet er naturligvis ikke kun et problem for de konstruktivistiske teoridannelser, men generelt for undervisning i et struktureret skolesystem. Men i en undervisning, som er baseret på elevernes aktive deltagelse, bliver problemet naturligt nok mere synligt og behovet for at løse det helt centralt. I kapitel 10 diskuterer jeg grundigere forholdet mellem motivation og læring.
Problemet bliver i en vis forstand flyttet fra elevernes personlige egenskaber til i lige så høj grad at handle om fagets indhold og struktur og fagets relationer til eleverne.
Pædagogiske og fagdidaktiske overvejelser bliver centrale.

PÆDAGOGISKE/DIDAKTISKE KONSEKVENSER AF ET KONSTRUKTIVISTISK GRUNDSYN

Hvilke konsekvenser kan der af det foregående uddrages hvad angår den naturvidenskabelige undervisnings tilrettelæggelse og indhold? Nogle er allerede nævnt, og jeg vil her kort koble nogle af konstruktivismens problemer og udsagn med de mulige praktiske konsekvenser for undervisningen. Til sidst vil jeg give en oversigt over tre undervisningssystemer, som arbejder ud fra et konstruktivistisk perspektiv.

[1] Latin Intendo: 2) a) anspænder, anstrenger, b) bestræber mig for udførelsen af noget. Latinsk-dansk ordbog, Gyldendal, København 1955.

Som tidligere understreget er der ikke nogen enkel sammenhæng mellem et konstruktivistisk læringssyn og undervisningens praktiske gennemførelse. Konstruktivismen er en fællesbetegnelse for en række meget forskellige teorier om læring og ikke om undervisning, så der er mange måder at gennemføre en konstruktivistisk baseret undervisning på. Elever lærte fysik også før konstruktivismen slog igennem i forskningskredse, så undervisning ud fra andre grundsyn kan også sætte en læreproces i gang. Når mange føler et behov for ændringer, skyldes det nok, at det var for få, der lærte noget, og det, de lærte, i for høj grad var baseret på reproduktion af udvendig viden. Samtidig har det ændrede elevgrundlag nødvendiggjort et opgør med tidligere tiders undervisning.

Der er alligevel på tværs af alle retninger nogle fælles træk, ud fra hvilke man kan udlede nogle retningslinier for undervisning.

Som et eksempel kan nævnes (Brooks & Brooks, 1993), der opstiller fem principper for konstruktivistisk undervisning:

1. Stil problemer der er af relevans for eleverne.
2. Opbyg undervisningen om nogle centrale begreber.
3. Hør på elevernes synspunkter.
4. Tilpas pensum til elevernes forudsætninger og begrebsapparat.
5. Vurdér elevernes udbytte af undervisningen løbende i undervisningen.

Mange andre har udarbejdet lignende lister.
Det amerikanske National Science Education Standards (Council, 1996) opstiller følgende skemaer for ønskede ændringer i henholdsvis lærerens undervisningsform og det faglige indhold (egen oversættelse):

Lærerne bør arbejde hen mod følgende ændringer i deres måde at undervise på:

Mindre vægt på at	**Mere vægt på at**
behandle alle elever ens og grupper som en helhed	forstå og forholde sig til individuelle elevers interesser, styrker, erfaringer og behov
følge pensum stramt	udvælge og tilpasse pensum
fokusere på elevers tilegnelse af information	fokusere på elevers forståelse og brug af videnskabelig viden, ideer og spørgemeto-

	der
præsentere videnskabelig viden via foredrag, tekst og demonstration	vejlede eleverne i aktiv og udfoldet videnskabelig undersøgelse
spørge om gentagelse af tilegnet viden	giv mulighed for videnskabelige diskussioner mellem eleverne
teste elever for opnået faktuel viden efter hver enhed eller kapitel	kontinuert vurdere elevernes forståelse
støtte konkurrence	støtte en klasserumskultur med samarbejde, fælles ansvarlighed og respekt
opretholde autoritet og ansvar	dele ansvaret for læreprocessen med eleverne
arbejde alene	arbejde med andre lærere for at forbedre den naturvidenskabelige undervisning

Indholdet i pensum og undervisningen bør ændre sig i følgende retning:

Mindre vægt på at	**Mere vægt på at**
vide facts og informationer	forstå videnskabelige begreber og udvikle evner til at stille og besvare spørgsmål
studere fagdiscipliner for deres egen skyld	lære det faglige stof i sammenhænge som er undersøgende, teknologiorienteret, personligt og samfundsmæssigt perspektiveret, historisk og videnskabshistorisk relateret
adskille videnskabelig viden og videnskabelige processer	integrere alle aspekter af videnskaben

dække mange videnskabelige emner	studere nogle få fundamentale videnskabelige begreber
indføre spørgsmål som et sæt arbejdsopgaver	indføre spørgsmål som læringsstrategier der skal læres

Selvom sådanne oversigter er stærkt normative, kan de godt danne udgangspunkt for en diskussion af, hvordan praksis kan tilrettelægges, så elevernes læreprocesser og holdning til faget bliver i større overensstemmelse med de konstruktivistiske grundideer.
Det er interessant hvorledes sådanne nationale udviklingsprogrammer, som det ovenstående amerikanske, samtidig med at de fremmer en konstruktivistisk læreproces *også* udvikler elevernes *dannelse*. Der kan langt hen ad vejen argumenteres for at en konstruktivistisk tilrettelagt undervisning er med til fremme *scientific literacy*[1]. Hele dannelsesaspektet tages op i kapitel 11.

Nedenfor er forsøgt konkretiseret nogle ideer til undervisning, der tager afsæt i en konstruktivistisk grundopfattelse.

Konstruktivismen tager udgangpunkt i den eksisterende viden

Elevernes forkundskaber inden for det emne, man skal arbejde med, er vigtigt at få klargjort både for læreren og for eleverne selv. De er lærerens rettesnor for på hvilket fagligt niveau, der skal startes, og for hvilken faglig spredning, der er i klassen, og de er for eleverne den motiverende indgang til stoffet. Forkundskaberne kan fx ekspliciteres gennem almindelig samtale, ved individuel skrivning eller ved gruppediskussioner. I skoleårene 1998/99 blev der på 9 gymnasier som forsøg gennemført en såkaldt *screening* af elevernes indgangsforudsætninger i fysik (Undervisningsministeriet, 1999). Der blev hertil udviklet et testmateriale som kan give både lærer og elever nyttig viden om styrker og svagheder[2].
Som en del af forkundskaberne er det godt at have kendskab til elevernes alternative opfattelser i forhold til den accepterede naturvidenskabelige viden. De viser hvilke opfattelser, der skal tages højde for, og evt. udgangspunkt i, i de diskussioner og øvelser, læreren forbereder. De er også vigtige at bevidstgøre eleverne om for at kunne forholde sig til parallellisme, det forhold at de videnskabeligt korrekte begreber læres sideløbende med de oprindelige, der så fortsat bruges i hverdagssammenhænge. Således påpeger en række forskere det nytteløse i at udskifte de indarbejdede hverdagsopfattelser og anbefaler, at eleverne

[1] Se fx (Dolin, 2000).
2 Det er vigtigt at gøre opmærksom på at sådanne screeninger også kan misbruges til at slå eleverne i hovedet med deres uvidenhed.

snarere lærer at mestre flere sæt begreber for det samme fænomen (se fx (Mortimer, 1995). Andre opfatter det som dialoger inden for forskellige dialogiske rum (fx (Boulter & Gilbert, 1995) i kap. 5) og atter andre som forskellige kulturer der mødes (Aikenhead, 1996; Cobern & Aikenhead, 1998).

Viden er en aktiv personlig og/eller social konstruktion

At videnstilegnelsen er en aktiv proces understreger nødvendigheden af at tvinge eleverne til at tænke, til at reflektere over de problemer, fænomener, begreber der skal læres. Det er ikke læreren, der skal komme med konklusionerne, det er eleverne. Denne grundholdning må gennemsyre undervisningen, såvel øvelser som klasse- og gruppediskussioner. Og det er lettere sagt end gjort. Ofte er tiden knap, og desuden kan læreren sige det bedre end de fleste elever. Desuden vil mange elever være mere tilfredse med, at læreren er mest på banen. Det kan skyldes dovenskab eller en misforstået opfattelse af, at man får mere ud af at høre læreren sige det rigtige end selv at forsøge nogle ufuldkomne formuleringer. Så man kan som lærer være oppe mod både elevernes opfattelse af hvordan læring foregår (måske fremkommet gennem et langt elevlivs erfaringer) og mod de rammer som skolesystemet opstiller. Særlig i forhold til tryghedsorienterede elever kan dette være tilfældet.
Samtidig er det ikke kun et spørgsmål om at få eleverne til at sige noget. Man må som lærer sikre sig, at de bringes i situationer, som muliggør fagligt relevante overvejelser, og man må have og udvikle pædagogiske redskaber, som sætter eleverne i stand til at komme videre fra utilstrækkelige eller fejlagtige opfattelser.
Men heldigvis har mange gjort erfaringer, som man kan trække på[1]. Som eksempler kan nævnes:

Ved *øvelsestilrettelæggelsen* kan man, trinvist, gå bort fra de såkaldte kogebogsøvelser til mere selvformulerede øvelser og øvelser med flere frihedsgrader (Thomsen, 1993).
Man kan arbejde med den *skriftlige dimension* både i almindelige opgaver og øvelsesrapporter på en måde som fremmer refleksion. Det kan gøres via den måde, man som lærer retter det skriftlige arbejde, og ved at arbejde med andre opgavetyper som fx begrebskort, predict/observe/explain, mm[2].
Man kan anvende *evalueringsformer* som er mere formative end summative (se fx (Tamir, 1998)), og som i lige så høj grad er selvevaluering som lærerevaluering.
Man kan søge at mindske fagets *kønspolariserende effekt*, hvilket utvivlsom også vil gavne mange drenges tilegnelse af fysik (Beyer, Blegaa, Olsen, Reich, & Vedelsby, 1988).
Endelig er det vigtigt at udvikle en *diskussionskultur* i klasserummet såvel mellem lærer og elever som mellem eleverne indbyrdes, samt en arbejdsform som muliggør lærerstøtte, uden det sker på bekostning af elevernes selvstændige arbejde. Vygotsky har som tidligere

[1] Se fx (Nielsen, 1992) 1992.
[2] Se fx (Dolin & Ingerslev, 1994) og det senere omtalte PEEL-projekt.

nævnt udviklet begrebet *zonen for den nærmeste udvikling*, som han definerer som afstanden mellem det aktuelle udviklingstrin bestemt ved selvstændig problemløsning og det udviklingstrin eleven kan komme frem til gennem problemløsning under voksen vejledning eller gennem samarbejde med dygtigere kammerater. Ved at arbejde i zonen for nærmeste udvikling lægger man mere vægt på elevernes potentielle udviklingsmuligheder end på deres faglige mangler. Læreren støtter eleverne i at kunne mestre mere komplekse opgaver, end deres aktuelle videns- og færdighedsniveau ellers ville tillade. Et centralt begreb er her *stilladsering*, som udtryk for hvorledes læreren kan støtte elevers videnskonstruktion. Disse begreber udfoldes mere i kap. 5.

Læring er ikke kun et spørgsmål om kognition

Uanset hvilken vægt man lægger på individuelle, sociale eller kulturelle aspekter af læreprocesen, er læring mere end en ren kognitiv aktivitet. Den enkelte elev skal rette sin opmærksomhed mod den faglige aktivitet for selv at kunne være aktiv, der skal opbygges et miljø, hvori læringen kan foregå, og den enkelte elev og elevgruppe skal kunne styre deres læringsaktiviteter.

Karin Beyer har betonet vigtigheden af at inddrage de såkaldte *affektive faktorer*, følelserne, holdningerne mm, i undervisningen for at fremme motivation og kognition (Beyer, 1992). Dette aspekt af undervisningen er grundigere behandlet i kapitel 10.

Man kan generelt arbejde med at opøve elevernes (og sin egen) *metakognition* ved bevidst at fokusere på, hvorledes læreprocessen er forløber[1].

Naturvidenskaben er selv en (ofte social) konstruktion

Noget af det, der adskiller forskellige konstruktivismeretninger, er ontologien, dvs. den status de giver det lærte. Det kan synes irrelevant og alt for avanceret at inddrage sådanne aspekter i den gymnasiale fysikundervisning. Men jeg tror tværtimod at en eksplicit inddragelse af fysikkens filosofiske grundlag, dens forklaringsmetode, forklaringernes styrke og begrænsninger mm. kan fungere afmystificerende og motiverende. Det kan placere fysikfaget i den samlede gymnasieundervisning og i elevernes eget udviklingsprojekt, således at faget får en egentlig dannende effekt. Det behøver ikke foregå via læsning af filosofiske skrifter, men nok så meget som en holdning til faget.

Undervisningen må tilrettelægges, så eleverne ikke får opfattelsen af, at det, de skal lære, er en evig sandhed, som er gemt a priori i naturen. Fysikkens begreber er ikke gudsgivne, men fremkommet i dialog mellem fysikere på baggrund af eksperimenter og erfaringer.

Man kan fx fortælle eleverne, hvorledes de 10 linier, der står i fysikbogen om acceleration, har taget det naturvidenskabelige samfund århundreder at tilnærme og tillære sig. Jeg har i min egen undervisning gjort udstrakt brug af la Cour og Appel: *Historisk fysik* fra 1906,

[1] Igen kan der henvises til Dolin&Ingerslev 1994 og PEEL-projektet.

hvor fx bevægelsesligningerne udledes over flere sider helt uden brug af matematik (La Cour & Appel, 1906).
Man kan give eksempler på fysiske teorier, som var anerkendte i lange perioder for senere at blive forkastet som "forkerte" (varmestof, æteren, Newtons love). For at vise hvorledes den nuværende opfattelse er en menneskelig konstruktion, kan man gennemgå nogle af de traditionelle emner via historiske forløb, som viser de blindgyder, forskere har været ude i, og de præmisser, man endelig har bygget sin teori på. (Matthews, 1994b) viser med pendulet som eksempel, hvorledes naturvidenskabelig historie og filsofi kan bidrage til en forbedret undervisning. Disse synspunkter uddybes i (Monk & Osborne, 1997).
Generelt vil en inddragelse af historiske og filosofiske dimensioner give en viden *om* fysikken, der kan lette læringen *af* fysikken (Dolin, 2000).

UNDERVISNINGSPROGRAMMER MED KONSTRUKTIVISTISK UDGANGSPUNKT

Det kan være svært som lærer at ændre sin undervisning i konstruktivistisk retning, især hvis man står alene og skal kæmpe både mod sin egen uddannelse og en hel undervisningsinstitutions tradition og nogen gange også elevholdninger. Det er rart at være flere, som kan støtte hinanden i den utryghedsproces, dette er, og som samtidigt kan udvikle undervisningsforløb sammen og give hinanden gode ideer. Der er derfor også udviklet en lang række projekter, som med lidt forskellig fokus har udviklet en undervisning baseret på konstruktivistiske principper. Jeg vil kort beskrive nogle, som har haft en vis indflydelse på den danske debat.
De to første har et ret traditionet piagetsk udgangspunkt i deres fokusering på kognitiv udvikling. CASE-projektet har dog udviklet sig så det i dag også inddrager Vygotsky. PEEL-projektets styrke ligger i udformningen af en række metoder til fremme af metakognitive kompetencer.

CLIS-projektet[1] (Children=s Learning In Science) startede i 1982 ved University of Leeds med udgangspunkt i en omfattende undersøgelse af elevers hverdagsopfattelser og begrebsdannelser. En række lærere udarbejdede undervisningsforløb inden for de områder, hvor eleverne havde ret konsistente hverdagopfattelser (bl.a. varme, energi, stofs partikelnatur). Undervisningsforløbene fulgte den samme skabelon, som tilskyndede eleverne til at tænke over deres forforståelse, afprøve den i forhold til etableret videnskab og så omstrukturere deres forståelse. Der blev altså tilrettelagt situationer, som skulle fremkalde en kognitiv konflikt hos eleven, og eleven skulle så, drevet af ønsket om ligevægt, tage sin forstå-

[1] For en dansk gennemgang se (Goldbech & Thomsen, 1992).

else op til revision. Hvert undervisningsforløb havde i overensstemmelse hermed følgende fem faser (Scott & Driver, 1998):

1. Orientering (introduktion til emnet, interessevækning)
2. Bud på ideer (eksplicitering af elevers ideer og opfattelser)
3. Omstrukturering (forklaring af forskellige alternative ideer, konfliktsituationer som skal vise det forkerte i hverdagsforestillingerne, konstruktion af den videnskabeligt accepterede opfattelse, evaluering af den accepterede model)
4. Anvendelser (praktisk og teoretisk forankring af modellen)
5. Bevidstgørelse (diskussion af hvad man lærte)

Erfaringerne med de mange gennemførte forløb efter denne skabelon var at eleverne var mere motiverede, men at det var et stort arbejde for lærerne, og at forløbene krævede megen tid i forhold til det, der var sat af i læseplanen.

CASE-projektet[1] (Cognitive Acceleration through Science Education) er udviklet ved King's College i London. Det har udarbejdet en undervisningsform, som er meget eksperimentelt baseret, og som opmuntrer eleverne til at reflektere over deres egen tænkning og dermed udvikle deres evne til at tackle nye problemer. Projektet lægger vægt på at fremme formal-operationel tænkning (proportionalitet, variabelkontrol, ...), og er bygget op om 31 undervisningssekvenser med fokus på hver sin logiske operation. Det er en vigtig pointe i projektet, at disse undervisningssekvenser gennemføres uafhængigt af den almindelige faglige undervisning, i selvstændige "tænketimer", men i en naturvidenskabelig kontekst. Dette skulle - i modsætning til hvad der er muligt ifølge teorierne om situated learning - fremme en generel kognitiv udvikling, som vil kunne anvendes i alle fag. Takket være det engelske skolesystems hyppige og omfattende tests har det været muligt at kontrollere det (traditionelt) faglige niveau i forskellige fag på de skoler, som har arbejdet efter systemet. Disse har alle klaret sig signifikant bedre end sammenlignelige skoler, men mere overraskende er måske, at elever, der er undervist efter CASE-metoden i naturvidenskabelige fag, også klarer sig bedre i andre fag fx engelsk.
Systemet er udviklet til grundskoleelever, men i 1999 påbegyndte Center for Naturfagenes Didaktik ved Århus Universitet deres KUF-projekt (Kognitiv Udvikling gennem Fysikundervisning)2, som er en tilpasning af CASE-materialet til 1g.

PEEL-projektet (Project for Enhancing Effective Learning)[3] er startet i Australien i 1985. Det er startet på initiativ af en række naturfagslærere på et Secondary College, som sammen med nogle forskere fra det lokale universitet ville undersøge, hvorfor elever ikke reelt

[1] (Adey & Shayer, 1994) og (Adey, Shayer, & Yates, 1995).
2 Projektet har senere skiftet navn til HOT fysik (Højere Ordens Tænkning).
[3] (Baird, Northfield, (dansk redaktion: Dolin, & Ingerslev, 1995).

lærer noget i naturfag, men hyppigt kun lærer at reproducere lærerudsagn og lærerbøger, hvilke dårlige læringsvaner eleverne har, og hvorledes disse læringsvaner kan ændres. Projektet bredte sig hurtigt, også til udlandet, og dets overordnede formål er at igangsætte en udvikling som øger elevernes bevidsthed og viden om deres egne læreprocesser så de bliver i stand til at kontrollere dem og overtage en del af ansvaret for dem. Disse kompetencer blev samlet i begrebet *metakognition*. Det har vist sig, at arbejdet med at realisere disse mål har stillet krav om ændrede elev- og lærerroller, det har påvirket interaktionen i klassen, det har påvirket hele skolen, og det har medført krav om regulering af pensum. En styrke ved projektet er, at det foregår på almindelige læreres præmisser med støtte fra forskere, og at der både er udviklet en teoretisk ramme for undervisning og læring på konstruktivistisk grundlag, samtidig med at der er udviklet en lang række idéer og konkrete metoder til ændret praksis.

AFSLUTNING

Konstruktivismen er baseret på nogle enkle grundprincipper om at viden er en personlig og/eller social konstruktion med udgangspunkt i en allerede given opfattelse. Ud fra disse få grundprincipper har vi set, hvorledes der er udviklet et bredt spektrum af opfattelser. Differentieringerne er sket dels på basis af forskellige epistemologiske og ontologiske grundsyn og dels på basis af forskellige opfattelser af, hvad læring er, og hvordan læring foregår. Læringsopfattelserne spændte fra et individuelt, kognitivt læringssyn til et socialt, kulturhistorisk læringssyn inspireret af henholdsvis Piaget og Vygotsky som to forskellige tilgange til læring.

Disse to hovedretninger af konstruktivismen har udviklet forskellige syn på læreprocessens praktiske gennemførelse, på hvordan elever konstruerer deres viden. Men de deler det samme grundlæggende problem: Konstruktionsprocessen er ikke (nødvendigvis) en rekonstruktion af den kanoniserede viden. En aktiv, selvstændig tilegnelse i stedet for en reproducerende tillæring medfører uundgåeligt at eleven former stoffet i sit eget (og den sociale konteksts) billede - stoffet ændrer sig under tilegnelsesprocessen på forskellig vis for forskellige elever. Det er netop det personlige præg, der hæver viden og indsigt over information. Heroverfor står ofte en lærer og et system som ønsker at eleverne bibringes en "korrekt" viden om nogle specifikke emner. Hvordan kan de to mødes?

Svarene herpå hænger sammen med opfattelsen af, hvad et fag som fx fysik er, og hvilke processer der mere konkret kan få eleverne til at række ud efter denne fysik. Disse to spørgsmål tages op i hhv. kapitel 4 og kapitel 5.

LITTERATUR

Adey, P. S. & Shayer, M. (1994). *Really Raising Standards: Cognitive Intervention and Academic Achievement*. London: Routledge.

Adey, P. S.;Shayer, M. & Yates, C. (1995). *Thinking Science*. London: Thomas Nelson and Sons.

Aikenhead, G. S. (1996). Science Education: Border Crossing into the Subculture of Science. *Studies in Science Education, 27*, 1-52.

Andersson, B. (1992). På vej mod et konstruktivistisk syn på læring og viden. In H. Nielsen & A. Paulsen (Eds.), *Undervisning i fysik - den konstruktivistiske idé*. København: Gyldendal.

Ausubel, D. P. (1968). *Educational Psychology: A Cognitive View*. New York: Holt, Rinehart and Winston.

Baird, J.;Northfield, J.;(dansk redaktion: Dolin, J. & Ingerslev, G. (Eds.). (1995). *Erfaringer fra PEEL projektet*. Århus: Klim.

Beyer, K. (1992). Det er ikke tænkning det hele. In H. Nielsen & A. Paulsen (Eds.), *Undervisning i fysik - den konstruktivistiske idé*. København: Gyldendal.

Beyer, K. (1996). Fysiske øvelser. In C. Christensen;S. Hoffmann & C. P. Knudsen (Eds.), *Fysiklærerforeningen 1921-1996*. København: Fysiklærerforeningen.

Beyer, K.;Blegaa, S.;Olsen, B.;Reich, J. & Vedelsby, M. (1988). *Piger & fysik - og meget mere ...* (162). Roskilde: IMFUFA/RUC.

Boud, D.;Cohen, R. & Walker, D. (Eds.). (1996). *Using Experience for Learning*. Buckingham: SRHE and Open University Press.

Boulter, C. J. & Gilbert, J. K. (1995). Argument and Science Education. In J. M. Costello & S. Mitchell (Eds.), *Competing and Consensual Voices* (pp. 84-98). Clevedon: Multilangual Matters.

Brooks, J. G. & Brooks, M. G. (1993). *In Search of Understanding: The Case for Constructivist Classrooms*. Alexandria, Virginia: Association for Supervision and Curriculum Development.

Bruner, J. (1998). *Uddannelseskulturen*. København: Munksgaard.

Caravita, S. & Halldén, O. (1994). Re-framing the problem of conceptual change. *Learning and Instruction, 4*, 89-111.

Chalmers, A. F. (1995). *Hvad er videnskab? En indføring i moderne videnskabsteori*. København.: Gyldendal.

Cobern, W. W. & Aikenhead, G. S. (1998). Cultural Aspects of Learning Science. In B. J. Fraser & K. G. Tobin (Eds.), *International Handbook of Science Education* (Vol. 1, pp. 39-52). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

Collin, F. (1999). Socialkonstruktivisme - et erkendelsesteoretisk og ontologisk standpunkt. *Kvan, 19*(54), 7-18.

Council, N. R. (1996). *National Science Education Standards*. Wasington: National Academy Press.

Davydov, V. (1989). *Udviklende undervisning på virksomhedsteoriens grundlag*. København: Sputnik.

Dewey, J. (1978/1938). *Erfaring og opdragelse*. København: Christian Ejlers' Forlag.

Dolin, J. (2000). *Værdier og undervisning i fysik*. Paper presented at the Fysik og almendannelse, Askov Højskole.

Dolin, J. (2001). Samspillet mellem fagene. *Uddannelse*(5), 32-38.
Dolin, J. & Ingerslev, G. (1994). Procesorienteret skrivning i dansk og fysik. In A. C. Paulsen (Ed.), *Naturfagenes pædagogik - mellem udviklingsarbejder og pædagogik*. Frederiksberg: Samfundslitteratur.
Driver, R. & Easly, J. (1978). Pupils and Paradigms: a Review of Literature Related to Concept Development in Adolescent Science Students. *Studies in Science Education, 5*, 61-84.
Driver, R.;Leach, J.;Scott, P. & Wood-Robinson, C. (1994). Young people's understanding of science concepts: implications of cross-age studies for curriculum planning. *Studies in Science Education, 24*, 75-100.
Duit, R. (1993). *Research on students' conceptions - Developments and Trends.* Paper presented at the the Third International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies inScience and mathematcs, Cornell University.
Edwards, D. & Mercer, N. (1987). *Commen Knowledge - the development of understanding in the classroom*. London and New York: Methuen.
Eriksen, T. R.;Gerstoft, B. F. & Hansen, H. P. (Eds.). (1996). *Erfaringer - et humanistisk og sundhedsvidenskabeligt perspektiv*. København: Munksgaard.
Ernest, P. (1995). The One and the Many. In Steffe&Gale (Ed.), *Constructivism in Education*. Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
Gabrielsen, T. S. (1996). At have erfaring og at være erfaren - Om pædagogik og erfaring. In T. R. Eriksen;B. F. Gerstoft & H. P. Hansen (Eds.), *Erfaringer - et humanistisk og samfundsvidenskabeligt perspektiv*. København: Munksgaard.
Gade, A. (1997). *Hjerneprocesser: Kognition og neurovidenskab*. København: Frydenlund.
Gergen, K. J. (1995). Social Construktion and the Educational Proces. In Steffe&Gale (Ed.), *Constructivism in Education*. Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
Goldbech, O. & Thomsen, P. V. (1992). Undervisning på folkeskoleniveau - med konstruktivistisk indfaldsvinkel. In H. Nielsen & A. Paulsen (Eds.), *Undervisning i fysik - den konstruktivistiske idé*. København: Gyldendal.
Grønbæk Hansen, K. (1998). Er læring mere end situeret praksis? *Dansk Pædagogisk Tidsskrift*(2), 6-16.
Halldén, O. (1994). *Conceptual Change and Contextualization.* Paper presented at the Symposium on Conceptual Change, Jena.
Hansen, M. (1997). *Intelligens og tænkning - en bog om kognitiv psykologi*. Horsens: Åløkke.
Hansen, M.;Thomsen, P. & Varming, O. (1997). *Psykologisk-pædagogisk ordbog*. København: Samlerens Bogklub.
Illeris, K. (1995). *Læring, udvikling og kvalificering*. Roskilde: RUCs Forlag.
Illeris, K. (1996). Læring, udvikling og uddannelse. *Nordisk Pedagogik, 16*(1), 15-29.
Jacobsen, J. C. (Ed.). (1997). *Refleksive læreprocesser - en antologi om pædagogik og tænkning*. København: Politisk Revy.
Jerlung, E. (1996). Put en tiger i tanken, Gartner!" - om pædagogikkens blinde punkt. *Dansk Noter, 4*.
Kolb, D. A. (1984). *Experiential Learning*. New Jersey: Prentice-Hall.
Kragh, H. (1999). *Videnskabens væsen - en søgen efter sand erkendelse*. København: Fremad.
Kvale, S. & Nielsen, K. (1999). Landskab for læring. In K. Nielsen & S. Kvale (Eds.), *Mesterlære. Læring som social praksis*. København: Hans Reitzels Forlag.

La Cour, P. & Appel, J. (1906). *Historisk fysik*. Kjøbenhavn: Gyldendals boghandel.
Larkin, J.;McDermott, L.;Simon, D. & Simon, H. (1980). Expert and novice performance in solving physics problems. *Science*(208), 1335-1342.
Latour, B. & Woolgar, S. (1986). *Laboratory Life: The construction of scientific facts*. Princeton NJ: Princeton University Press.
Lave, J. & Wenger, E. (1991). *Situated Learning. Legitimate Peripheral Participation*. Cambridge: Cambridge University Press.
Leach, J. & Paulsen, A. (Eds.). (1999). *Practical Work in Science Education - Recent Research Studies*. Frederiksberg: Roskilde University Press.
Lemke, J. L. (1990). *Talking science*. Norwood, NJ: Ablex Publishing Corporation.
Marx, K. (1974/1859). Bidrag til kritik af den politiske økonomi. In J. Witt-Hansen (Ed.), *Skrifter i udvalg*. København: Rhodos.
Matthews, M. R. (1994a). Discontent with Constructivism. *Studies in Science Education, 24*, 165-172.
Matthews, M. R. (1994b). *Science Teaching. The role of History and Philosophy of Science*. NY: Routledge.
Mellar, H. G. (1991). Modelling Students' Thinking on a Proportional Reasoning Task. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology, 22*.
Merton, R. (1973). *The sociology of Science*. Chicago: University of Chicago Press.
Metz, K. E. (1998). Scientific Inquiry Within Reach of Young Children. In B. J. Fraser & K. G. Tobin (Eds.), *International Handbook of Science Education* (Vol. 2, pp. 81-96). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
Monk, M. & Osborne, J. (1997). Placing the History and Philosophy of Science on the Curriculum: A Model for the Development of Pedagogy. *Science Education*(81), 405-424.
Mortimer, E. F. (1995). Conceptual Change or Conceptual Profile Change? *Science&Education, 4*, 267-285.
Munby, A. H. (1994). Some implications of language in science education. *Nordisk Pedagogik*(1), 26-34.
Negt, O. (1975). *Sociologisk fantasi og eksemplarisk indlæring*. Roskilde: RUC Forlag.
Nielsen, H. r. m. f. (1992). Fysik i gymnasiet - med konstruktivistisk indfaldsvinkel. In H. Nielsen & A. Paulsen (Eds.), *Undervisning i fysik - den konstruktivistiske idé*. København: Gyldendal.
Nielsen, K. & Kvale, S. (Eds.). (1999). *Mesterlære - læring som social praksis*. København: Hans Reitzels Forlag.
Novak, J. D. (1977). *A Theory of Education*. Ithaca and London: Cornell University Press.
Petersson, E. (1995). Fra lærerprocesser mod læreprocesser, *Læreprocesser i 90'erne - ansvar for egen læring?* København: DEL.
Polanyi, M. (1966). *The Tacit Dimension*. Cloucester, Mass.: Peter Smith Ed.
Ramsden, J. M. (1998). Mission impossible?: Can anything be done about attitudes to science? *International Journal of Science Education, 20*(2), 125-137.
Rasmussen, J. (1996). *Socialisering og læring i det refleksivt moderne*. København: Unge pædagoger.
Resnick, L. B. (1987). Learning in school and out. *Educational Researcher, 16*(9), 13-20.
Rogoff, B. (1990). *Apprenticeship in Thinking*. Oxford: Oxford University Press.
Ryder, J. & Leach, J. (1999). University science students' experiences of investigative project work and their images of science. *International Journal of Science Education, 21*(9), 945-956.

Scott, P. H. & Driver, R. (1998). Learning About Science Teaching: Perspectives From an Action Research Project. In B. J. Fraser & K. G. Tobin (Eds.), *International Handbook of Science Education* (Vol. 2, pp. 761-789). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

Sjøberg, S. (1992). Når virkeligheden konstrueres - læringspsykologi. In H. Nielsen & A. Paulsen (Eds.), *Undervisning i fysik - den konstruktivistiske idé*. København: Gyldendal.

Solomon, J. (1994). The Rise and Fall of Constructivism. *Studies in Science Education, 23*(-), 1-19.

Steffe, L. P. & Gale, J. (Eds.). (1995). *Constructivism in Education*. Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Ass.

Sutton, C. (1998). New Perspectives on Languages in Science. In B. J. Fraser & K. G. Tobin (Eds.), *Inernational Handbook of Science Education* (Vol. 1, pp. 27-38). Dordrecht: Kluwer Academic Publichers.

Säljö, R. (1995). Begreppsbildning som pedagogisk drog. *Utbildning och demokrati, 4*(1), 5-22.

Tamir, P. (1998). Assessment and Evaluation in Science Education: Opportunities to Learn and Outcomes. In B. J. Fraser & K. G. Tobin (Eds.), *International Handbook of Science Education* (Vol. 2, pp. 761-789). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

Thomsen, P. V. (1993). *Hvorfor eksperimenter i fysikundervisningen?* Århus: Århus Universitet.

Undervisningsministeriet. (1999). *Screening og Videnstilvækst*. København: Uddannelsesstyrelsen.

Vejleskov, H. (1998). Teorier om kognitiv udvikling som inspiration for pædagogikken. In N. J. Bisgaard (Ed.), *Pædagogiske teorier*. Værløse: Billesø & Baltzer.

von Glasersfeld, E. (1995a). A Constructivist Approach to Teaching. In Steffe&Gale (Ed.), *Constructivism in Education*. Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.

von Glasersfeld, E. (1995b). *Radical Constructivism: A way of knowing and Learning*. London: The Falmer Press.

von Glasersfeld, E. (1995c). Sensory Experience, Abstraction, and Teaching. In Steffe&Gale (Ed.), *Constructivism in Education*. Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.

Vygotsky, L. S. (1971). *Tænkning og sprog*. København: Hans Reitzel.

Kapitel 4
FYSIKFORSTÅELSE I GYMNASIET

Formålet med dette afsnit er at indkredse hvilke krav, der stilles til elevernes forståelse i fysik. Hvornår har man egentlig forstået fysikken?
Jeg vil prøve at opstille et begrebsapparat, som kan indfange fagets mange aspekter, således som de er udviklet i gymnasieskolen, når man arbejder med forståelsesproblemer. Tilgangen er ret pragmatisk at beskrive det, man rent faktisk gør i fysiktimerne – eller i hvert fald en stor del af timerne – på en så generel form, at beskrivelsen kan anvendes på og indfange de faglige aktiviteter som har med forståelse at gøre. Vi arbejder altså med den del af det eksplicitte læringsspektrum som s. 80f blev kaldt "læring ved forståelse". Der er naturligvis et moment af forståelse i det meste af det man arbejder med i gymnasiefysikken, og det her udviklede analyseapparat vil også kunne anvendes på disse aspekter af de andre dele af fysikken. Men jeg beskæftiger mig i dette afsnit primært med den "traditionelle" fysik, fysikken selv, så at sige, og fx ikke med den samfundsmæssige eller historiske perspektivering eller de videnskabsteoretiske overvejelser. Jeg går heller ikke ind i fysikfaglige læringsområder såsom problemløsning (som er en anden del af læringsspektret) og laboratorieøvelser. Der er en righoldig litteratur om begge områder. Jeg holder mig her på det generelle plan, hvor problemet er tilegnelsen af fysikkens begrebsapparat og betragtningsmåde.
Desuden er det en meget kognitiv tilgang, som fokuserer på hvilke intellektuelle krav, der stilles ved arbejdet med fysik. Jeg har ikke forholdt mig til de krav der ligger i specielle arbejdsformer såsom projektarbejde, men mere med problemerne med at komme ind i fysikken som en helt ny kultur, en måde at se og bearbejde verden på.

Jeg vil anvende det udviklede analyseredskab til at formulere et (foreløbigt) fysikkompetencebegreb. Jeg vil diskutere konsekvenserne af et sådant kompetencebegreb for undervisningens tilrettelæggelse, herunder muligheden for at anvende det som et didaktisk redskab.
Fokus flytter sig gennem kapitlet fra mere vægt på *hvad* fysik (i gymnasiet) er over mod *hvordan* en sådan fysik læres.

Noget af det der slår én, når man betragter fysikundervisning gennem længere tid og følger elevers problemer med og kamp for at forstå begreberne, løse opgaverne, gennemføre øvelserne osv., er de meget forskellige krav, der egentlig stilles til eleverne, før man (dvs. jeg som fysikkyndig observatør og læreren som elevernes bedømmer) kan sige, at de har opnået bare en vis forståelse.
Følgende udsagn fra ellæreforløbet i 2x er typisk:

Elev 1: *Hvorfor går elektroner den modsatte vej af strømmen?*
Elev 2: *Er det ligegyldigt om amperemetret sættes før eller efter pæren?*
Elev 1: *Hvad er en Coulomb?*
Elev 3: *Hvad er det Ohms lov står for?*
Elev 4: *Jeg synes det er svært at tegne det!*
Lærer: *Hvilken brøkdel af den tilførte effekt afsættes i de to ledere?*
Elev 2: *Det der står dér på batteriet – er det emk?*

Eleverne skal have kendskab til de grundlæggende begreber såsom strøm, spænding, modstand, elektromotorisk kraft mm. At have kendskab til vil bl.a. sige at vide, hvad begreberne definitionsmæssigt dækker over og at kunne relatere begreberne til hinanden. Men også at kunne bruge dem i en eksperimentel opstilling. At kunne gennemføre nogle målinger på konkrete genstande hvilket stiller krav om praktiske evner og brug af måleinstrumenter. De skal kende enhederne og have fornemmelse for størrelsesforhold. De skal kunne systematisere deres måleresultater og kunne tegne grafer og kurver ud fra dem. De skal kunne opstille de ligninger som graferne er en afbildning af. De skal kunne bruge denne viden til at løse opgaver inden for emnet. Dvs. de skal kunne danne sig billeder af nye problemer og anvende fagområdets begreber på dem. Dette kræver ofte, at de har dannet sig en analogi eller et billede af de vigtigste begreber, fænomener og sammenhænge.
Bare for at nævne de mest åbenlyse krav.
I et forsøg på at indfange disse mange forskellige måder, hvorpå man kan arbejde med og forstå et fysisk problem eller en fysisk begivenhed, er jeg blevet inspireret af begrebet *repræsentationsformer*. Begrebet er brugt både i matematik- og fysikdidaktik og i bredere læringspsykologiske sammenhænge i en række forskellige betydninger. Nogle af disse vil jeg komme ind på senere.

REPRÆSENTATIONSFORMER – EN FØRSTE INDKREDSNING

Repræsentationer er en gammel disciplin inden for psykologi:

For centuries philosophers, linguists, and psychologists have puzzled over how we come to represent the world "inside our heads".
(Eysenck & Keane, 1999)(p. 203)

Især inden for den kognitive psykologi, som voksede frem i den sidste halvdel af 1900-tallet, arbejdes der med hvilke repræsentationsformer der findes, hvorledes de er organiserede som viden i hukommelsen og hvorledes denne viden bruges i andre

sammenhænge (læse, tale, problemløse osv.). Denne gren af psykologien bekender sig til den såkaldte informationsbehandlingsteori:

In spite of its diversity, cognitive psychology is unified by a common approach based on an analogy between the mind and the digital computer; this is the information-processing approach.
(op.cit. p. 1)

Som nævnt s. 96 kan et sådant udsagn næsten siges at udtrykke et behavioristisk læringssyn, og vi er i den gren af konstruktivismen som s. 116 blev kaldt informations-behandlings-teori. Den har stærke positivistiske undertoner gennem sin realistiske ontologi og ligger langt fra nutidens socialkonstruktivistiske trends. Jeg vil heller ikke bruge repræsentationsformsbegrebet i dets strengt kognitivistiske sammenhæng, men snarere som et omverdenstolkningsredskab. Repræsentationsformer forstået som forskellige former for organisering eller opnåelse af viden og forståelse kan føres tilbage til Jerome Bruner[1]. I bogen *Studies in Cognitive Growth* fra 1966 (skrevet sammen med Harvardkollegerne R. R. Oliver og P. M. Greenfield) beskæftigede Bruner sig med intramentale processer. Herom siger Bruner i sin sidste bog *Uddannelseskulturen* fra 1996 (dansk udgave (Bruner, 1998)):

Den hævdede, på en lidt overforenklet måde, at der er tre måder, på hvilke mennesker repræsenterer verden, eller bedre, tre måder at opfange de invarianser i erfaringer og handlinger på, som vi kalder "virkeligheden". Den ene er udøvelse, den anden billeddannelse og den tredje er konstruktionen af tegnsystemer. (s.236-37)

Bruner ser stadig disse tre repræsentationsformer som dækkende alle menneskelige måder at forstå verden på, uden at han går ind i en nærmere diskussion af, hvordan de er opstået og udviklet. Dengang var Bruner stærkt inspireret af Piaget, og Bruner mente bl.a. at de tre forskellige tilgange til verden udgjorde en udviklingsmæssig tidsfølge. Mennesket begyndte med en handlende tilgang til verden, opøvede efterhånden evnen til billeddannelse, dvs. det at kunne forestille sig noget i analog form, for til slut at kunne konstruere tegnsystemer (dvs. symbolske systemer som sprog og matematik).
Den kognitive udvikling så Bruner således som evnen til at kunne konstruere mere og mere sofistikerede repræsentationer. Man ser her en parallel til Piagets stadieteori. På det mest

[1] Bruner baserer sig så igen på fx Piagets bog fra 1929 *The Child's Conception of the World*, så der er selvfølgelig spor længere tilbage. Men det vidner om Bruners store favnen og udvikling, at han var med til at fundere den kognitivistiske psykologi med bl.a. bogen "A study of Thinking" fra 1956 (skrevet sammen med Jacqueline J. Goodnow og George A. Austen), for så siden at have udviklet og ændret sine synspunkter. Inden for sprogvidenskab og semiotik har forskere som hhv. Wittgenstein og Pierce også arbejdet med repræsentationsformer.

elementære kognitive stadium er viden handlingsbaseret, procedureorienteret mens den på det mest avancerede stadium er symbolsk kodet.
Dette synspunkt har han nu forladt. Udviklingen i Bruners syn på læring er gået fra fokus på den individualistiske videnstilegnelse, med vægt på intrasubjektive processer, til en socialkonstruktivistisk position (se kapitel 3), med vægt på intersubjektive forhold, og i de seneste bøger opfattes videnskonstruktion som en kulturel aktivitet, der fremmes gennem dialog. I denne videnskonstruktion ser Bruner repræsentationsformerne som *værktøjer*, i overensstemmelse med den øgede samhørighedsfølelse med den kulturhistoriske tradition. De ses som kulturelle værktøjer, der bruges i konkrete situationer til et konkret formål.

Der kan synes lang vej fra disse betragtninger om, hvordan mennesker danner sig viden, og til hvordan elever lærer fysik i et struktureret skolesystem. Det er næppe frugtbart at forsøge en logisk deduktion af en udtømmende oversigt over de forskellige måder at tilegne sig og opfatte viden på. Inden for sprogteori arbejdes der ganske vist med almene modeller for tilegnelse af verden, fx (Kress, 1998). Men disse teorier forsøger typisk at indfange barnets første begrebssættelser (eller repræsentationer) af verden, og de er holdt i meget generelle vendinger med få, brede kategorier (fx mundtlige former contra skriftlige former). Jeg tror snarere, at man for at indfange gymnasiefysikkens kompleksitet skal starte i dens konkrete praksis og her se på fysikviden som en kultur, der har udviklet sine særlige repræsentationsformer. Dvs. frem for at gå generativt til værks, så at sige udvikle begreberne nedefra, vil jeg pragmatisk undersøge de nu eksisterende begribelsesformer, så at sige starte oppefra.

Jeg ser repræsentationsformerne som forskelligt udtrykte former for viden om det samme fænomen eller den samme hændelse. De udgør kategorier, som hver især indfanger nogle generaliserede træk ved fænomenet. Der er altså sket en vis abstraktion af de umiddelbare fysikproblemer. Og det er vel netop dette, som adskiller viden fra information. Før man kan danne sine forskellige repræsentationer, er der derfor sket en vis "fysikalisering". Emnet er blevet "lukket", så det er muligt at bearbejde det med de af fysikken udviklede arbejdsmåder. Dette gælder langt de fleste objekter for fysiklæring i gymnasiet. Eleverne møder ikke uformidlede problemer i al deres kompleksitet, men nogle gennem historien udviklede abstraktioner som skal illustrere de tilknyttede begreber. Fx er pendulet en abstraktion, en model som skal vise nogle abstrakte begreber (jfr. kapitel 3). Men ved at arbejde på sådanne forsimplede objekter opøver eleven brugen af de forskellige repræsentationsformer og bliver bevidst om deres muligheder og indbyrdes sammenhænge. De bliver forhåbentlig så også i stand til at anvende repræsentationsformerne som arbejdsredskaber (i den af Bruner ovenfor anvendte betydning) i mere komplekse og ukendte sammenhænge. Projektet Autentisk FysikUndervisning (som behandles i del III) har netop som et af sine formål at undersøge hvorledes dette kan realiseres.

Til en så specifik anvendelse af repræsentationsformer er Bruners tre former for brede og for generelle. Jeg vil derfor i stedet referere til den måde hvorpå Wolff-Michael Roth (Roth, 1995) udvikler repræsentationsformbegrebet og med afsæt heri udvikle mit eget begrebssæt.

En landskabsmetafor

Roth tager udgangspunkt i en opfattelse af viden og læring som aktiviteter i et begrebsmæssigt landskab (Greeno & Riley, 1987). At vide noget i denne metafor vil sige at kunne finde rundt i landskabet, at kunne undersøge terrænet og forstå, hvordan de enkelte elementer hænger sammen. Undervejs danner man sig mentale modeller – eller repræsentationer – af de forskellige landskabselementer og af hele landskabet. Roth bruger som eksempel to forskellige mentale modeller for en by. Den ene er de erfaringer, man gør sig om byen: hvor er de kendte supermarkeder, de trafikerede hovedstrøg, statuer, markante bygninger, gågaden osv. Den anden er det indre kort man kan konstruere (evt. med støtte fra et rigtigt bykort) om gadernes placering i forhold til hinanden. Hvis man skal beskrive en rute fra et punkt til et andet, kan det gøres ved hjælp af det internaliserede kort eller ved at beskrive ruten ud fra de kendetegn, man har. En god forståelse af byen kræver, at man konstruerer begge de mentale modeller, og at man har integreret dem, dvs. at de kan supplere hinanden i en beskrivelse og forståelse.
Man kunne godt tænke sig andre repræsentationer af byen. Fx kunne der til enkelte steder være knyttet nogle oplevelser, som kunne danne billeder relateret til de pågældende steder.
Fysiklæring af et emne kan godt sammenlignes med at gå rundt i et landskab. Men frem for at bruge som metafor at man betragter forskellige elementer i landskabet eller ser de samme elementer fra forskellige synsvinkler, er det måske mere dækkende at sige, at man ser landskabet i sin totalitet og forskellighed gennem forskellige briller. Alt efter hvilke briller man tager på, vil man se landskabet på forskellig vis, man vil fokusere på forskellige egenskaber ved landskabet. Geologen vil se dets dannelsesmorfologi, landmanden dets dyrkningsmuligheder, byplanlæggeren dets egnethed for boligbyggeri, naturelskeren de rekreative værdier osv. Hver især ser de kun en del af landskabet, et særlig aspekt af det, men en total forståelse for landskabet indbefatter alle synsvinklerne og relationerne mellem dem. Disse forskellige "ekspertbriller" har eleven ikke, men de skal tilegnes gennem undervisningen.

Det landskab som udgøres af ellære i gymnasiet, kan på denne måde ses med fokus på forskellige egenskaber. Man kan fx opfatte det som bestående af

- nogle elektriske *fænomener* eller begivenheder (et batteri afgiver en spænding når man sætter tungen på, det kan få en pære til at lyse, når der er strøm i en ledning vil en nærtstående magnet slå ud osv.)
- en samling *begreber* såsom strøm, spænding, polspænding, emk osv.

- en samling *apparater* såsom voltmetre, amperemetre, batterier, strømkuber osv. – nogle *modeller og teorier* for hvordan begreberne hænger sammen (Kirchhoffs love, Ohms lov osv.)
- nogle *grafiske afbildninger* af variable (fx spændingens variation gennem et kredsløb, polspændingen som funktion af strømmen i kredsløbet)
- og en række flere.

Disse forskellige tilgange til den samme begivenhed, det samme fænomen, vil jeg betragte som forskellige repræsentationsformer for begivenheden eller fænomenet. De er således forskellige briller, som fremmer synet af forskellige egenskaber.
De er ikke nødvendigvis på samme logisk-teoretiske niveau, hvilket afspejler deres pragmatiske oprindelse. Men de forbinder tilsammen fænomenets eller genstandens konkrete fremtræden og indhold med en praksis i relation til genstanden og med nogle psykiske/kognitive refleksioner over fænomenet.

Roths 5 repræsentationsformer

I sin fremstilling opererer Roth med 5 repræsentationsformer:

- **Fænomenologisk** repræsentation: En beskrivelse af det fænomen eller den begivenhed man analyserer. Hvad sker der? Hvad kan vi observere direkte?
- **Eksperimentel** repræsentation: Indeholder viden om det anvendte materiel, måleinstrumenter, software o.l. Hvilke muligheder og begrænsninger har en given forsøgsopstilling?
- **Deskriptiv** repræsentation: Består af de tabeller, grafer o.l. der kan fremstilles på basis af indsamlede data og indfanger derfor også en vis matematisk bearbejdning af fænomenet.
- **Matematisk symbolsk** repræsentation: Dannes af de funktioner som beskriver datasættene og de manipulationer man kan foretage på funktionerne (som fx deres afledede).
- **Begrebsmæssig** repræsentation: Består af de love, begreber, generalisationer, teorier som kan forklare de observerede fænomener.

Han har altså disse fem "filtre" på sine briller, disse fem måder at betragte den samme begivenhed på. Hvis man skal blive i landskabsmetaforen vil yderligere læring svare til at betragte andre genstande og begivenheder i landskabet, også gennem de forskellige optikker, og efterhånden bevæge sig til andre landskaber, andre lande. I ellæren vil man inddrage ikke-lineære modstande og man vil evt. beskæftige sig med elektromagnetismen og andre tilgrænsende discipliner. Man vil efterhånden opbygge et fysikkens verdensbillede.
De nævnte repræsentationsformer udgør ikke noget hierarki, sådan at den ene forudsætter den anden. Man kan i princippet starte tilegnelsen af et fænomen ud fra hvilken som helst

af de fem former. Men det vil ofte være lettest at begynde med en fænomenologisk og eksperimentel tilgang og at slutte med begrebsopstillingen, således at begreberne bliver forankret i nogle fænomener, der viser deres berettigelse.

Jeg vil ikke forsøge en oversættelse mellem Bruners tre repræsentationsformer og Roths fem. Jeg synes godt, jeg kan se de fænomenologiske og eksperimentelle former som lignende Bruners udøvende, og den matematisk-symbolske lig Bruners symbolske. Måske den deskriptive er i Bruners ikoniske kategori? Men er begreber så symboler eller snarere ikoner? Jeg vil i stedet grundigere gennemgå de fem former og diskutere, om de er dækkende, bl.a. ved at relatere dem til de repræsentationsformer andre har udviklet.

HVAD REPRÆSENTERER REPRÆSENTATIONSFORMERNE?

Det ligger i "repræsentation", at noget er et udtryk for noget andet eller udtrykker noget andet. Vi har altså et objekt eller et fænomen (fx et pendul eller en pendulbevægelse) der skal repræsen*teres* af repræsentationsformernes repræsen*tationer* (fx en tegning af et pendul eller den matematiske formel for pendulets svingningstid).
For Roth er disse repræsentationer mentale billeder, forskellige skemaer i Piagets forstand (se kapitel 3). Dette er en meget mentalistisk holdning, og jeg vil snarere anlægge en kulturelt orienteret synsvinkel og samtidig fokusere på de handlinger, der ligger bag. Men jeg vil ikke underkende betydningen af at kunne danne mentale billeder, at kunne erstatte noget konkret med en abstraktion. Denne evne er i høj grad kulturens motor, dens frembringer og viderefører, og et vigtigt led i samspillet mellem den individuelle bevidsthed og kulturen. En kultur bygger psykologisk på at mennesker har evnen til at abstrahere fra det konkrete hvilket gør det i stand til at begribe "repræsentationer", dvs. at noget konkret kan erstattes af noget abstrakt, noget tænkt. En kultur er i denne forstand en blandt medlemmerne af kulturen fælles fond af repræsentationer, og repræsentationerne er individernes meningsdannelsesredskaber og vores fælles betydningsskabere. Vi tilpasser os hinanden og vores omverden efter hvordan vi tolker begivenheder og tegn, og de er derfor centrale i kulturens udvikling. Mennesket er desuden enestående ved at vi ikke alene repræsenterer verden i vores bevidstheder, men ved at vi kan lære af andres repræsentationer. Vi kan så at sige gøre os andenhåndserfaringer. Vi tilegner os viden og tolkninger opbevaret i forskellige repræsentationer, og denne viden, denne kultur, er med til at præge vores bevidsthed:

Så skønt det er bevidstheden, der skaber kulturen, skaber kulturen i den sidste ende også bevidstheden. (Bruner 1998, s. 249)

Tilegnelsen af repræsentationsformer er således både en personlig og social udviklingsproces, en læreproces der ændrer den lærende:

Den tegnproducerende proces udbygger hele tiden individets konceptuelle repertoire og dermed individets muligheder for kognitiv handlen. Det er i virkeligheden en minimal antagelse. Min egen holdning er, at det, der ændres, ikke bare er individets potentiale for kognitiv handlen, men også dets kognitive dispositionsmønstre. Det, der ændres, er med andre ord individets subjektivitet. (Kress 1998, s. 220)

Repræsentationsformsbegrebet udtrykker således kulturens måde at afspejle nogle omgivelser på - i vores tilfælde den måde fysikken har forsøgt at begribe dens genstandsfelt på - men indeholder også en refereren til den handling det er at foretage en sådan afspejling af noget andet.
Denne dobbelthed i repræsentationsbegrebet, en enhed bestående af noget indholdsmæssigt, nemlig selve repræsentationen af det, der skal fortælles om, og en praksis, nemlig den handling at repræsentere noget andet, er vigtig at holde fast i. Samtidig er det også vigtigt, i overensstemmelse med en konstruktivistisk grundopfattelse, at være opmærksom på, at alle repræsentationsformer er konstruktioner, tolkninger af omverdenen frem for direkte afbildninger af den.

Repræsentationsformerne udtrykker noget, man *gør* i fysik, samtidig med at de er en beskrivelse af det *læringsresultat*, der kommer ud af aktiviteten. De er en beskrivelse af hvad der rent faktisk forgår i fysiktimerne, hvad man arbejder med. Dvs. de er i høj grad vokset frem af fagets traditioner og repræsenterer derfor de betragtningsmåder, som det erfaringsmæssigt gennem historien har vist sig hensigtsmæssigt at anlægge for at forstå de fænomener og begivenheder, som man traditionelt har beskæftiget sig med i fysik. De er derfor konstruktioner, forskellige tolkninger af noget stofligt, som har vist sig nyttige til at indfange det, man var interesseret i.
Men dermed er de også udtryk for det man (traditionelt) skal lære i fysik. Dvs. repræsentationsformerne er en konkretisering af de elementer, der kan indgå, når man skal konstruere sin viden om et fænomen. De angiver derfor også en måde at arbejde med et fagligt område på, så arbejdet bidrager til at opnå forskelligartede erfaringer med fagområdet. Det betyder, at repræsentationsformerne kan give læreren nogle bud på, hvad der kan indgå i et undervisningsforløb om et givet emne og eleverne nogle opfattelser af hvilke krav, der stilles i fysik. Det er således muligt at udlede nogle pædagogiske og didaktiske konsekvenser, hvilket jeg gør sidst i dette kapitel.

HVILKE REPRÆSENTATIONSFORMER FINDES DER?

Der er mange måder at repræsentere verden på og mange måder at opdele de mulige repræsentationsformer på. Mit udgangspunkt er som sagt primært det pragmatiske "hvad gør man i fysikundervisningen?", hvorfor jeg ikke søger et udtømmende system bestående af

disjunkte kategorier. Men for at få et indtryk af det repræsentationelle begrebsunivers vil jeg omtale nogle af de tilgange, man møder i litteraturen.
Sprogforskere vil pege på sproget som den vigtigste repræsentationsform og vil ofte skelne mellem mundtlig og skriftlig (sproglig) repræsentation. Dette er to meget store kategorier som jeg ikke finder særlig operationelle til mit formål. Roths 5 repræsentationsformer går på tværs af denne opdeling og betjener sig på forskellig vis af sproget i både mundtlig og skriftlig form.
Samme overordnede form har opdelingen i *eksterne* og *interne* repræsentationer.
(Reimann, 1999) definerer interne repræsentationer som

... *all those which have to be retrieved from memory by cognitive processes* (p. 411)

og citerer denne definition af eksterne repræsentationer:

the knowledge and structures in the environment, as physical symbols, objects, or dimensions and as external rules, constraints, or relations embedded in physical configurations (op.cit. p. 411)

De tilhører, ifølge Reimann, to uafhængige og selvstændige systemer, nemlig henholdsvis det kognitive (fx hukommelse, ræsonneren) og det perceptive (fx synsindtryk), som hver især kan kontrollere handlinger. Hvis man skal svare på hvornår Cæsar blev født, bruger man hukommelsen, mens svaret på om nogle punkter ligger på en ret linie ifølge Reimann udelukkende baserer sig på det perceptuelle system. Dette synes som en uhensigtsmæssig skarp opdeling mellem ydre og indre, idet mange opgaver og handlinger baserer sig på en vekselvirkning mellem indre og ydre repræsentationer. Man vil jo ikke være i stand til at se om nogle punkter (der altså er ydre repræsentationer) ligger på en ret linie med mindre man har et begreb (som altså er indre repræsentationer) om rette linier. Men opdelingen kan være nyttig fordi den kan tydeliggøre hvorledes arbejdet med ydre repræsentationer kan fremme læring, hvilket jeg vil vende tilbage til senere i dette kapitel.

Med disse overordnede kategorier i baghovedet vil jeg arbejde videre ud fra Roths mere pragmatiske tilgang. Men Roths 5 repræsentationsformer er naturligvis hverken universelle eller fuldt dækkende eller uden overlap.
Fx har (Thorley & Stofflett, 1996) en lidt anden liste af repræsentationsformer. De fremhæver, at evnen til at forstå en idé eller et begreb ligger i evnen til at repræsentere ideen og opstiller følgende liste over muligheder for at gøre det (i parentes er angivet de i artiklen nævnte konkrete repræsentationer af elektrisk strøm):

- *sproglige udtryk*, som indbefatter betegnelser, definitioner, formler osv. (antal elektriske ladninger pr. tid, i=dq/dt)

- *adskillende egenskaber*, især vigtigt ved tætliggende begreber (det indbefatter både stof og energistrøm)
- *eksempler* (det som strømmer i en støvsugers elledning)
- *billeder* (små partikler som bumper gennem et gitter af metalioner)
- *analogier eller metaforer* (vandstrøm i et vandrør)
- *kinæstetiske* eller *tactile* repræsentationer, dvs. bevægelses eller følelige repræsentationer (elevageren af elektronbevægelse i leder)
- *andre* repræsentationsformer, fx lydmæssige.

Der er både overensstemmelser og forskelle mellem denne liste og Roths. Roths er mere udspecificeret i forskellige sproglige udtryk, men mangler til gengæld billeder og kinæstetiske o.l. former. Og disse sidste former er nogle vigtige aspekter ved arbejdet med et emne, som ikke bliver indfanget af de 5 repræsentationsformer. Så enten skal man operere med flere repræsentationsformer eller udvide indholdet af de 5 nævnte.
Det vil dog næppe være hensigtsmæssigt at tildele alle tilgange til et fænomen en repræsentationsform. For at en synsvinkel på en begivenhed kan siges at være en repræsentationsform, vil jeg sige, at den skal udgøre en etableret arbejdsform, en gennemprøvet og accepteret måde at arbejde med det pågældende fænomen på.

Ud over Roths fem repræsentationsformer vil jeg med baggrund i egen erfaring og foretagne observationer opfatte det som meningsfuldt at operere med en form, som indfanger evnen til at danne sig billeder af et fænomen. Man kunne kalde det en billedlig repræsentation. En form, som i modsætning til den deskriptives strukturerede bearbejdning af faktuelle data tager udgangspunkt i den lærendes egen begrebsverden. En definition kunne lyde således:

Billedlig repræsentation: Egne mentale eller fysiske billeder af fænomenet eller begivenheden. At kunne forestille sig hvad strøm er, hvordan et batteri fungerer (måske ser man en pumpe for sig, måske en person som sparker elektronbolde op ad en trappe). Analogimodeller og metaforer vil høre herunder. Men også tegninger, både naturalistiske tegninger (og fotografiske afbildninger) og skematiske tegninger (som strømdiagrammer).

Ud over den billedmæssige repræsentationsform vil jeg også inddrage den motoriske forståelse som en selvstændig form. Dvs. den kropslige indleven sig i et fænomen fx ved at agere et begreb eller en begivenhed. Men blot det at illustrere eller understrege sine udsagn med gestus vil også være en form for indsigt som er motorisk bundet. Jeg vil kalde det en

kinæstetisk repræsentation: Den bevægelsesmæssige opfattelse af et fænomen udtrykt som kropslig handling.

Affektiv repræsentation

Disse syv repræsentationsformer dækker en meget stor del af fysikundervisningens (mulige) arbejdsformer og udtrykker samtidig mange af de krav der stilles til eleverne. De er som sagt i høj grad udviklet ud fra en analyse af gældende (fysikfaglige) praksis og i mindre grad ud fra læringsteoretiske og pædagogiske overvejelser. Hvis den sidste tilgang skulle have større vægt, ville jeg anbefale at udvikle en ottende repræsentationsform, som skulle indfange de følelsesmæssige aspekter af undervisnings- og læreprocessen.
Det er efterhånden bredt accepteret at det i erkendelsesmæssige sammenhænge er meningsløst at adskille kognition og emotion. Mogens Hansens bog om intelligens og tænkning (Hansen, 1997) har således et selvstændigt kapitel "Følelser som erkendelse" (s. 215-226). Her fremhæver han, at selv om følelser kan føres tilbage til det limbiske system (den gamle pattedyrshjerne), der er adskilt fra storhjernen (den nye pattedyrshjerne), så fungerer hjernens forskellige erkendeformer altid samtidigt:

Vi forstår vores omverden på én gang kognitivt, følelsesmæssigt og med en eller anden grad af tiltrækning-frastødning. (Hansen, 1997, s. 216)

Følelserne er en integreret del af erkendelsen, både fordi erkendelsen er båret af og lejret i følelser, men nok så meget fordi følelser ofte er indgangen til erkendelse:

Emotionen indstiller organismens nervesystem til at reagere på en særlig måde over for en bestemt situation. Herved får organismen et beredskab for orientering og for handlen. Følelsen repræsenteres i psyken som et engagement af stræben mod noget bestemt ... (op.cit. s. 225)

Der er da også udviklet en taxonomi om følelser – Kratwohls affektive taxonomi (se fx (Damberg, 1994) – som operationaliserer følelserne i en undervisningsmæssig sammenhæng, og Karin Beyers snart klassiske artikel "Det er ikke tænkning det hele" (Beyer, 1992) argumenterer for at inddrage følelserne i (fysik)undervisningen. Karin Beyer er inspireret af PEEL-projektet (Baird, Northfield, (dansk redaktion: Dolin, & Ingerslev, 1995)) som også har inspireret den pædagogiske udvikling i det danske gymnasium (Baandrup et al., 1996; Dolin & Ingerslev, 1994a). Både det begrebsmæssige grundlag og den praktiske erfaring er således etableret nok til at man kan udvikle hvad man kunne kalde en *affektiv repræsentationsform*. Det vil også være yderst relevant, men falder uden for det arbejde, jeg har foretaget. Jeg vil derfor nøjes med at arbejde videre med de syv tidligere nævnte repræsentationsformer.

To eksempler

For at illustrere begrebsapparatet har jeg på følgende side vist hvorledes de opstillede repræsentationsformer manifesterer sig i to klassiske fysikemner, nemlig bølgers brydning og elektrisk strøm.

Jeg har for hver af de to fænomener givet bud på konkrete repræsentationer, men andre kunne tænkes. Især er det vigtigt at have et stort beredskab af fænomenologiske repræsentationer og af billedlige repræsentationer, men den gymnasiale undervisning lider også af en fatal mangel på kinæstetiske repræsentationer.

Repræsentationsformer	Lysets brydning	Elektrisk strøm
Fænomenologisk repræsentation En beskrivelse af det fænomen eller den begivenhed man analyserer. Hvad sker der? Hvad kan vi observere direkte?	Åre i vand. Laserlys gennem prisme. Laserlys' brydning i vand. Totalreflektion. Hvidt lys gennem prisme: Farverne ..	Det der strømmer i en støvsugers ledning. Det kan ikke ses. Gnister? Ledning bliver varm. Sætte tunge på batteri.
Eksperimentel repræsentation Indeholder viden om det anvendte materiel, måleinstrumenter, software o.l. Hvilke muligheder og begrænsninger har en given forsøgsopstilling?	Laserens egenskaber. Hvad er indfaldsvinklen? Metoder til vinkelmåling	Aflæsning og placering af amperemeter Effektmåler
Matematisk deskriptiv repræsentation Består af de tabeller, grafer o.l. der kan fremstilles på basis af indsamlede data.	Talkolonner med sammenhængende værdier for indfaldsvinkel og brydningsvinkel	Måling af ladning Sammenhørende værdier for I, t og T for dyppekoger
Matematisk symbolsk rep. Dannes af de funktioner som beskriver datasættene og de manipulationer man kan foretage på funktionerne (som fx deres afledede).	$v_1 \sin i = v_2 \sin b$ $\sin i_{grænse} = v_1/v_2$	Kirchhoffs 1. lov $E=RI^2t$ $U=RI$
Begrebsmæssig repræsentation Består af de love, begreber, generalisationer, teorier som kan forklare de observerede fænomener.	Huygens princip Interferens	Strømstyrke er ladninger pr. tid Elektriske ladninger transporterer energi Elektriske ladninger har en magnetisk virkning
Billedlig repræsentation Mentale billeder af fænomenet. Metaforer. Tegninger. Analogimodeller.	Soldater der marcherer på række fra græsmark til pløjemark og omvendt	Små partikler som bumper gennem et gitter af metalioner Vandstrøm i et vandrør
Kinæstetisk repræsentation Bevægelsesmæssig opfattelse udtrykt i kropslig handling	Lade eleverne gå i takt med hinanden under armen fra en type overflade til en anden	Elever agerer elektronbevægelse i leder

DE ENKELTE REPRÆSENTATIONSFORMER

Jeg vil gennemgå de enkelte repræsentationsformer grundigere for at diskutere deres indre konsistens og gensidige sammenhæng og afgrænsning.

Fænomenologisk repræsentation: Navnet giver umiddelbart associationer til fænomenologi, den filosofiske retning som tilstræber at undersøge måden, hvorpå noget viser sig, før det indordnes i et begrebsligt system. Det er heller ikke helt ved siden af. Det handler om at sætte ord på det, man umiddelbart kan se. Heri vil der uvilkårlig være en vis grad af begrebsopstilling. At beskrive er også at kategorisere og dermed begribe. Det er umuligt at adskille beskrivelse og tolkning. Men jeg vil snarere opfatte denne første begribelse af et fænomen som en meningstilskrivning, som en umiddelbar fortælling om det hændte, som så efterfølgende kan tolkes ved hjælp af forskellige arbejdsformer og redskaber. I kapitel 5 er der gjort grundigere rede for vigtigheden af at danne sådanne historier om det, der skal læres, som en grundlæggende måde at forstå på (den såkaldte narrative forståelse). Men ikke alle beskrivelser og forsøg på begribelser er lige gode. Ved mange områder af fysik er der tale om en indvielse i en (meget gammel) kultur. Man skal lære hvilke sider af de observerede begivenheder, man lægger vægt på, og hvilket sprog man bruger om dem. I fysik drejer det sig fx typisk om bevægelse og ændring i rum og tid, temperaturer og masser osv. (og kun sjældent fx farve og materialesubstans). Dette stiller krav til evnen til at vælge det centrale, til at kunne finde et fokus. En fænomenologisk repræsentation er således ikke en forudsætningsløs beskrivelse af begivenheder og fænomener, men fysikerens opfattelse af dem.
Den fænomenologiske repræsentation kan desuden være den, der fanger elevernes hverdagsopfattelser. Det, de selv umiddelbart lægger vægt på, kan afdække opfattelser som er anderledes end den etablerede fysiks.

Eksperimentel repræsentation: Er en praksisorienteret tilgang til fænomenet. Hvordan kan jeg få oplysninger ud af det? Man skal have en ide om hvilke variable, det vil være relevant at betragte ved det pågældende fænomen. Desuden skal man vide eller kunne finde ud af, hvordan man kan måle på det. Det kræver kendskab til måleinstrumenters virkemåde. Hvor sættes et amperemeter ind i kredsen? Hvordan aflæser jeg? Viden om enheder er vigtige. Man skal have fantasi til at se muligheder og begrænsninger i forsøgsopstillinger. Hvordan påvirker måleinstrumentet det fænomen, man er interesseret i, og dermed resultatet? Der ligger også i den eksperimentelle repræsentation, at man har forståelse for, hvorledes målinger foretages, fx at beherske variabelkontrol.

Deskriptiv repræsentation: Bearbejdningen af de målte data indgår i den deskriptive repræsentation, som omfatter de forskellige former for talmæssig og grafisk beskrivelse af fænomenet. Typisk talkolonner med ordnede måledata og de kurver der kan tegnes ud fra måledataene. Men også evnen til ud fra en kurve at kunne forestille sig egenskaber ved

fænomenet, fx at kunne danne sig et billede af en bevægelse ud fra dens st og vt graf. Kendskab til koordinatsystem er central, men også brug af grafisk lommeregner, fx til at kunne foretage og tolke forskellige former for regression. Der er en glidende overgang til den matematisk symbolske repræsentationsform, idet mange tolkninger af grafiske fremstillingsformer implicerer matematik og evnen til at se de matematiske funktioner i graferne.

Matematisk symbolsk repræsentation: Her taler vi om evnen til at kunne se at der er en funktionel lovmæssighed som beskriver (og evt. forklarer) fænomenet, og som kan udtrykkes i en matematisk model eller ligning. Det kunne være at tilknytte ligningerne $s=\frac{1}{2}gt^2$ og $v=gt$ til en sten, der falder frit i tyngdefeltet, evt. ved at kunne se at de tilfredsstiller den deskriptive repræsentation. Det er også de matematiske operationer der kan udføres på funktionerne (differentiere, anvendelse af MathCad). Der er en glidende overgang til den begrebsmæssige repræsentation, idet mange funktioner jo kan opfattes som modeller for sammenhænge og lovmæssigheder, og forståelse af funktionerne forudsætter derfor forståelse af begreberne (eller de betinger gensidigt hinanden).

Begrebsmæssig repræsentation: Dette opfattes af mange som det væsentligste formål med fysikundervisningen. Det handler om at kunne bruge de generaliseringer, som fysikere gennem generationer har arbejdet sig frem til som nyttige beskrivelser og forklaringer på sammenhænge og fysiske fænomener. At kunne bruge energibevarelse og fx se at det er det styrende princip i kalorimetri, eller at den mekaniske energis bevarelse ligger bag bevægelsesligningerne i et konservativt kraftfelt. Begreberne er så at sige de led, som fysikken skyder ind mellem de umiddelbare fænomener og teorien, de er de grundlæggende elementer, som er udviklet ud fra erfaringer med virkeligheden som redskaber for diskussion og videreudvikling af teorier. Når de tillægges så stor vægt i fysikkens didaktik, er det fordi, de *er* svære. De udgør ofte en helt anden tilgang, en anden betragtningsmåde, end eleverne er vante til.
Begrebslæring, begrebsændring og begrebsudvikling udgør et stort felt inden for fysikkens (og matematikkens) didaktik med en omfattende litteratur (se kapitel 8).

Billedmæssig repræsentation: Det er vigtigt at have en figurativ opfattelse af det betragtede fænomen, at kunne danne sig indre og ydre billeder. Kravet om en billedmæssig formulering kan være en vej til meningssættelse, en anden måde at lave sin fortælling om fænomenet på.
Vi har her at gøre med en meget omfattende repræsentationsform, og måske så omfattende, at det ville have været hensigtsmæssigt at opdele den.
En stor gruppe udgøres af forskellige former for tegninger. I den ene ende af spektret har vi tegninger som forsøger at indfange det sete, eller den opfattelse man har af det sete, så virkelighedsnært som muligt. Det kan være "primitive" tegninger af ens umiddelbare opfattel-

se og en almindelig tegning af det fænomen, man skal arbejde med, om så det bare er et kar med en dyppekoger i. I den anden ende af spektret har vi tegninger som ikke ligner, men hvor der tværtimod gøres en dyd af ikke at være billedmæssigt i overensstemmelse med virkeligheden, men med vægt på det der rent begrebsmæssigt skal formidles. Pointen er, at man med udgangspunkt i ligheder repræsenterer virkeligheden ved at se bort fra nogle sider og koncentrerer sig om andre, en proces som kombinerer faglige overvejelser med personlig stillingtagen. Diagrammer (fx af elektriske kredsløb) er eksempler på sådanne særlige billedmæssige repræsentationer, som er meget brugt i fysik. Det er for mange elever svært at gå fra deres forsøg på at tegne tredimensionale, naturtro forsøgsopstillinger til en sådan symbolafbildning.
En anden stor gruppe er analogier og metaforer. En vandstrømsmodel for et elektrisk kredsløb eller planetmodellen for atomet er almindeligt brugte analogier, som trækker på nogle kendte billeder til forståelse af noget ukendt og noget der ikke kan iagttages direkte. Med de styrker og svagheder der ligger heri. Jeg vil også mene at det at kunne opstille en model og kende dens begrænsninger hører hertil, selv om selve matematiseringen af modellen som nævnt kan betragtes som hørende til den matematisk symbolske repræsentation.

Kinæstetisk repræsentation: Denne kropslige fornemmelse for og forståelse af et fænomen er utvivlsomt meget lidt brugt og meget underkendt i gymnasiefysikundervisningen på trods af at den har store læringsmæssige potentialer. Man lærer direkte og effektivt ved kropslig ageren. Kroppen har bevidsthed:

Og kroppen har faktisk bevidsthed: Du er gået ind i lokalet ved siden af for at hente noget. Du har glemt, hvad det var. Jo mere du spekulerer, jo mere tom i hovedet bliver du. Det eneste du faktisk véd er, at det var noget vigtigt, du skulle hente. Prøv at gå tilbage ti skrivebordet, sæt dig ned – og begynd handlingen forfra. Det hjælper næsten altid, Kroppen vidste det godt. (Hansen, 1997) (s. 135)

Mulighederne er mangfoldige. Man kan fx lade eleverne agere et fysisk fænomen (fx en bølge eller en bølges brydning, molekylerne i et stof der fordamper) eller lade dem simulere en bevægelse (fx gå en bestemt bevægelsesform, føre en legetøjsbil efter det bevægelsesmønster en graf foreskriver).

Som det fremgår, er der overlap mellem de forskellige tilgange til fysikken. Det ligger i sagens natur, at det er umuligt at opdele komplekse sammenhænge i disjunkte delelementer. Men pointen er at de indfanger nogle forskellige arbejdsmåder og videnselementer, som stiller forskellige krav til udøverne, hvorfor det i praksis ikke er så svært at se, hvilke af de forskellige former man benytter sig af i bestemte sammenhænge.

REPRÆSENTATIONSFORMER SOM ANALYSEREDSKAB

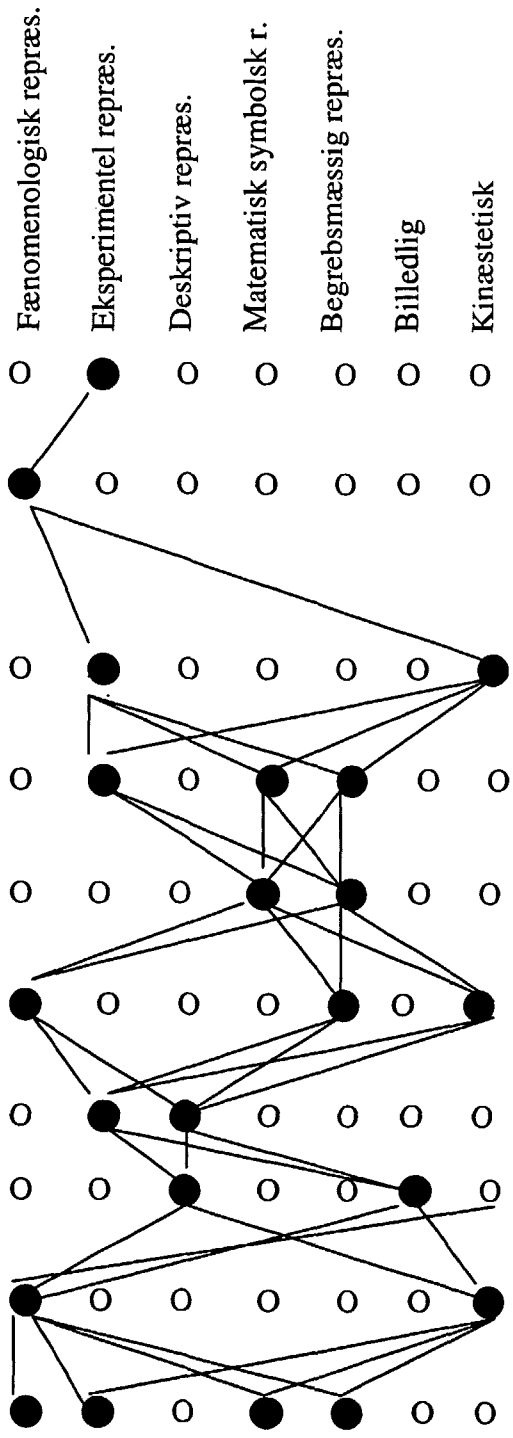
Netop fordi de opstillede repræsentationsformer indfanger arbejdsformer og videnskrav i fysik kan man gennem registrering af dem få et godt indtryk af læringspotentialet i en given undervisning. For at illustrere mulighederne i dette analyseapparat, som repræsentationsformerne udgør, vil jeg anvende det på en undervisningssekvens.

En gruppe elever arbejder med øvelsen "mekanisk energi i tyngdefeltet", som består i måling på et svingende pendul. Eleverne skal ved hjælp af to fotoceller tilkoblet en tæller måle den kinetiske energi i pendulets nederste position og et sted mellem den øverste og nederste position. De skal desuden måle højden i den øverste, den mellemste og den nederste position for derudaf at udregne den potentielle energi. Herudfra skal de finde den mekaniske energi de tre steder i bevægelsen. Da hver fotocelle kan gemme to målinger, foreslår øvelsesvejledningen, at de måler på både frem og tilbagesvinget.
Mine observationer af en gruppes arbejde med øvelsen har jeg i figuren organiseret på en sådan måde, at jeg har vurderet for hver enkelt delsekvens, hvilken repræsentationsform eleverne arbejder med. Der er naturligvis tale om et skøn, og i mange tilfælde er der tale om, at de har flere former i spil samtidig. Det har dog ikke været vanskeligt at vurdere hvilken eller hvilke repræsentationsformer, der var dominerende.
Hele sekvensen varer ca. 40 minutter.

Se figuren næste side.

En sådan registrering giver et godt overblik over hvorledes repræsentationsformerne er i spil i en given aktivitet. Det er fx muligt at se hvor mange repræsentationer der er i brug ad gangen i de enkelte sekvenser og hvorledes dette udvikler sig, hvor mange gange der arbejdes med hver enkelt repræsentation, hvornår og hvor ofte der sker transformationer mellem de enkelte repræsentationer, hvor længe eleverne arbejder med de(n) samme repræsentationsform(er) osv. Opgørelser af denne type kan ses som udtryk for undervisningens læringspotentiale gennem brugen af repræsentationsformer, og dette kan så sammenholdes med den reelt opnåede viden. Her ligger et kommende forskningsprojekt.

Repræsentationsformsanalyse af et øvelsesforløb



Eleverne sætter øvelsen op og diskuterer placering af fotoceller og måling af h

Gruppen lader loddet svinge nogle gange og ser hvordan det kommer lige så højt op som ved starten, hastighed 0 i yderposition, maximal hastighed i bunden

Loddet ramler ind i fotocellen. Eleverne diskuterer hvor loddet skal bryde lysstrålen

Diskuterer hvorledes de kan måle hastigheden. Hvad er v? Finder $v=\Delta s/\Delta t$

Diskuterer (ud fra øvelsesspørgsmål hvad E_{pot}og E_{kin} er. Finder formlerne.

og diskuterer hvorledes energiomsætningen foregår mens de fører loddet frem og tilbage.

Måler. Noterer resultater i skemaform.

Finder E_{pot} og E_{kin} og prøver at tegne diagram (vejledningens krav)

Diskuterer de mindre udsving pga E_{mek}'s omdannelse til gnidningsenergi

Diskuterer (på læreropfordring) hvorledes de kan måle gnidningskraften

LÆREPROCESSER OG FYSIKKOMPETENCER

Som eksemplet viser, bevæger eleverne sig rundt i et undersøgelseslandskab[1], hvor de ved hjælp af de forskellige repræsentationsformers arbejdsredskaber bearbejder emnet.
Eleverne begynder med at diskutere praktiske forhold ved opstillingen, og hvad det egentlig er, de ser på, og de bliver af øvelsesvejledningen tvunget over i en matematisk og deskriptiv repræsentation. Det er tydeligt for observatøren at der, hvor eleverne sammenstiller det fænomenologiske med det begrebsmæssige, falder nogle brikker på plads. Begreberne (her E_{pot} og E_{kin}) bliver meningssat, fordi de kan relateres til nogle konkrete fænomener, og fordi de har set den matematiske beskrivelse af dem. Til slut magter eleverne at have flere repræsentationsformer i spil samtidigt – de taler friere og i højere grad med anvendelse af egne ord om fænomenet.
Ved gentagen arbejde med det faglige stof, problemet, begivenheden, kommer de gennem de forskellige repræsentationsformer flere gange, og hver gang bygges videre på den viden og opfattelse, de allerede har tilegnet sig. På den måde udvikles de enkelte betragtningsmåder. Den umiddelbare fænomenologiske og billedmæssige opfattelse bliver således beriget af matematisk og begrebsmæssig indsigt og vil derfor udvikle sig, efterhånden som eleven vender tilbage til den med indsigten fra de andre former. Viden bliver konstrueret og rekonstrueret på stadig stigende niveauer af kompleksitet.
Men også skellene mellem de forskellige former vil udviskes i løbet af processen. Den fænomenologiske repræsentation – som til at begynde med kunne være udtryk for elevens umiddelbare og hverdagsagtige opfattelse (og dermed også kunne opfattes som en foreløbig begrebssættelse) – vil blive præget af den præcisere (eller måske helt anderledes) begrebsopbygning, som følger af arbejdet med emnet. Eleven ser noget nyt i fænomenet eller begivenheden og får et andet sprog om det. I en anden terminologi vil man kunne sige, at eleven indgår i en dialog med stoffet, og at tilegnelsen sker gennem denne dialog (se kapital 5). Eleven "ser", hvorledes den potentielle energi vokser, i takt med at pendulet svinger op, fordi opsvinget ligestilles med en øgning af højden over bordet. Eleven tolker umiddelbart den forøgede passagetid af fotocellerne ved tilbagesvinget som formindsket hastighed, fordi formlen $v=s/t$ toner frem, og da $E=\frac{1}{2}mv^2$ også bliver trigget af hastigheden, ses dette også som mindskning af den kinetiske energi. Han eller hun kan se bevægelses- og energigraferne for sig og kan sammenstille et sted på graferne med bevægelsestilstanden.

Repræsentationsformerne er produkter af videnskabsprocessen, de er abstraktioner af fælles elementer i fysikken, anskuelses- og forståelsesformer som fysikken har udviklet historisk. Arbejdet med repræsentationsformerne i undervisningen formidler således en sammenhæng mellem videnskabsprocessen og læreprocessen. Læreprocessen består i en rekonstruktion af videnskabens kategorier således som de manifesterer sig i repræsentationsformerne. Måske med tilføjelse af repræsentationsformer – eller med i forhold til viden-

[1] En metafor anvendt af Ole Skovsmose (Skovsmose, 1998).

skabsprocessen øget vægt på repræsentationsformer – som fremmer en forståelse og personlig meningssættelse, såsom billedlige og kinæstetiske kategorier.

En *læreproces i fysik* kan derfor beskrives som den proces, hvor den lærende tilegner sig et emnes repræsentationsformer og bevæger sig mellem forskellige repræsentationsformer af emnet. Jo mere de forskellige repræsentationsformer er integreret hos den lærende, dvs. jo flere *transformationer* og links der er imellem dem, jo bedre er vedkommendes forståelse. Det er i høj grad i transformationerne mellem de forskellige repræsentationsformer at forståelsen opstår. En transformation mellem to repræsentationer finder sted, når eleven bruger en repræsentationsform eller resultatet fra en repræsentationsform i en anden repræsentationsform. Som fx nogle af de ovenfor givne eksempler, hvor elever agerer en graf eller et fænomen, hvorved der sker en kobling mellem kinæstetiske og matematisk deskriptive og fænomenologiske repræsentationer. Eller når elever skal udpege *hvor* i pendulbevægelsen man har *det* (tilsvarende) punkt på kurven over E_{pot} og E_{kin}. Men det er samtidigt denne "oversættelse" mellem de forskellige repræsentationer, der er svært for den lærende. Undersøgelser viser således at selv om elever har lært to repræsentationsformer bruger de primært den ene (Yerushalmy, 1991), og kun få har forstået hvorledes de to former hænger sammen ((Schoenfeld, Smith, & Arcavi, 1993).

Der kan findes kognitionspsykologisk belæg for den læringsmæsige værdi af transformationer mellem repræsentationsformer i den såkaldte *konnektionisme* (eng. connectionism), se fx (Bereiter, 1991). Konnektionismen tager udgangspunkt i at hjernen fungerer i neurale netværk, hvilket betyder at mennesker har nogle grundlæggende biologiske forudsætninger for at mønstergenkende og huske associativt, i modsætning til en computers velegnethed til logiske følgeslutninger[1]. Som John St. Julien udtrykker det:

Pattern completion based on a particular history rather than logical deduction is the basic primitive operation in this conception of how the mind works.
(St. Julien, 1997)(p. 267)

Konnektionismen forsøger at udviske skellet mellem hjernen og bevidsthed, mellem individet og dets omgivelser, ved at sige at viden opbygges eller tilegnes gennem socialt formede erfaringer, hvor læringskonteksten så at sige udgør det for den opnåede viden nødvendige mønster. Viden ligger i det situationelt opbyggede mønster som omgivelserne udgør og som hjernen reproducerer i sine neurale netværk. Herved overkommes de side 88f opstillede dilemmaer om hvorvidt viden er et produkt eller en proces, individuel eller social. Samtidig kan der udledes nogle retningslinier for en effektiv undervisning:

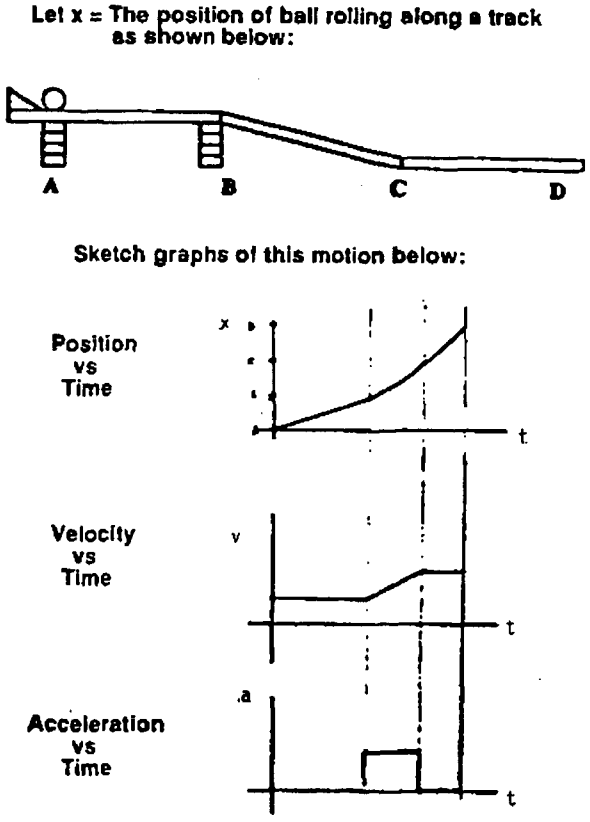
[1] Jfr. den i kapitel 5 foretagne skelnen mellem den logisk-deduktive og den narrative tilgang til verden.

The trick is to make sure that the history of its acquisition shapes a representation in which the knowledge object and its use is recalled in appropriate situations.
(op.cit. p. 268)

Netop ved at transformere mellem forskellige repræsentationer gives eleverne mulighed for at opbygge mønstre af og associationer mellem emnets forskellige fremtrædelses- eller tolkningsformer.

I fysik er der foretaget mange undersøgelser af elevers vanskeligheder med at forstå grafer som udtryk for bevægelse, dvs. at transformere mellem deskriptive, begrebsmæssige og fænomenografiske repræsentationsformer, fx (McDermott, Rosenquist, & van Zee, 1987), og alle tillægger sådanne transformationer afgørende betydning for forståelsen.

(McDermott, 1990) viser et eksempel hvor universitetsfysikstuderende, som fulgte et regnebaseret kinematikkursus, blev bedt om at skitsere de til en bevægelse hørende s-t, v-t og a-t grafer (s. 18):



Ud af 118 studerende var kun én i stand til at gøre dette korrekt (nemlig som de 3 viste kurver).
McDermott demonstrerer ligeledes hvorledes elever kan lære at regne med proportionaliteter uden at have fysisk forståelse af hvad proportionalitetsfaktoren repræsenterer:

... students often do not know how to interpret the meaning of the result obtained by dividing the mass of a substance by its volume. By referring to the formula they may recognize the result as the density, but they do not identify this number as the number of units of mass for each unit of volume. In other words, they do not picture a cubic centimetre of the substance as having a mass in grams numerically equal to the density. (op.cit. p. 19-20)

Alt I alt kan man konkludere at den forståelse af og for fysikken, som ligger i transformationerne mellem de forskellige repræsentationsformer, kun i ringe grad er udviklet hos elever, og at der ligger et stort læringspotentiale i at arbejde med sådanne transformationer i undervisningen.

Repræsentationsformerne som kompetencer

Hver enkelt repræsentationsform er udtryk for en delforståelse, og *fuld forståelse* for et fysikemne kan beskrives som en integration af de forskellige mulige repræsentationsformer af emnet, så man er i stand til frit at kunne bevæge sig mellem dem. Samtidig kan denne fulde forståelse opfattes som en kompetence, som evnen til at anvende de kvalifikationer, som forståelsen giver. Jeg udfolder kompetencebegrebet i kapitel 11, så det bliver klart at beherskelse af repræsentationsformerne ikke udgør samtlige kompetencer i fysik. De udgør en nødvendig, men ikke tilstrækkelig del af det at være en kompetent fysiker.
Den kompetente fysiker har alle vidensformerne i beredskab og kan anvende den form, som er mest hensigtsmæssig på givent tid og sted. Men han/hun har også evnen til at kunne koble forskellige repræsentationsformer, så fænomenet ses gennem alle brillerne på én gang:

The second reason for using more than one representation is that <u>expertise</u> is quite often seen as the possession and coordinate use of multiple representations of the same domain. ... Expertise is also seen as the ability to readily switch between representations ... , and, when performing a task such as problem solving, to select the representation that is most suited for the (sub)task at hand ... .
(de Jong et al., 1998) (s. 32)

Elever skal selvfølgelig ikke være eksperter, men de krav der stilles til dem i fysik forudsætter alligevel en relativ vidtgående beherskelse af de repræsentationsformer som indgår i de problemstillinger der behandles. Når elever arbejder med et batteri i ellære, skal det ses

af dem som en energikilde, som noget der kan tilføre de enkelte elektroner en vis energimængde, og de skal kunne koble det med et spændingsbegreb. Denne begrebsmæssige forståelse af et batteri skal eleverne kunne anvende i et kredsløb og kunne tolke ind i tegningen af batteriet – fx ligestille symbolet for spænding med begrebet spænding.

Et sådant kompetencebegreb harmonerer med et mere holistiske læringssyn, som fx Shepard udtrykker det:

Hvad om læring ikke er lineær, og hvad om vi ikke lærer ved at sætte den ene bid sammen med den anden? Hvad om læringsprocessen mere er som en roman af Faulkner hvor man får glimt af de enkelte ideer før historien falder på plads? ... ((Shepard, 1991), her efter (Dysthe, 1995))

Hvis læringsprocessen er en sådan vandren på kryds og tværs i et læringsmæssig landskab, er det vigtigt, at eleverne ledes ud i alle delene af landskabet og gør sig klart, hvorledes det hænger sammen.

Andre læringsmæssige fordele

Ud over at være en nødvendig vej til læring udgør arbejdet med repræsentationsformer yderligere to fordele. Det giver en metaforståelse af fysikken, ved at indse at alt kan repræsenteres på samme vis. Man får herigennem et *generelt betragtningsapparat.* Denne generelle tilgang til fysikken kan måske desuden *mindske læringens situerethed.* Dette hænger sammen med kvaliteten af den læring der finder sted ved hjælp af mange repræsentationsformer, se fx (St. Julien, 1997).
I en artikel om hvorledes multiple repræsentationer kan fremme læring - *The functions of multiple representations* af Shaaron Ainsworth (Ainsworth, 1999) – opstilles en funktionel taksonomi over anvendelser af multiple repræsentationer i forskellige eksisterende læringsmiljøer. Ainsworth tildeler multiple repræsentationer tre funktioner:

- en supplerende/komplementerende rolle idet forskellige repræsentationer tydeliggør forskellige forhold ved det samme fænomen. Det betyder at man kan finde den repræsentation der passer bedst til opgaven, eller som passer bedst til den enkelte elevs læringsstil.
- fremtvinge og støtte tolkning. At anvende kendskab til en repræsentationsform til at indskrænke tolkningen af en anden
- Uddybe forståelse

Den første funktion viser en lidt anden opfattelse eller brug af repræsentationsformsbegrebet end den jeg anlægger ved læring af et fysikfænomen. Ainsworth ser forskellige repræ-

sentationer som valgmuligheder der hver især er lige gode, og hvor man vælger den der passer bedst til den foreliggende opgave eller ens egen læringsstil. Jeg mener nok, at man ved opgaveløsning kan vælge den form der giver den letteste eller mest elegante løsning og at man ved læring kan vælge den indgang der passer én bedst. Men jeg mener ikke der ved læring af en emne er nogen vej uden om alle repræsentationsformerne. Det er noget forskelligt man lærer gennem de forskellige former, og de er alle nødvendige for at opnå en fuldstændig forståelse. Men man kan selvfølgelig starte processen hvor man vil.
De to sidste punkter i Ainsworths oversigt er mere interessante, idet der herigennem argumenteres for at flere repræsentationsformer giver en dybere og mere abstrakt forståelse. Ainsworth fokuserer her på abstraktion i betydningen reifikation og referer til Kaputs definition:

Reflective abstraction as the process of creating mental entities that serve as the basis for new actions, procedures and concepts at a higher level of organisation.
(Ainsworth 1999, p. 141)

Ved at arbejde med flere repræsentationer vil der så at sige kunne udkrystallisere sig en forståelse af de bagvedliggende strukturer. Man "fanger ideen" i et komplekst felt som fx dynamikken i Newtons love.

PÆDAGOGISKE OG DIDAKTISKE KONSEKVENSER

Fysikken, som den bedrives i gymnasiet, betjener sig af de nævnte repræsentationsformer i sin behandling af emner og fænomener, og det er derfor også er nødvendigt, at eleverne i vid udstrækning kender dem og kan bruge dem. De skal kunne skifte imellem dem alt efter, hvad der er mest hensigtsmæssigt i den givne situation.
Det svære ved fysik er, at de fleste emner kræver beherskelse af de fleste af de forskellige repræsentationsformer. Ofte samtidigt. Denne sammenhæng og adskilthed er svær at orientere sig i. De enkelte arbejdselementer giver måske mening i sig selv, men kan ikke altid relateres til helheden. Hvis man spørger eleverne under en fysikøvelse, hvorfor de gør det, de gør det pågældende øjeblik, vil svaret ofte være, at det er fordi, det står i øvelsesvejledningen. De ser det ikke som en del af en større helhed, og de ved ikke, hvordan det relaterer sig til helheden. Eleverne ved ikke altid, hvad pointen i at tegne en graf er, mens de gør det. Men når de bliver bedt om at finde hældningskoefficienten og tolke den i relation til et fænomen, kan grafen blive meningsfuld. Det er de mange gennemløb af alle repræsentationsformer for den samme begivenhed, der meningssætter de enkelte repræsentationsformer i sig selv – hvilket nemlig paradoksalt nok vil sige i relation til de andre!

Ud fra denne opfattelse af hvad læring i fysik indebærer, kan man derfor opstille nogle retningslinier for undervisningen: Man må som lærer overveje, hvilke repræsentationsfor-

mer der er relevante for et givet emne, og hvorledes de manifesterer sig i emnet. Det konkrete emne med dets historisk betingede vægtning af indhold og tilgang vil afgøre, hvilke repræsentationsformer der er mulige, og hvilke der er relevante.
Fx vil kvantemekanik i gymnasiet næppe indeholde megen eksperimenteren (eller den gør det ikke traditionelt, og der er derfor stort behov for at udvikle passende eksperimenter og inddrage dem i undervisningen). Derimod vil læring af atom- og kernefysik utvivlsomt fremmes af inddragelse af modeller og analogier i undervisningen for at kunne relatere de usynlige fænomener med mere kendte. Og det vil være mere nødvendigt at arbejde med billedmæssige repræsentationer inden for dette emneområde end fx ved arbejde med kinematik.
Nogle historisk/filosofiske emner vil måske ikke kræve så mange matematisk symbolske repræsentationer.
Men de fleste emner vil umiddelbart set blive lært bedst ved at komme de nævnte repræsentationsformer igennem.

Fremtving transformationer

Som lærer vil det være nyttigt at tilrettelægge undervisningen, så alle de mulige repræsentationsformer bliver gennemarbejdet – flere gange. Man må tvinge eleverne til at skifte mellem de forskellige former fx ved hjælp af spørgsmål, opgaver, øvelser. Ikke således at det bliver en diffus cyklen rundt mellem nogle strukturelle størrelser, men så det klart fremgår, hvorledes de udspringer af det behandlede fænomen. Samtidig kan man bevidstgøre eleverne om, hvilke repræsentationsformer de arbejder med, når de gør det, så repræsentationsformerne efterhånden bliver kompetencer, redskaber, de selv kan anvende i behandling af fysiske problemstillinger.
Man kan også forestille sig, at man lader grupper diskutere et fysisk fænomen eller emne med det krav, at de enkelte elever i gruppen skal indgå i diskussionen/samtalen med hver sin forskellige repræsentationsform som udgangsposition.
Jeg har i min egen undervisning givet eleverne klip om det samme emne fra flere forskellige lærebøger for at få forskellige vinklinger på det.
Måske kunne man, efter at have undervist i et emne, bytte klasse med en anden fysiklærer, der underviser i samme emne i samme periode, således at man hver især også underviser dens andens klasse i emnet.

Udvid arsenalet af repræsentationsformer

Der ligger et stort fysikdidaktisk arbejde i at udvikle hele spektret af repræsentationsformer inden for de emner, man arbejder med i gymnasiet. Man har traditionelt arbejdet meget med matematiske, begrebsmæssige og eksperimentelle repræsentationer, hvorimod der er en svag tradition for at anvende især den billedmæssige og den kinæstetiske repræsentationsform i gymnasiet. En undersøgelse af de skriftlige studentereksamensopgaver i fysik

(Claussen, Dolin, Gregersen, & Michelsen, 2000) viser da også, at netop det at tegne ikke indgår i elevers opgaveløsning, på trods af at det ville kunne hjælpe mange på vej til en løsning af de stillede opgaver. Arbejde med disse repræsentationsformer har derimod større udbredelse i folkeskolen, så megen inspiration kan utvivlsomt hentes her. Men også i udlandet er der arbejdet meget hermed. Glynn and Takahashi har undersøgt betydningen af at anvende analogier i scienceundervisning og konkluderer, at det i høj grad har fremmet elevernes begrebsforståelse:

The analogy provided both a conceptual foundation and a bridge to understanding the relatively abstract, less familiar target concept
(Glynn & Takahashi, 1998)(p. 1145)

Desuden øgede det hukommelsen:

... the analogy presumably acted as a mediator and made the corresponding features of the target more understandable and therefore memorable. The analogy facilitated students' recall of target features both immediately after text study and 2 weeks later. Thus, the effect of the analogy was a stable one (samme, p.1144/45)

I den beskrevne undervisning blev analogierne konstrueret gennem seks trin:

1. Introduktion af det der skal laves analogi af
2. Forklaring af analogien
3. Identifikation af relevante karakteristika
4. Kortlægning af ligheder
5. Påpegning af hvor analogien bryder sammen
6. Konklusion

Det vil være nyttigt at lære elever at udvikle en strategi i lighed med ovenstående, så de selv kan udvikle analogier, ligesom det som lærer er nyttigt at have et beredskab af analogier til brug i undervisningen.
Det er selvfølgelig vigtigt at vælge analogien med omhu, og at gøre meget ud af det næstsidste punkt i konstruktionsprocessen. En fejlagtig analogi eller en analogi, hvor svaghederne ikke påpeges, kan være med til at opbygge og fastholde fejlopfattelser.

(Dolin & Ingerslev, 1994b) fortæller om erfaringer med at lade elever imitere en bølge for hinanden. Dette gav eleverne en kropslig oplevelse og dermed en bedre forståelse af begrebet. Da de efterfølgende så på en mekanisk bølgesimulator, diskuterede de meget engageret hvad de havde gjort rigtigt, og hvor det var gået galt. De fik koblet deres kinæstetiske repræsentation med en billedlig (metaforisk).

Sådanne motoriske aktiviteter er også mere almindelige i folkeskolen end i gymnasiet, og igen tror jeg, at der er store muligheder for at hente inspiration til gymnasiet fra vores egen folkeskole og fra udlandet.

I sin undervisning har x-klassens lærer (i ALF-projektet) flere gange fokuseret på tegningens betydning især i opgaveregning og har stillet opgaver, hvis erklærede formål var at lære at tegne en tegning som en vej til løsning af opgaven.
(Horst, 1999) giver en række gode eksempler på illustrationers funktion og uundværlighed (fra universitetsfysikken). Han skriver

Fysik bliver først rigtig anvendelig når man besidder de matematiske færdigheder der gør faget til et fremragende redskab til kvantitative forudsigelser – en evne som muligvis ikke findes tilsvarende i noget andet fag. Men hvor matematikken i høj grad giver fysikken sin store anvendelighed, mener jeg billederne er afgørende for forståelsen. For mig at se er der ikke noget enten eller mellem matematisk formalisme og visuelle fremstillinger det er to sider af samme fag! (s.93)

Kvalitative contra kvantitative tilgange

Hvor man skal starte må afhænge af den konkrete situation, men ofte vil en kvalitativ (fænomenologisk) tilgang være at foretrække frem for en kvantitativ (deskriptiv, matematisk symbolsk). Wagenschein skrev i 1962:

Teach qualitative knowledge first, avoid premature quantitative knowledge (her efter (Jung, 1993)).

Det vil fx sige at man ved en fysikøvelse i et emne, man lige er startet på, ikke skal fokusere på måling af størrelser, men snarere på en kvalitativ beskrivelse af fænomenet. Derefter kan man evt. lade eleverne samle måleresultater som kan bruges til en matematisk repræsentation.

De nævnte repræsentationsformer har forskellig vægtning af kvalitativ og kvantitativ fysik. Den fænomenologiske og den billedmæssige og kinæstetiske tilgang er de mest kvalitative, mens den deskriptive og den matematisk symbolske tilgang er de mest kvantitative. Valget af faglig tilgang får derfor betydning for vægtningen mellem det kvalitative og det kvantitative aspekt i fysikken. Mange undersøgelser[1] viser nytten af at arbejde med kvalitative tilgange. En kvalitativ repræsentation af et problem vil ofte kunne organisere det opstillede problem på en måde, som fremmer en løsningsmetode, som mere naturligt aktiverer de formler, der skal anvendes. Dette skal ses i modsætning til mange elevers bevidstløse an-

[1] (Larkin, 1983) har samlet en række af disse undersøgelser.

vendelse af formelsamlingen, når de skal løse opgaver. At løse problemer i fysik er i høj grad et spørgsmål om at kunne indpasse det foreliggende problem i fysikkens verden. At kunne indkredse hvilket emneområde problemet er rejst inden for, hvilke forudsætninger der er gjort, hvilke typer fænomener vi ser på osv. Først til sidst skal de kvantitative formler anvendes.
Kneser & Ploetzner har gennemført et undervisningsforsøg for tiende klasse vedrørende samarbejdsbaseret problemløsning og forståelse. To grupper elever blev undervist i hhv. kvantitative eller kvalitative aspekter af klassisk mekanik efter to forskellige undervisningsplaner. Derefter blev eleverne sat sammen parvis, en fra hver gruppe, og disse grupper skulle løse problemer, som ingen af de to havde forudsætninger for at løse. Elevernes samarbejde blev fulgt og deres dialoger analyseret.

The first result is that students who initially were taught qualitative aspects of classical mechanics gained significantly more from the information provided by their quantitatively instructed partners that the other way around. This finding suggests that teaching qualitative aspects of classical mechanics first provide a better starting point for later learning than teaching quantitative aspects first.
(Kneser & Ploetzner, 2000)(p. 79)

At lære kvalitative aspekter først øger således evnen til at udnytte anden viden.
Mange problemer kan principielt løses rent kvalitativt, og brugen af et større formelapparat vil blot virke forvirrende. (Hewitt, 2001) har udviklet et fysiksystem baseret på disse ideer, og en række universiteter i USA arbejder efter Hewitts retningslinier, fx C^3P projektet ved University of Dallas (Olenick, 2001).

I sidste ende er vægtningen mellem det kvalitative og det kvantitative også et udtryk for hvilket formål, man har med fysikundervisningen. Fysik er uden diskussion også et kvantitativt fag, men det kvantitative giver kun mening på baggrund af en solid kvalitativ forståelse. Hvis vægten lægges på kvantitative sider, vil det ofte flytte fokus fra en begrebsforståelse over til gold formelrytteri.
Desuden vil en øget vægtning af modellering og kritisk forholden sig til modeller nok stille større krav til beherskelse af kvalitative argumenter (se kapitel 7).

KOBLING TIL GARDNERS MULTIPLE INTELLIGENSER

Det er vigtigt at slå fast at repræsentationsformerne, som jeg bruger dem, ikke er udsprunget af nogen læringsteori. Man kan således ikke ud fra en generel teori om, hvad læring er, argumentere for at de skulle udgøre nødvendige aspekter af en læreproces (som fx Bruners tre repræsentationsformer der postuleres tilsammen at dække det menneskelige erkendelsesspektrum). Men jeg mener nok det vil være muligt at koble dem til fx Howard Gardners

teori om multiple intelligenser (Gardner, 1983). Hvis menneskets intelligens er sat sammen af en række forskellige intelligenser for fx sprog, det logisk-matematiske, det rumlige, det kropslig-kinæstetiske, det personlig-indre mm. er det ikke så underligt, at der gennem tiden har udviklet sig nogle betragtningsmåder på omverdensfænomener, som hver især har deres udspring i disse intelligenser. Og da der også er udviklet en læringsteori med udgangspunkt i Gardners intelligensteori, vil man måske ad denne vej kunne argumentere for at læreprocesser i fysik (som i alle andre fag) bør tage udgangspunkt i de forskellige repræsentationsformer. En forståelse, som dækker hele intelligensspektret – og en undervisning som tilgodeser alle de forskellige elevtypers forskellige intelligensprofiler – skal derfor komme gennem alle de forskellige intelligensers måde at repræsentere og forstå verden på. (Laursen, 1997) har samlet en række tekster af Gardner, som dækker hans teoretiske overvejelser, og som giver nogle bud på undervisningsmæssige konsekvenser. I en af disse skriver han (s. 206):

Jeg mener selv, at man kan gå til ethvert godt, givende emne – ethvert begreb der egner sig til undervisning – på mindst fem forskellige måder, som groft sagt tager højde for de mange intelligenser. Vi kan tænke på emnet som et rum med mindst fem døre eller indgange.

De fem indgange er (med evolution som eksempel) (efter Laursen 1997, s. 206ff):

- En *fortællingsindgang* som præsenterer en historie eller fortælling om det aktuelle emne. Man kan følge forløbet for en enkelt gren af evolutionens træ eller generationer af en bestemt organisme.
- En *logisk-kvantitativ* indgang anvender talmæssige overvejelser eller deduktive ræsonnementer, fx ved at se på forekomsten af arter i forskellige dele af verden eller til forskellige tider, eller ved at argumentere for og imod en bestemt påstand om evolution.
- En *grundlagsorienteret* indgang undersøger filosofiske og terminologiske aspekter af begrebet. Det kunne være en overvejelse af forskellen mellem evolution og revolution.
- En *æstetisk* tilgang lægger vægten på det sansemæssige eller udvendigt kunstneriske. I et evolutionsforløb kunne man undersøge strukturerne i forskellige evolutionstræer.
- En *empirisk* indgang er den praktiske metode som arbejder med konkrete materialer, fx ved at avle bananfluer, krydse planter o.l.

Der er desuden udgivet en række (især) amerikanske lærebøger, som er skrevet med inddragelse af Gardners teori, hvor der lægges vægt på at stoffet præsenteres på de forskellige måder, som svarer til de forskellige intelligensformer (se fx (Lazear, 1990)).

LITTERATUR

Ainsworth, S. (1999). The functions of multiple representations. *Computers & Education, 33*, 131-152.

Baird, J.;Northfield, J.;(dansk redaktion: Dolin, J. & Ingerslev, G. (Eds.). (1995). *Erfaringer fra PEEL projektet.* Århus: Klim.

Bereiter, C. (1991). Implications of Connectionism for Thinking about Rules. *Educational Researcher, 20*(3), 10-16.

Beyer, K. (1992). Det er ikke tænkning det hele. In H. Nielsen & A. Paulsen (Eds.), *Undervisning i fysik - den konstruktivistiske idé.* København: Gyldendal.

Bruner, J. (1998). *Uddannelseskulturen.* København: Munksgaard.

Baandrup, H.;Christoffersen, K.;Damberg, E.;Dolin, J.;Heise, I.;Ingerslev, G. & Lau, J. (1996). *Forsøg nu! - om undervisningsdifferentiering og læreprocesser i gymnasiet og hf* (Vol. 17). København: Undervisningsministeriet, Gymnasieafdelingen.

Claussen, C.;Dolin, J.;Gregersen, K. & Michelsen, C. (2000). *Eksamensopgaver i fysik - en analyse af opgavesættet ved skriftlig studentereksamen maj 1998.* København: Uddannelsesstyrelsen, Det gymnasiale område.

Damberg, E. (1994). Det handler ikke bare om at lære ... om udviklings-, indlærings- og motivationspsykologi. In E. Damberg (Ed.), *Pædagogik & Perspektiv. En gymnasial didaktik.* København: Munksgaard.

de Jong, T.;Ainsworth, S.;Dobson, M.;van der Hulst, A.;Levonen, J.;Reimann, P.;Sime, J.-A.;van Someren, M. W.;Spada, H. & Swaak, J. (1998). Aquiring knowledge in Science and Mathematics: The Use of Multiple Representations in Technology-Based Learning Environments. In M. W. van Someren;P. Reimann;H. P. A. Boshuizen & T. de Jong (Eds.), *Learning with Multiple Representations.* Amsterdam: Pergamon.

Dolin, J. & Ingerslev, G. (1994a). At lære at lære - om PEEL-projektet. In E. Damberg (Ed.), *Pædagogik & Perspektiv. En gymnasial didaktik.* København: Munksgaard.

Dolin, J. & Ingerslev, G. (1994b). Procesorienteret skrivning i dansk og fysik. In A. C. Paulsen (Ed.), *Naturfagenes pædagogik - mellem udviklingsarbejder og pædagogik.* Frederiksberg: Samfundslitteratur.

Dysthe, O. (1995). *Det flerstemmiga klasserummet.* Oslo: Ad Notam.

Eysenck, M. W. & Keane, M. T. (1999). *Cognitive Psychology. A Student's Handbook (chap. 9).* Hove: Psychology Press.

Gardner, H. (1983). *Frames of Mind. The Theory of Multiple Intelligences.* NY: Basic Books.

Glynn, S. M. & Takahashi, T. (1998). Learning from Analogy-Enhanced Science Text. *Journal of Research in Science Teaching, 35*(10), 1129-1149.

Greeno, J. G. & Riley, M. S. (1987). Processes and Development of Understanding. In F. E. Weinart & K. R. H. (Eds.), *Metacognition, motivation and understanding.* London: Lawrence Erlbaum Associates.

Hansen, M. (1997). *Intelligens og tænkning - en bog om kognitiv psykologi.* Horsens: Åløkke.

Hewitt, P. G. (2001). *Conceptual Physics.* Available: http://www.conceptualphysics.com.

Horst, S. (1999). *Illustrationens kraft. Visuel formidling af fysik.* Unpublished Master, Roskilde Universitetscenter, Roskilde.

Jung, W. (1993). Uses of Cognitive Sciences to Science Education. *Science&Education, 2*, 31-56.

Kneser, C. & Ploetzner, R. (2000). Collaboration on the basis of complementary domain knowledge: observed dialogue structures and their relation to learning succes. *Learning and Instruction, 11*(1), 53-83.

Kress, G. (1998). Repræsentation, læring og subjektivitet: Et socialsemiotisk perspektiv. In J. Bjerg (Ed.), *Pædagogik - en grundbog til et fag* (pp. 189-223). København: Hans Reizels Forlag.

Larkin, J. (1983). The Role of Problem Representation in Physics. In D. Gentner & A. Stevens (Eds.), *Mental Models*. London: Lawrence Erlbaum Associates.

Laursen, P. F. (Ed.). (1997). *Howard Gardner: De mange intelligensers pædagogik*. København: Gyldendal.

Lazear, D. (1990). *Seven ways of knowing - teaching for multiple intelligences*: Hawker Brownlow Education.

McDermott, L. (1990). A View From Physics. In M. Gardner;J. G. Greeno;F. Reif;A. H. Schoenfeld;A. Disessa & E. Stage (Eds.), *Toward a scientific practice of science education*. Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.

McDermott, L. C.;Rosenquist, M. L. & van Zee, E. H. (1987). Student difficulties in connecting graphs and physics: Examples from kinematics. *American Journal of Physics, 55*(6), 503-513.

Olenick, R. (2001). *C3P*. Available: http://www.udallas.edu/C3P/.

Reimann, P. (1999). The role of external representations in distributed problem solving. *Learning and Instruction, 9*(4), 411-418.

Roth, W.-M. (1995). *Authentic School Science* (Vol. 1). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

Schoenfeld, A. H.;Smith, J. P. & Arcavi, A. (1993). Learning: The microgenetic analysis of one student's evolving understanding of a complex subject matter domain. In R. Glaser (Ed.), *Advances in instructional psychology* (Vol. Volume 4, pp. 55-175). Hillside, NJ: Erlbaum.

Shepard, L. (1991). Psychometricians' beliefs about learning. *Educational Researcher, 25*(1).

Skovsmose, O. (1998, 24.-28.oktober). *Undersøgelseslandskaber*. Paper presented at the NOMUS III: Læreprocesser i Matematik, Søminestationen.

St. Julien, J. (1997). Explaining Learning: The Research Trajectory of Situated Cognition and the Implications of Connectionism. In D. Kirshner & J. A. Whitson (Eds.), *Situated Cognition. Social, Semiotic, and Psychological Perspectives*. London: Lawrence Erlbaum Associates.

Thorley, N. R. & Stofflett, R. T. (1996). Representation of the Conceptual Change Model in Science Teacher Education. *Science Education, 80*(3), 317-339.

Yerushalmy, M. (1991). Student perceptions of aspects of algebraic function using multiple representation software. *Journal of Computer Assisted Learning*(7), 42-57.

Kapitel 5
DIALOGISKE PROCESSER I FYSIK

Som det fremgår af kapitel 2 var gruppearbejdet et af de bærende elementer i undervisningen i x-klassen. Elevernes fysikforståelse voksede i vid udstrækning frem som et resultat af deres indbyrdes dialoger. Jeg vil i dette kapitel etablere et teoriapparat, som kan indfange og begrebssætte læringspotentialet i denne type undervisning. Teorien belyser ydermere læringsproblemer og -muligheder i en klassisk lærer-elev klassesamtale.
Jeg vil først trække tråden op fra konstruktivismekapitlet ved at udfolde forskellene mellem den individuelle og den sociale tilgang til læring. Jeg vil med afsæt i den socialkonstruktivistiske, Vygotsky-inspirerede opfattelse udvikle dialogens rolle i læreprocesserne og hvad der kan forstås ved *dialogisk læring*, som det første afsnit hedder.
Jeg vil også trække en tråd tilbage til kapitel 4 om fysik som et fag, der stiller krav om forståelse gennem arbejde med forskellige repræsentationsformer og koble dette til dualismen i en logisk-deduktiv og en narrativ tilgang til viden i afsnittet *fysik som fortælling*.
Disse to tråde vil jeg til sidst spinde sammen i et afsnit om *dialogisk orienteret fysikundervisning*. Jeg vil her fokusere på, hvorledes dialogen kan foregå i undervisningen. Jeg vil afklare hvilke diskurser og samtaleformer, der er i spil og diskutere deres sammenhæng.
Til slut vil jeg *opsummere og diskutere* styrker og svagheder ved en dialogisk orienteret fysikundervisning.

DIALOGISK LÆRING

Kapitlet om konstruktivisme viste spændvidden i læreprocesteorier med et konstruktivistisk udgangspunkt. De havde dog en fælles kerne omkring opfattelsen af læring som en aktiv proces for den lærende, og en proces der skulle tage udgangspunkt i den lærendes viden og erfaring. De havde forskellige epistemologiske grundsyn, men det største skel af konsekvens for undervisningspraksis synes at være opfattelsen af viden som enten en individuel konstruktion eller en social konstruktion. Derfor først en kort opsummering af denne diskussion.

Mentalisme contra sociokultur - valg af analyseobjekt

Det store skel ligger mellem en radikalkonstruktivistisk læringsteori med dens mentalistiske og individualistiske opfattelse af læring og en socialkonstruktivistisk læringsteori med dens sociokulturelle opfattelse af læring. Denne modsætning har dybe rødder i den konstruktivistiske læringsteori, personificeret i Piaget og Vygotsky. Den

afspejler sig især i deres opfattelse af højere kognitive funktioner. Ifølge Piaget udvikler barnet sig via interaktion med den fysiske verden henimod beherskelse af formelle logiske procedurer. Piaget opstiller et begrebsapparat, som forklarer hvorledes individet konstruerer (især) naturvidenskabelig, logisk, matematisk viden. Ifølge Vygotsky omfatter de højere kognitive funktioner snarere aktiviteter som mening, opmærksomhed og betydning, og de udvikler sig fra det sociale rum (det interpersonelle) til det individuelle (det intrapersonelle) gennem en internaliseringsproces.
De to grundsyn blev samlet i oversigten s. 136 i kapitel 3.

Disse to opfattelser ses af mange som i bund og grund uforenelige. Efter en dybtgående analyse af de to tilgange konkluderer fx Jere Confrey:

Although the theories of Piaget and Vygotsky are undeniably useful in analyzing schooling, the frameworks are not easily reconciled at a deep theoretical level. Both present developmental viewpoints in which learning and education are important activities. Perhaps it is time for an alternative theory - one in which education gives rise to a developmental theory, rather than vice versa. ((Confrey, 1995) p. 222)

Confrey forudsiger at en sådan ny teori vil være én

... in which diversity plays a more significant role, and in which the individuality of the child is tempered by the responsibility of community and culture. (ibid. p.225)

Men hun understreger umuligheden af at integrere Piaget og Vygotsky i empiriske studier:

An integreted theory will need to reshape both theories to allow for both intracognitive and intercognitive activity. Thus, in relation to teaching and learning, it seems clear that a combination of the perspectives is an attractive alternative. The question is, How should these perspectives be combined to ensure an adequate treatment of both perspectives? Given the complexities of each theory, it seems highly likely that any empirical studies may examine one to the neglect of the other. That is, injecting Piaget into a Vygotskian perspective is likely to be no more successful than taking a Vygotskian perspective onto a Piagetian approach. (ibid. p.222)

Dette er at trække modsætningen meget hårdt op. Confrey berører noget vigtigt, når hun tildeler mangfoldigheden en stor rolle og lader individualiteten være præget af kulturen og fællesskabet, men jeg tror, at begge tilgange kan være frugtbare og komplettere hinanden i et samlet syn på læring. Se fx s. 138 hvor der argumenteres for at Piaget og Vygotsky beskæftiger sig med forskellige undervisningssituationer, og derfor nok så meget kan anvendes til at analysere forskellige slags læreprocesser, som de skal opfattes som

konkurrerende forklaringer på det samme fænomen. Jeg vil dog give hende ret i, at man i en konkret analyse ofte må vælge, hvilken tilgang man vil anvende.
Jeg vil i det følgende fokusere på en videreudvikling af Vygotskys sociokulturelle tilgang, fordi jeg tror, at man med denne indfaldsvinkel kan løse op for mange af de problemer, jeg har set elever have med at lære fysik. Det at lære fysik er også en individuel, mental handling, men den sociokulturelle tilgang tilføjer en faglig-pædagogisk dimension, som er svagt repræsenteret i almindelig undervisning. I mange tilfælde er der ved forståelses-problemer i fysik ikke tale om intellektuel uformåenhed, men om at finde ud af hvad kravene egentlig er. Hvad er det vi taler om i fysik? Hvorfor gør vi det vi gør? For mange elever, hvad enten de har intellektuelt svært ved tankeprocesserne eller ej, er det frugtbart at opfatte fysikfaget som en bestemt måde at betragte verden på og en bestemt måde at tale om verden på. Dette kan af nogle opfattes som selve faget, hvori resten (formlerne, begreberne) er indlejret, og af andre som en indgang til det egentlige, som for dem vil være formlerne og begreberne. Uanset fagopfattelse er sociale processer en vigtig del af læreprocessen i et fag, ikke kun som et pædagogisk hjælpemiddel, men som en del af selve fagligheden, der hvor faget konstitueres og giver mening for eleverne. Der er i den forstand tale om at eleverne skal lære fysikkulturen.
Som Lemke skriver:

When we talk science, we are helping to create, or re-create, a community of people who share certain beliefs and values. We communicate best with people who are already members of our own community: those who have learned to use language in the same ways that we do. When the people with whom we are trying to communicate use language differently, use it in ways that make sense of a subject differently than we do, communication becomes much more difficult. Science teachers belong to a community of people who already speak the language of science. Students, at least for a long time, do not. Teachers use that language to make sense of each topic in a particular way. Students use their own language to put together a view of the subject that can be very different. This is one reason why communication science can be very difficult. We have to learn to see science teaching as a social process and to bring students, at least partially, into this community of people who ***talk science*** .((Lemke, 1990) p. x)

Resten af dette kapitel vil jeg koncentrere mig om det vigtigste medierende værktøj i den sociokulturelle tilgang, nemlig sproget. Jeg vil fokusere på *samtalen* i fysikundervisningen, og på hvorledes læring sker gennem sproglige processer i en social sammenhæng. Disse processer bygger for mig at se i en vis udstrækning bro mellem den mentalistiske og sociokulturelle konstruktivisme.
Først en uddybning af den betydning som hhv. det mentalistiske og det sociokulturelle læringssyn tildeler sproget.

Sprogets rolle

I von Glasersfelds fortolkning af Piaget er det en central pointe, at meningen med et ord skabes af den enkelte sprogbruger:

The subjective element is inevitable because the semantic connection that ties sound-images to meanings has to be actively formed by each individual speaker ((von Glasersfeld, 1995) p. 134)

Her henviser von Glasersfeld til den repræsentation, der ifølge de Saussure knytter sig til enhver forbindelse mellem et ords lydbillede og det tilhørende begreb.
Den enkeltes associationer til et ord påvirkes naturligvis af, hvordan man har hørt andre bruge ordet, men

No one but you can make <u>your</u> association, and noone but you can isolate <u>your</u> sound-image and whatever <u>you</u> conceptualize in your experiential field. (op.cit. p.135)

Man tilskriver altså sin egen mening ud fra individuelle erfaringer og tilpasser så disse meninger ved at afprøve dem og se, hvad der virker i sproglig interaktion med andre. Den mening, man hver især tilskriver ordet (og det tilhørende lydbillede), er ens egen tolkning af en ydre-verdens hændelse og ikke en afbildning af den. Forskellige personer, som diskuterer et emne, opbygger ikke ens billeder, som repræsenterer en af iagttagerne uafhængig virkelighed:

What a word means is always something an individual has abstracted from his or her experience - it may prove to be compatible with the abstraction another has made, but it can never be shown to be the same. (op.cit. p. 142)

I kommunikationen med andre, som er den regulerende faktor for éns meningsdannelse, prøver man også at forstå, hvad andre siger og skriver. Denne forståelse er ikke nødvendigvis kompatibel med den andens forståelse, og en eventuel kompatibilitet kan ikke testes umiddelbart og direkte i udsagnet, men kun ved efterfølgende at undersøge om den anden siger eller gør noget, som modsiger de forventninger, den modtagende har ud fra sine tolkninger.

Der er således i Piaget-perspektivet indbygget en uundgåelig usikkerhed i den sproglige kommunikation. Dette aspekt af den individuelt orienterede konstruktivisme er uddybet af Luhmann, se kapitel 3. Ikke kun som lærer, men også i hverdagslivet kan jeg nikke genkendende til meget i denne fremstilling. Jeg er ikke uenig med familien i, hvad en kop er, eller hvor stor telefonregningen er, men når talen kommer til hvad "stor" er, indholdet i en aftale, meningen med ordet "vigtig" osv., kan der åbenbare sig store meningsforskelle.

Men erkendelsen af at der er forskellige, ligeværdige tolkninger af den samme situation, åbner for en produktiv tilpasning.

Man har således nok et slags generelt, accepteret billede af ord, på en måde så man kan løse en kryds og tværs, hvori ordet optræder. Man har hvad Leontjev vil sige: forstået *betydningen*[1]. Men den individuelle *mening* kan godt indeholde nuancer, som ikke indgår i, eller som varierer fra betydningen.

I et Vygotsky-perspektiv er de fælles aktiviteter og kommunikationen med andre selve de omstændigheder, gennem hvilke mening dannes og internaliseres. Vygotsky vil ikke adskille den individuelle meningstilskrivelse fra den sociale. Den sociale, og herunder sproglige, aktivitet ses ikke som en regulerende faktor for den individuelle konstruktion, men som selve konstruktionsprocessen. Som et af de kendteste Vygotsky-citater lyder:

Sprogets struktur er ikke en enkel afspejling af tankens struktur. ...
En tanke som omsættes i sprog omstruktureres og forandres. Tanken bliver ikke udtrykt i ordet, den bliver til gennem ordet. (Vygotsky, 1971)

Mentalisme versus socialsemiotik

Forskellen mellem et Piaget-perspektiv og et Vygotsky-perspektiv på sproget minder om, hvad Lemke kalder et *mentalistisk* grundsyn kontra et *socialsemiotisk* grundsyn:

Mental models treat cognitive processes as isolated phenomena that happen within a single mind isolated from others, as mental processes isolated from social processes ((Lemke, 1990) p. 192)

Mentalismen opfatter alle bevidstheder som fungerende på samme måde eller efter samme logik. Man kan således fx aflure hvorledes eksperter tænker og løser opgaver for at "omprogrammere" andre (læs: elever) til at tænke på samme måde. Udgangspunktet er de alvidende personers, eksperternes, holdninger og værdier og tænkemåder, som skal overføres til andre, mindre vidende, uanset disses værdier og tankesæt. Denne opfattelse af forholdet mellem elever, lærer og fag er den traditionelle, som konstruktivismen netop er vokset frem som en kritik af. I den her omtalte form ses der også at være stor overensstemmelse mellem mentalisme og den i kapitel 3 omtalte informationsbehandlingsteori.
I modsætning hertil prøver socialsemiotikken at afdække hvorledes mennesker skaber mening - med sig selv, hinanden og verden – gennem sproget. Intet har mening i sig selv.

Meninger skabes gennem handlinger, hvor vi - hver især og på hver vores måde - kontekstualiserer praksis:

The meaning we make for an action or event consists of the relations we construct between it and its contexts. Making meaning is the process of connecting things to contexts. (op.cit. p. 187)

Skellet er således nok mellem læring betragtet som en personlig eller som en social proces, men perspektivet udvides til også at omfatte en forskel mellem at se læring som primært en kognitivistisk/mentalistisk proces eller primært en kulturel proces.
Jeg vil inddrage denne udvidelse i mine to perspektiver på læring.

Man kan i et mentalistisk Piaget-perspektiv opfatte viden som noget den enkelte tilegner sig i en ofte social kontekst. Udgangspunktet er her den enkelte, og de sociale omgivelser er en væg at spille bold op ad. Hvert enkelt individ kan i princippet opbygge sin egen forståelse og mening.
Eller man kan i et socialsemiotisk Vygotsky-perspektiv opfatte viden som den kulturelle, sociale aktivitets opbygning af relationer, forestillinger, strukturer som giver den enkelte mulighed for at skabe mening ved at være en del af det opbyggende fællesskab.
At de to forskellige tilgange til videnskonstruktion i praksis kan være svære at skille ad, viser følgende eksempel.

Hvad er der specielt ved massedefekt? - et eksempel

Vi er i 2x lige efter efterårsferien.
Klassen arbejder med kernefysik ud fra Manhattan-projektet. Vi kommer ind 10 min inde i anden lektion i en tripeltime, lige efter frokost. Som sædvanlig arbejder klassen i grupper, og Rie, Clara, Jesper, Dave og Helle er i gruppe sammen. Gruppen diskuterer massedefekt, og Rie har svært ved at forstå, hvad betyder, og hvad det egentlig skal bruges til.

0.00 R ...men hvad er det, der er så specielt [ved massedefekt]?
H Det gør at det hele kommer til at passe sammen
R men det øh passer jo ikke sammen
C jo, når man tager massedefekten med
H -så passer det sammen
R jaa [nølende]
C Det er vigtigt fordi ellers så passer beregningerne ikke sammen, så bliver det ikke det, det skal blive

[1] Leontjev skelner mellem *mening*, som er den personlige tolkning mennesker giver en hændelse, en begivenhed, et fænomen, og *betydning* som er det afkast den kulturelle praksis giver. Man skal iflg. Leontjev give en ting personlig mening (individuelt eller kollektivt) for at kunne give den betydning.

R altså, massedefekt det er, at når der er, at når man trækker de der elektronbaner fra, så vejer det jo mindre end de der nukleoner, ik'. Hvorfor er det så specielt? Hvorfor ...?

C Fordi ellers passer det der regnskab ikke *sammen*
[Rie tænker]

R Nå?

C Og det hele skal hænge sammen matematisk [pause] ... ellers kan vi jo ikke sige det virker, vel?

R ...det hænger jo ikke sammen..

C ...jo når man tager begrebet massedefekt *med*

R Ja, men hvis man ikke tager massedefekt med

C Jamen det er jo derfor det er så vigtigt [ser længe undersøgende på R]

[Jesper kommer med en kommentar helt uden for konteksten:]

0.46 J Du har en elefant i øret Clara

C hm, bare det ikke er en kæp i øret, ik'?
[Clara vælter sin vandflaske]

J Hvis der havde været vand i den så ...[mumle] .. Eller hvis låget havde været af..
[alle i gruppen sidder i egne tanker - i lang tid. C tager tråden op]

1:29 C [henvendt til Rie] Det kan du godt se, ik'?

R Nej jeg kan ik'. Altså her er en kerne, ik'? Og her er elektronbanerne [viser på bordet]. Når man trækker elektronbanerne fra kernene, så er det man får, det vejer mindre end ... kernen.. [ser spørgende på Clara]

[Jesper er stadig ikke med i diskussionen:]

1:45 J [Henvendt til hele gruppen] Skal vi ikke lave opgave 4a, eller øvelse 4a?

C [henvendt til Rie] Jo, ja

J Selv om vi har spørgsmål til, så kan vi bare tage det hen ad vejen

R So what??

J ... jeg synes bare vi skal komme igang

D Men, hvor er I nået til?

H 4.1

2:00 C,R[Henvendt til hinanden] Okay [ser sammen i Manhatten- bogen]

R [læser højt] He-4-kernens masse er mindre end summen af dens bestanddeles masser! Dette fænomen viser sig for alle atomkerner, og det kaldes massedefekten.

C [henvendt til Rie] Kan du ikke se, man har et tal, et tabeltal, det er det der He-4-kernens masse, ik', det er et tabeltal. Så her ovre regner man ud hvad den sku' veje, ik'?, de to tal passer ikke sammen. De sku' være det samme ikke?

R Jamen hvorfor laver man så ikke bare tabellen om?

C Fordi at det er noget, der er ... fordi det er noget der er udregnet, at sådan ser den ud. Altså det er noget, der står i det periodiske system, ik'?

R [forsigtigt] jah..

C at sådan ser den ud, ik'. Ligeprækcis den ser sådan ud. Og når så man regner det ud på den her måde, så passer det bare ikke sammen, vel.

R Men det giver jo ingen mening. Hvorfor regner... altså det der ...jeg forstår godt nu, at man har ... laver et eller andet fidelihut for at det passer med det tal som står i tabellen, ik'. Hvorfor laver man så ikke bare tabellen om, så det passer med det, det i virkeligheden vejer?

H Fordi man har fx taget 1 kg af det der stof, der så har man fundet ud af, hvor mange atomer der er i det, og så har man sagt, at så må ét atom veje så meget. Og så er det, at det så ikke passer, og så har de måttet finde på et eller andet begreb, der ku' forklare, hvorfor det ikke passer ...

J God idé Helle

H - og det blev massedefekt.

R [skeptisk, meget lavt] .. Jamen hvorfor kalder de det så ikke [uhørligt]

H Fordi det kan de jo ikke ... ikke når de har fundet ud af, at et atom vejer så meget. Og de har også fundet ud af, at en protron og en neutron vejer så meget, så de kan ikke rigtig lave tabellen om. Fordi så får du noget meget sjove ting, hvor du ...

3:56 C Du kan også godt se at altså, hvis vi nu siger, energien vejer noget, ik'? At der kræves noget energi til at binde det der sammen med ... og det må så skulle tælles med i ... [ser appellerende på Rie]

4:11 R Okay. Det kan jeg godt se. Det vil sige, man har kun fundet ud af at kernen eller at atomet vejer noget, men man har ikke fundet ud af at energien også vejer noget

H Det har man jo så fundet ud af bagefter

R ja, ja efter man har lavet tabellen? .. Det er så derfor man har lavet det der massedefekt ...

OKEY [afklarende] ... så det er bare, sådan, energiens skyld?

H Ja!

4:36 R Åhh! Hvor bliver vi nok enige.

C Forskellen er, at herovre der har man regnet det, altså tabelværdien der har man regnet det som én kerne eller som et atom, ikke, herovre der har man taget de forskellige små partikler og lagt dem sammen, og der har man så ikke regnet den der ...

5:00 R Okay. Wau. Dybsindigt!

I løbet af disse 5 minutter kommer Rie til en første forståelse af, hvad massedefekt er. Det er endnu ikke en forståelse, der er i overensstemmelse med lærebogen, men det første skridt er taget på vejen til en "fysikanerkendt" forståelse, ved at hun får tildelt begrebet sin egen mening, som ikke er i modstrid med den "rigtige". Hun finder ud af, at masse-forskellen skal forklares ved en energiforskel: *...så er det bare sådan energiens skyld?* (4:11).

Der er stadig et stykke vej til Q-værdi, det rigtige fortegn, uc^2 osv., men uden denne begyndelse ville resten enten ikke kunne lade sig gøre eller resultere i udvendig, forståelsestom tilegnelse.
Efter det ovenfor udskrevne klip kommer Clara ud i en situation hvor hendes opfattelse af massedefekt ikke slår til, og hun må (re)formulere sin (og gruppens) forståelse. Dette gentager sig lidt senere for Helle.

Uafhængig af det teoretiske ståsted, man betragter sekvensen fra, kan man konkludere:

1. Eleverne kommer til gruppearbejdet med forskellige grader af forståelse af begrebet massedefekt, de fleste dog helt uden eller med en meget mangelfuld, og i løbet af sekvensen ender alle med en eller anden form for forståelse, der kan anvendes som afsæt for en mere fysisk præcis begrebssætning.
2. Eleverne ville *ikke* have kunnet lære det ved hjælp af lærebogen alene. Det ses af den måde, de sidder med deres bøger på, uden at de, i sig selv, hjælper dem til at opnå en forståelse; hvorimod bogen bliver inddraget i elevernes forsøg på forklaringer. Helle er nok den, der er tættest på at have fået en forståelse ved at læse lektien.
3. De ville *ikke* have lært det, hvis læreren havde gennemgået det på tavlen. Det er en lidt hård påstand, men selv om Rie formulerer begrebet relativt klart, er det ikke nok til, at alle forstår det. Kort tid efter må Helle formulere det samme igen og derefter Clara. Det at høre det fra andre er ikke nok til at forstå det.

Individuel eller social konstruktion?

Hvad er det, vi overværer i undervisningssekvensen i relation til konstruktivismeteorierne? Er det individuel konstruktion støttet af en social kontekst? Eller er det en social konstrueret forståelse baseret på individuelle bidrag?

Begge synsvinkler giver god mening. Vi ser en afprøvning af egne tanker i et fælles rum, som leder frem til en fælles begrebssætning, og samtidig hvordan den fælles diskussion får hver enkelt til at formulere sine egne opfattelser.
Er det overhovedet vigtigt at kunne skelne mellem de to måder at lære på?
Er det overhovedet muligt at se på en undervisningssekvens med kun ét af de to sæt briller på?
Måske har vi ikke at gøre med to yderpunkter i et spektrum af læring, men med to sider af den samme sag? Det er forskellige udtryksformer for det samme?
Den indbyrdes samtale er, hvad vi umiddelbart kan iagttage, og den virker derfor som det bærende i læreprocessen. Dette udelukker naturligvis ikke, at elevernes individuelle tankevirksomhed er det, der egentlig giver erkendelserne. Man ville så kunne opfatte elevernes udsagn som deres erkendelsers sproglige udtryk. Men netop de mange pauser,

tøvende formuleringer, henvisninger til hinanden, lytten på hverandre osv. gør det meningsfuldt at betragte selve dialogen som det sted, hvor erkendelserne (også) opstår. Så lad os se nærmere på den.

Elevernes samtaleform

Hvad er det egentlig, der sker i løbet af de 5 minutter, og hvorfor er det muligt?
Først og fremmest udvikles Ries forståelse i et samarbejde med Clara og Helle. De to piger lytter til Rie og prøver at sætte sig ind i, hvad hun har svært ved, og kommer med forslag til tolkning. Og Rie lytter til dem og prøver at få deres forslag til at passe med hendes egen opfattelse. Det er en søgende proces præget af samarbejde og forhandling med ønske om at nå en fælles forståelse. Selv om Clara umiddelbart giver udtryk for at have forstået hvad massedefekt er, er det klart, at hun gennem samtalen får raffineret sin forståelse, eller måske oven i købet først forstår begrebet i løbet af samtalen. Hun lytter tøvende til Rie og forstår i begyndelsen ikke, hvorfor Rie har et problem, men gennem forsøget på at forstå dette blive hun selv opmærksom på, at begrebet massedefekt ikke er så indlysende, som hun troede. Så der er en høj grad af gensidighed i processen.
Det er desuden interessant, at Helles og Claras argumenter i begyndelsen er meget formalistiske: *...ellers passer det der regnskab ikke sammen.* Argumenter som ikke får Rie til at ændre mening. Som preller af på hende, fordi de ikke sætter tanker i gang hos hende. Først når Helle begynder at fortælle, hvordan tallene er fremkommet, og Clara kobler dette til energiforhold, får Rie nogle størrelser og begreber, hun kan overveje og sætte i spil i forhold til sine egne tanker. Først da samtalen går fra det bastant autoritative til det tøvende, begynder Rie at åbne op for en forståelse. *...og det må så skulle tælles med i ...* (C 3:56). Det lille ord "så" gør hele forskellen. Det appellerer og inviterer til tankevirksomhed.

Selve samtalen er båret af en gensidig respekt og en aktiv lytten til hinanden og af en uvillighed til bare at tromle hinanden ned. Det er ikke noget, elever bare kan eller gør. Det forudsætter et bestemt *læringsmiljø* og en veludviklet *læringskultur*. Der skal i klassen være opbygget et *samtalefællesskab*, hvor man lytter til hinanden og bidrager til en fælles forståelsesudvikling. Det er i lærer X's undervisning sket dels gennem hendes måde at gennemføre klasseundervisningen på og dels gennem den store vægt på gruppearbejde. Jeg vil senere vende tilbage til klasseundervisningen og her kun sige lidt om gruppe-organiseringen.
I den observerede gruppe blev samtalen båret af de tre piger. Dave deltog overhoved ikke. Fra interviews med ham ved jeg, at det skyldes hans personlige historie, som er meget speciel, og som gør, at han i et vist omfang trækker sig fra gruppeprocesser. Han sidder som oftest og arbejder alene, selv i gruppearbejdssammenhænge. Jesper er en ret umoden, men meget imødekommende og positivt indstillet dreng. Han har blot svært ved at

koncentrere sig i ret lang tid af gangen, og hans eneste bidrag til samtalen var et par fjollede bemærkninger - *Du har en elefant i øret Clara* -et forsøg på at stoppe den - *skal vi ikke lave opgave 4a* - og da det ikke lykkedes, en kommentar til samtalen: *God idé, Helle.* Han var tilskuer og hægtede sig (som i tidligere tilfælde) på pigernes arbejde, og hans forståelse for stoffet blev tilsvarende overfladisk og mangelfuld.
Umiddelbart set fik hverken Dave eller Jesper altså specielt meget ud af dette gruppearbejde, men deres ageren i klasseundervisning er ikke anderledes, og klasseundervisning synes heller ikke at give i hvert fald Jesper et større fagligt udbytte. Måske er det anderledes for Dave, men jeg tror, at han lærer ret uafhængigt af undervisningsform (jeg har set ham i mange undervisningssammenhænge sidde og gruble og arbejde for sig selv). Derimod er det en central pointe, at de tre piger næppe ville have kommet gennem de samme processer i en klasseoffentlighed. Læreren vil kun sjældent have mulighed for, og det vil oftest sige tid til, at gennemføre en så gensidigt orienteret samtale. Og Rie ville næppe have været lige så utilbøjelig til ukritisk at overtage bogens begreber. Hun ville i højere grad have accepteret lærerens autoritet og sagt til sig selv, at sådan er det åbentbart bare, og det må jeg lære uden at forstå det. Så gruppeorganiseringen muliggør, at elevene kan samarbejde og forhandle og give sig tid til at komme til en fælles forståelse, og den store vægt gruppearbejde har haft i 2x har givet eleverne mulighed for at udvikle redskaber til at gøre det med.

Læring som dialog

Ovenstående sekvens er eksemplarisk i den forstand, at den i koncentreret form viser, hvorledes læring i vid udstrækning foregår i Xs timer. For at indfange disse karakteristiske træk i et teoriapparat vil jeg anvende dialogbegrebet. Konstruktivismen argumenterer for, at den lærende selv konstruerer sin egen forståelse, men går ikke altid i dybden med, hvordan denne forståelse konstrueres, hvilke processer der foregår, og hvordan de foregår. Dialogen er for mig at se en af de vigtigste veje til forståelse.
Dialog kommer fra græsk *dialogos*, dia= mellem, gennem og logos=ord, dvs. det, der opstår mellem og gennem ordene, hvilket antyder at meningen vokser frem fra ord, der udveksles mellem mennesker, gennem samtale.
Med øget viden og bevidsthed om sprogets rolle er der fremkommet en overvældende mængde analyser af dialoger, som viser, hvorledes sprogbrugen kan fremme eller hæmme læring, bruges som magtmiddel, til frigøring, appellere forskelligt til drenge og piger osv.
Det øgede fokus på hvordan tale og tekster indgår i undervisningen, kan ses som en uddybning af konstruktivismens understregning af nødvendigheden af, at den lærende selv er aktiv i læreprocessen, og at denne aktivitet i vid udstrækning er båret af sproget (i vid forstand, dvs ikke kun talesproget).

Ud af mange forskellige tilgange til dialogen har jeg fundet Olga Dysthes klasserumsanalyser med udgangspunkt i Bakhtins dialogbegreb mest i overensstemmelse med min egen opfattelse, og min fremstilling er inspireret af hende (Dysthe, 1995).

Bakhtins dialogbegreb

Mikhail M. Bakhtin blev født i 1895 syd for Moskva og gik i gymnasiet i Vilnius og Odessa, begge byer præget af mange kulturer og sprog[1]. Han studerede klassisk sprog og kultur i Sct. Petersborg og flyttede under oktoberrevolutionen i foråret 1918 ud i landdistrikterne, hvor han indgik i intellektuelle kredse, der engagerede sig i tidens debatter. Det var en periode, hvor menneskehedens store spørgsmål var på dagsordenen. På den tid udgjorde neo-kantianismen (forskellige tolkninger af Kant) den dominerende filosofi, og den havde stor indflydelse på den russiske filosofiske debat. Alle måtte forholde sig til Kants konstruktivistiske epistemologi, der via en insisteren på sammenhæng mellem bevidsthed og omverden forsøgte at finde en position mellem idealisternes vægtning af ideernes rolle, personificeret i Leibniz, og empiristernes reducering af bevidstheden til en registrator af indtryk, personificeret i Locke og Hume. Evnen til at tænke var for Kant en egenskab, som både krævede evnen til at sanse og evnen til at bruge bevidsthedens begreber. Dette blev samlet i hans *transcendentale syntese*:

a priori concepts exists in the mind, but they can be used to actively organize sensations from the world outside the mind. The world, the realm of things-in-themselves, really exists, but so does the mind, the realm of concepts. Thought is the give and take between the two. ((Holquist, 1990) p.4)

Denne sammenhæng blev udgangspunktet for udviklingen af Bakhtins dialogbegreb.
I sit arbejde var Bakhtin inspireret af og i stor overensstemmelse med Marburg Skolen, der prøvede at inkorporere de sidste opdagelser inden for naturvidenskaberne, især den nye fysik af Planck, Einstein og Bohr og biologiens studier af nervesystemet, i den neo-kantianske filosofi. Men hvor Marburg Skolens ledende skikkelse, Hermann Cohen, forlod Kants opfattelse af "ting-i-sig-selv" til fordel for "logic of pure knowing", i hvilken verden eksisterer som noget, der er tænkt (altså en hælden mod idealismen), forsøgte Bakhtin at konstruere et mere komplekst hele ved at forstå perception som en handling, hvor man forfatter en historie (eng: authoring), man kunne måske kalde det en *fortællehandling*. Perceptionen er altså en vekselvirkning mellem personen og det perciperede fænomen. Bakhtins dialogisme accepterer nemlig nok Kants uoverstigelige skel mellem bevidsthed og omverden, men ikke hans "ting-i-sig-selv"; der kan sagtens være en virkelighed uden for bevidstheden, men den er der ikke alene, i sig selv. Den er der i relation til

[1] Holquist 1990 har skrevet en omfattende bog om Bakhtins arbejder, og de efterfølgende biografiske oplysninger stammer herfra.

bevidstheden. En relation som netop består af den fortælling, man fortæller om omverdensfænomenet ud fra de opfattelser, man har i forvejen. Derfor vil en sådan relation altid være baseret på dialog, fordi bevidstheden ikke er unitær, en "alenebevidsthed", men baseret på "otherness", på relationer mellem den enkelte og de andre. Den grundlæggende årsag hertil er, at *selvet* er dialogisk, en relation.

Dette synspunkt er stærkt inspireret af Einsteins relativitetsbetragtninger. Relationer omhandler forskelle og ligheder i rum og tid, hvorfor Bakhtin var dybt interesseret i rum/tids betragtninger. Newtons univers er absolut i den forstand, at da en fysisk proces kan udbrede sig øjeblikkeligt gennem rummet (dvs. med uendelig hastighed) er den så at sige kun rumlig, uden tidslig udstrækning. Begivenheder kan lokaliseres absolut i rum og tid. De sker et bestemt sted til den samme tid for alle betragtere fordi signalet fra hændelsen udbredes momentant til alle betragtere. I modsætning hertil er Einsteins rum relativt, fordi signaler højst kan bevæge sig med lysets hastighed og forskellige betragtere vil derfor modtage signalet til forskellige tider, og betragterens position bliver derfor afgørende for en hændelses tolkning. Bakhtin blev stærkt inspireret af Einsteins tankeeksperimenter om tog, der bevæger sig i relation til hinanden. Ligesom et legemes bevægelse (i ikke-accelererende systemer) kun har mening i forhold til et andet legemes, er al mening relativ i den betydning, at mening opstår som et resultat af relationer mellem to udsagn, som indtager samtidige, men forskellige positioner. Disse udsagn kan være fysiske, men også ideer og tanker. I kommunikation er de talendes synspunkter altid relative. Kommunikationen foregår gennem *ytringer* (eng.: utterance), og i overensstemmelse med kommunikationens relative karakter kan en ytring ikke analyseres i sig selv. Den er altid et svar, en reaktion på noget, der er gået forud og noget fælles oplevet.

Dialog er den samtidige enhed af forskelle i en kommunikationssituations ytringer.

For Bakhtin er selve livet en dialog. Man kan kun se og definere sig selv i kommunikation med andre. At være betyder at kommunikere. Mennesket bruger først og fremmest sproget for at være i dialog - ikke for at udtrykke sig selv. Derfor er målet med undervisning også at skabe dialog. Denne fremhævelse af kommunikationens betydning minder om Luhmanns operative konstruktivisme (se kapitel 3), men hvor Luhmann understreger det altid tilstedeværende forståelsesunderskud i en kommunikationssituation (baseret på hans individorienterede kognitivisme), fremhæver Bakhtin i stedet muligheden for skabelse af en fælles forståelse (ud fra et socialkonstruktivistisk udgangspunkt).

Mens sprogvidenskabelige dekonstruktivister således hævder, at det er umuligt at skabe mening, og mentalisterne placerer meninger i det enkelte individ, hævder Bakhtin at *mening opstår i dialogen og samspillet mellem de talende*. Olga Dysthe fremhæver hvorledes det ikke er individet, men "vi" som skaber mening. Det er responsen, der er det aktiverende princip. Forståelse og respons er dialektisk knyttet sammen. Ifølge Bakhtin betyder forståelse aldrig overførelse af mening fra sender til modtager. Forståelse er afhængig af, at modtageren aktivt kommer "budskabet" i møde med en reaktion, og i dette

møde opstår mening og forståelse. Mening konstrueres som det Dysthe kalder en "ideologisk bro" mellem dialogpartnere, gennem udvekslingen af ytringer, der relaterer sig til hinanden. Forståelse kræver derfor en eller anden form for respons, et svar, en dialogisk udveksling, men det, der konstituerer dialogen, er ikke kun at man skiftes til at sige noget, men først og fremmest at der er en spænding, evt. en konflikt, mellem ytringerne. Det er de uafklarede sider, tvivlene, usikkerhederne, mulighederne, der åbner op for de involveredes engagement og dermed for deres forsøg på meningstilskrivelse.

Disse overvejelser kunne have været en beskrivelse af samtalen mellem Rie, Clara og Helle. Den var konfliktfyldt og netop derfor meningsskabende. Uenigheden blev ikke løst ved at nogen bossede en mening ned over de andre, men gennem en formulering af uenigheder og forsøg på forståelse.
Læring sker ifølge dette begrebsapparat altid i interaktion. Der skal derfor i undervisningen gives rum for dialog. Det specielle ved dialog er, at den holder alle forskelligheder sammen samtidigt, som Olga Dysthe udtrykker det. Ifølge Bakhtin er begrebsændring afhængig af en sådan sammenstilling af stemmer, af denne kamp mellem modstridende positioner og af de forbindelser mellem dem, som bliver skabt gennem dialogen.

Bakhtin udvider dialogbegrebet fra en mundtlig ansigt-til-ansigt samtale til et mere omfattende begreb som fx indbefatter skriftlig kommunikation. Han opstiller 7 dialogiske relationer mellem de forskellige agenter:

1. Lærerens interaktion med hele klassen eller grupper (oftest mundtlig)
2. Lærerens interaktion med individuelle elever (skriftlig eller mundtlig)
3. Mundtlig interaktion eleverne indbyrdes
4. Interaktion mellem en elevs tekst og en gruppe medelever (skriftlig eller mundtlig)
5. Interaktion mellem en række tekster i klassen fx lærebogen, andre kilder, elevtekster.
6. Interaktion mellem tekster uden for klassen
7. Interaktion mellem mundtlige og skriftlige tekster i klassen.

(Dysthe 1995, s. 61)

Hertil kunne man føje den indre dialog, den samtale eleven fører med sig selv eller med en tekst.

Autoritativ og indre overbevisende diskurs

Selv om Bakhtin ikke anerkender, at monologen eksisterer, idet alle ytringer per definition er blevet til i dialog med andre tekster, er modsætningen mellem monologer og dialoger alligevel vigtig for ham.
Han knytter begrebet *det autoritative ord* til den monologiske udtryksform. Det er ikke autoritativt, fordi det ytres af en autoritet (præst, lærer ...), men fordi det ikke giver rum for

egen tænkning og refleksion. I sådanne tilfælde er det hierarkisk og fjernt og kræver urefleksteret tilslutning. En sandhed, der siges som et uimodsigeligt faktum, gør det ikke nødvendigt for eleven at sætte sig selv i spil i forhold til den udtrykte sandhed. Den er der, uafhængig af eleven, der kræves ingen aktivitet for at skabe den, det er så at sige ikke nødvendigt, set fra elevens side. Derfor vil elever ofte undlade at engagere sig i den. Skolen er som institution det sted, hvor samfundets sandheder bliver formidlet, bl.a. gennem lærebøger, og læreren fremtræder gennem sin stilling og viden (og ikke sjældent også via sin person) som en autoritetsperson, hvilket tilsammen kan blive ganske overvældende og gøre elevernes dialog (i Bakhtins forstand) med læreren og stoffet ganske illusorisk. Claras og Helles første forsøg på at overbevise Rie bestod af sådanne autoritative ytringer, idet de urefleksteret prøvede at bruge lærebogens argumenter som autoritet.

I modsætning til det autoritative ord får *det indre overbevisende* ord i dialogen sin kraft gennem ordenes eget argument. Det aktiveres når der i (fx lærerens) ytringer åbnes for usikkerheder, uafklaringer, åbne problemstillinger, der kræver, at den lærende selv skal formulere sig om emnet. Der gives så at sige rum til fællesskabets og den enkeltes meninger.

Det er vel næsten så enkelt at fravær af et ydre, autoritativt ord giver plads til de indre ord. Når den kontekst, som enhver ytring indgår i, ikke bliver domineret af magtens skråsikkerhed, bliver der rum til de andre tilstedeværende. De kan forholde sig til det der bliver talt om med deres egne udtryk for deres egne meninger. Det indre overbevisende ord er derfor halvt den talendes og tænkendes eget og halvt nogle andres. Det vækker nye og selvstændige ord og organiserer mange af vores egne ord ind i den fælles kontekst, således at der opbygges en fælles forståelse, en fælles meningssætning.

Dersom vi følger Bakhtin, står dialogisk interaktion i modsætning til det at lære en "ydre autoritativ diskurs" (Dysthe, 1995 s.69).

En ydre, autoritativ diskurs opstår ved at docere statiske og bastante formuleringer, der skal reproduceres uændret. Hvorimod en dialogisk interaktion er at opfordre til fælles formulering, fælles afklaring gennem nogle åbninger og usikkerheder, som skal udfyldes og afklares.

Først da Clara og Helle selv prøver at forklare, hvad massedefekt er, og samtidig giver rum til tvivl, inviterer de Rie til at komme dem i møde ved selv at forsøge at formulere sin mening. Dette betyder ikke, at der ikke er plads til autoritative diskurser i skolen; de vil altid være der. Der er, og måske især i megen traditionel skolefysik, megen viden, som det ikke er rimeligt eller muligt at sætte spørgsmåltegn ved, og derfor vil lærere ofte lade store dele af undervisningen forløbe inden for rammerne af en autoritativ diskurs. Men pointen er her, at det ikke så meget er arten eller den ontologiske status af det, der skal læres, der er i fokus, når man taler om dialogisk contra monologisk diskurs. Det handler snarere om,

hvordan man fremlægger og taler om feltet. Lotman 1988 taler om teksters (i bred forstand[1]) *funktionelle dualisme*. Herved forstås at alle tekster tjener både til at overføre mening adækvat og til skabelse af ny mening:

In an overall cultural system, texts fulfill at least two basic functions: to convey meanings adequately, and to generate new meanings.
((Lotman, 1988) p. 34)

Alle tekster har begge aspekter i sig, men den ene vil altid dominere. I en lærercentreret fysikundervisning vil det ofte være den meningsoverførende funktion af samtalen (monologen), der er det centrale. Læreren forsøger at at få eleverne til at forstå stoffet[2] ved at fortælle/genfortælle det, som han eller hun selv har forstået det. Læreren vil stille spørgsmål for at få et bestemt svar. Men

The first function is fullfilled best when the codes of the speaker and the listener most completely coinside

skriver Lotman (op. cit. p. 34), og dette er langtfra altid tilfældet i en fysiksamtale – især af monologisk art - mellem en fysiklærer og elever. Fysiklæreren taler med fysiksamfundets koder, lært gennem lang tids arbejde med fysik, og da det netop er denne kode, eleverne skal lære, er der et kommunikationsproblem i forhold til en monologisk overførsel af forståelse. Man kan selvfølgelig aldrig se, hvad der sker i elevernes hoveder, så man kan aldrig udelukke, at de indgår i en indre dialog med lærerens udsagn. Men lærerens autoritet kan meget vel hindre dette:

In most classrooms, this status difference is such that it would be extremely rare for pupils to take a teacher's utterance as an object to be questioned, rejected, and so forth. If anything, the norm is to accept what teachers say without any question whatsoever.
((Wertsch & Toma, 1995) p. 171)

Her skal man nok gøre opmærksom på at Wertsch & Toma udtaler sig om amerikanske forhold. Danske elever er nok generelt mere antiautoritære.
Hvis man som lærer vil undervise monologisk, er det vigtigt at gøre det klart for elever (og sig selv), når der er tale om (fagligt) autoritative, indiskutable udsagn. Man kan så forsøge at behandle dem dialogisk, således at de for eleverne kan blive "indre overbevisende". Det kan fx gøres ved at inddrage det behandlede emnes historiske udvikling for at vise emnets indbyggede modsætninger.

---

[1] I Lotmans univers er en tekst en hvilken som helst semiotisk størrelse, som har mening – verbal (sproglige ytringer, skriftlige udsagn) såvel som non-verbal (billede, bevægelse).
[2] Alene ordet "stof" indebærer en opfattelse af det, der skal læres, som et på forhånd givet stykke viden, der skal overføres til eleven.

Man kan også prøve at mindske den monologiske diskursform. Fx ved at starte nye emner induktivt og gennem forskellige dialoger tilnærme sig den etablerede fysikopfattelse. Det er dette aspekt, det følgende primært beskæftiger sig med.

FYSIK SOM FORTÆLLING

I kapitel 4 gennemgik jeg en måde at opfatte fysik på som bestående af en række repræsentationsformer, dvs. en vifte af forskellige måder at organisere og fremlægge viden på om det samme emne. At beskrive viden som repræsentationsformer vil ofte betegnes som en mentalistisk opfattelse af viden. Men selv om jeg gerne vil vedkende mig påvirkningen fra Piaget, er det vigtigt at påpege, at repræsentationsformerne også skulle betragtes som nogle måder at handle på - handlinger som førte til den viden, der lå i den specielle måde at se emnet på, som repræsentationsformen udgjorde. Kompetence i fysik blev beskrevet som evnen til at kunne skifte frit mellem de forskellige repræsentationsformer og til at kunne integrere dem til et helhedsbillede af emnet. Denne kompetence kan måske i sig selv opfattes som en dialog, som nogle forskellige stemmer om det samme emne, men en vigtigere pointe her er, at en dialog er en effektiv måde at opnå denne kompetence på. At kunne skifte mellem synsvinkler, tilgange og forståelsesformer er en højt udviklet sproglig kompetence, som kun kan udvikles ved at gøre det.

Grunden til, at dialoger er vigtige veje ind til fysikken, er, at der er en modsætning mellem fysikkens egenart, den metode som fysikken som en naturvidenskab anvender for at skabe mening i verden, i hvert fald i dens egen tradition, og det grundlag på hvilket almindelige mennesker bærer sig ad med at få mening ud af deres erfaringer.
(Bruner, 1998) skelner mellem to tilgange til verden: en naturvidenskabelig, *forklarende*, som lægger vægt på at finde årsagssammenhænge, og en *fortolkende*, som lægger vægt på forståelse[1]. Bruner skriver

Lad mig til slut udforske denne mulighed - at de to tilgange udgør to principielle, uforenelige metoder, som mennesker benytter sig af til at skabe mening i verden - gennem bevisførelse og univerel logisk nødvendighed og gennem fortolkende rekonstruktion af relevante forhold.
Den første, den nomotetiske, har til formål at konvertere intuitioner og fornemmelser for tilbagevendende regelmæssigheder til kausale påstande ved hjælp af logiske og empiriske afprøvningsprocedurer. Resultatet får til sidst form af robuste

[1] Forståelse i denne betydning vil sige at lægge mening i noget (individuelt eller kollektivt), og at der er overensstemmelse mellem denne mening og den kulturelt accepterede betydning. Eller snarere at der ikke er uoverensstemmelser, inkonsekvenser mellem dem.

videnskabelige teorier, fortrinsvis udformet i logisk-matematiske termer. Men visse vidensområder synes at være uegnede for den slags nomotetisk standardvidenskab, især områder, som involverer mennesker i transaktioner, hvor de reagerer på hinanden i forventning om, hvordan den anden kan finde på at reagere på deres reaktioner, som det foregår i hverdagslivet og i historien.
For at forstå den slags forhold anvender vi karakteristisk nok en anden metode til at skabe mening. Dens mål synes ikke så meget at være at bevise eller verificere som at konstruere en meningsfuld fortælling eller historie.
((Bruner, 1998) s.320-21)

Jeg har modstillet de to tilgange til viden i nedenstående skema:

To typer videnskabelige teorier
(to måder at forstå verden på)

	Logisk-deduktiv	**Narrativ**
Omhandler	naturkræfter	intentionelle tilstande
Optaget af det	universielle	partikulære
Idealet er	forklaring (årsagsbeskrivelse)	forståelse (meningstilskrivelse)
Skal overbevise om	sandhed	troværdighed
Opererer med	entydighed	flertydighed
Opbygget	paradigmatisk	valide beskrivelser
Bedømmes ved	verifikation/falsifikation	livagtighed/troværdighed
Arbejder med	logik/matematik	fortolkning

Fysikken har traditionelt en logisk-deduktiv tilgang til verden, hvad enten det er via empiristens afprøvede viden eller rationalistens selvindlysende sandheder, hvorimod hverdagsmennesket nærmer sig verden gennem fortællingens troværdighed. Fortællingen skaber netop sin troværdighed i dialogen mellem historiens parter, og derfor er de dialogiske processer vigtige måder at forstå og dermed lære de logiske tankestrukturer på.
Bevidst og kontrolleret brug af mentale funktioner, bestemte måder at tænke på, vokser frem efter at have brugt funktionerne, tænkt tankerne sammen med andre. I starten bruges ordene famlende, uden fuld forståelse. De er ikke sat ind i en sammenhæng, som giver dem

mening. Først ved den tilpasning, der sker gennem fælles anvendelse, læres en adækvat brug af ordene.
Vejen til det logiske går på denne måde gennem det narrative.

Disse to tilgange til verden korresponderer i et vist omfang med de to vidensformer, som de repræsenteres af Piaget- og Vygotskytilgangene (se s. 136):
Piaget ser viden som noget entydigt, verificérbart man kan komme frem til ved logisk deduktion, mens Vygotsky ser viden som noget lokalt og kontekstafhængigt.

Piaget som årsagsforklarer passer fint til den traditionelle naturvidenskab med dens vægt på *forklaring* i form af årsagssammenhænge, mens Vygotsky som fortolker er i overensstemmelse med en tolkende videnskabs vægt på *forståelse* ved at organisere og kontekstualisere påstande.
Det er derfor ikke så underligt, at Piaget har haft stor gennemslagskraft inden for forskning vedrørende naturvidenskabelig viden. Det er imidlertid spændende, at Vygotsky inddrages hyppigere og hyppigere for at forstå læreprocesser inden for naturvidenskabelige fagområder. Det kan dels skyldes en stigende erkendelse af manglerne i Piagets tilgang og dels en begyndende forståelse for, at også naturvidenskabelige fag er kulturelle frembringelser, og en læringsteori for disse derfor må kunne redegøre for, hvorledes man lærer at beherske kulturelle symboler og strukturer.
Måske afspejler diskussionerne mellem de forskellige retninger inden for kontruktivistisk orienterede læringsteorier i virkeligheden forskellige opfattelser af, hvad naturvidenskab er?

Pointen er imidlertid, at man for at tage hensyn til (de fleste) elevers måde at erkende verden på, nemlig gennem narrative processer, i højere grad må inddrage forståelse, forstået som de lærendes egen meningstilskrivelse, som en vigtig del af undervisningen.
Dette stiller krav til både indholdet i fysikken og til den anvendte pædagogik.

Undervisningen må afspejle fysikken som en kultur vokset frem gennem generationer af fysikeres indbyrdes dialoger. Begrebsdannelserne, anvendelsen af matematikken, øvelserne osv. er fysiske diskursformer som er udviklet i en historisk, kulturel proces. Fysikkens historie er også historien om store tænkere, genier, men de har udviklet deres teorier i forhold til den gældende viden, og den ny viden er først accepteret via de næste generationers dialoger med hinanden og med de nye tanker. For mange elever vil det derfor være lettere at lære fx impuls ved at betragte forskellige stødfænomener og se, hvorledes stødbegrebet meningsfuldt kan vokse frem heraf end ved at skulle lære en definition, der bagefter bringes i anvendelse i opgaveregning.

Bruner påpeger, hvordan naturvidenskabsmænd anvender narrative tilgange og metaforer for at finde en model, der passer til virkeligheden (eller snarere: som bringer overensstemmelse mellem deres opfattelse af virkeligheden og deres teori):

... som enhver videnskabshistoriker har påpeget i de sidste hundrede år, anvender naturvidenskabsmænd alle former for hjælpemidler og intuition og historier og metaforer for at hjælpe dem, når de forsøger at få deres spekulative modeller til at passe til "virkeligheden" (eller at få "virkeligheden" til at passe til deres model ved at omdefinere hvad "virkeligheden" er).
(Bruner 1998, s. 198)

I og med at fysikkens viden er opstået - eller i hvert fald har fået betydning og er slået igennem i det fysiske etablissement - via narrative, dialogiske processer, betyder det ikke at den ikke er "objektivistisk", dvs opfylder betingelserne for at være "sand", dvs falsificérbar, reproducérbar osv. Det er den måske nok. I hvert fald vil den fysik, der skal læres i skolen, have status af sandheder, den indtil nu bedste tolkning af vores fysiske omverden. Uanset dens ontologiske status er den formuleret i logisk-deduktive vendinger, som bedst læres gennem den samme proces, som den har opnået almindelig anerkendelse ved - nemlig sociale, dialogiske, narrative processer.
Vejen til den logisk-deduktive forståelse kan gå gennem det narrative.

Mark Turner giver i bogen "Den litterære bevidsthed" et bud på en kognitivistisk orienteret forklaring på de narrative processers betydning for vores forståelse. Hovedpointen er, at vores hjerne arbejder ved at fortælle små historier. Vi udtrykker komplekse og abstrakte sammenhænge ved at fortælle små historier, hvor nogen gør noget ved nogen eller noget, og det er denne vor bevidstheds evne til at fortælle historier, der har gjort mennesket til det dominerende dyr på kloden. Hovedparten af vores oplevelser, viden og tænkning er organiseret som historier, og det er dette reservoir af historier, som hjælper os med at give andre oplevelser en mening.
Vi skaber ved hjælp af disse historier betydning ud fra vores hjernes basale evne til at tænke i ligheder eller *parabler* – projektionen af en (kendt) historie på et nyt fænomen. Som Mark Turner udtrykker det ((Turner, 2000) s.28):

Historie, projektion og parabel arbejder for os; de gør hverdagslivet muligt; de er den menneskelige tankes rod; ...

De historier, vi bærer rundt på som et resultat af vores hidtidige liv, er den ubemærkede viden, der gør livet muligt. Men i overensstemmelse med Bruners skelnen mellem det logisk-deduktive og det narrative som to væsensforskellige begribelsesmåder, sætter

Turner en modsætning op mellem vores historier og andre måder at se verden på, som fx fysikkens:

Vores uundværlige kernehistorier ikke blot kan opfindes, de må opfindes, hvis vi skal overleve og leve et menneskeligt liv.
Vi kan indse denne status som opfindelser ved at stille dem over for alternative repræsentationer af verden. Når vi ser nogen sætte sig i en lænestol, ser vi noget, fysikken ikke kan genkende: en levende aktør, der udfører en intentionel handling, som involverer basale begivenhedskategorier i menneskeskala såsom at sidde og genstande som lænestol. Fysikken tilbyder derimod en repræsentation af verden, som udelader agens, motiv, intentionalitet og en række af de strukturer, som er en del af ethvert menneskes, inklusive fysikeres, begrebsmæssige udrustning. Fysikkens fundamentale enheder er ikke bundet til den menneskelige skala: at sidde og lænestol er elementer fra fortællingen, ikke fra fysikken. Fysikkens fundamentale enheder eksisterer på niveauer, der er fremmede for os – subatomare kvarker, spatio-temporal metrik, integrationer fra nul til det uendelige. Hvor fysikken tilbyder en uigennemskuelig, men nøjagtig beskrivelse i form af en bølgeligning, tilbyder fortællingen Einstein, der sidder i en lænestol. (s. 31)

Det er dette, der gør fysikken så svær for mange: Dens repræsentationsformer og dens beskrivelse af verden er fjernt fra de almentmenneskelige begribelseskategorier. Vi har svært ved at få overensstemmelse mellem hverdagskategorierne og fysikkens univers, mellem de historier, der gør vores hverdag mulig, og fysikkens beskrivelser af verden. Dialogbegrebet giver os imidlertid et begrebsapparat til fremme en proces hen imod en sådan overensstemmelse.

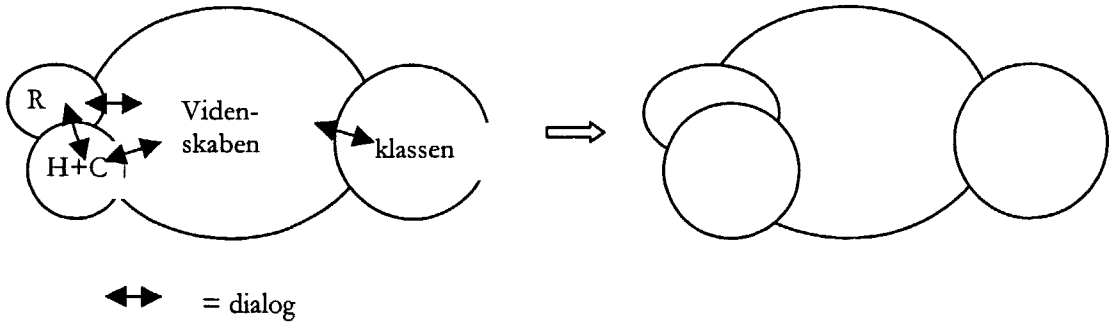
DIALOGISK ORIENTERET FYSIKUNDERVISNING

Alle emner kan tilegnes gennem en dialogisk proces - også vejen til de logisk-deduktive forståelsesformer kan gå gennem det narrative. Men logisk-abstrakte problemstillinger kræver beherskelse af et sprog og en stringens, som eleverne ikke i starten er så fortrolige med, hvorfor de ofte har svært ved at indgå i en dialog om dem. Læreren - som har tilegnet sig sproget gennem universitetsstudier og undervisningspraksis - har et større fortrin frem for eleverne end lærere har ved problemstillinger, hvor fagets diskurs ligger tættere på hverdagsdiskursen[1]. Det er derfor ofte svært at få eleverne med i samtalen, at opnå en ægte dialog - at aktivere elevernes indre overbevisende stemme. Men så meget des vigtigere er det at arbejde med det. At give rum til elevernes egen meningssættelse og samtale, så de

[1] Dette er naturligvis en påstand, og det vil være interessant at diskutere i hvor høj grad de forskellige fag adskiller sig fra hinanden hvad angår frihedsgrader til tolkning.

kan opøve deres sprog om logisk-deduktive problemstillinger. Så de kan få projiceret deres egne historier over på fysikkens domæne. Og det sker kun gennem egen praksis.
Problemet er også, at rammerne for dialogen – frihedsgraderne, tolkningsmulighederne - er snævre ved fysiske problemstillinger af logisk-deduktiv art. Der er nogle sandheder i fysik som er indiskutable. De er nok konstruerede i en social kontekst og i en historisk proces, men gennem konfronteringen med virkeligheden i al dens realitet har de vist sig overlevelsesdygtige. Det kan godt være, at kommende forskning vil justere denne fysik-viden, eller sætte den i et andet perspektiv, men det gør den ikke mindre "sand" end fx Newtons love, der på trods af begrænsninger tilbyder den til dato bedste beskrivelse af hverdagens bevægelser. Derfor er ikke alle parabler, elever konstruerer i deres forsøg på forståelse, lige gode. Selv om dialogen, som en kollektiv måde at opbygge en narrativ fortælling på, i sin natur kan (og bør) ende flere forskellige (og ofte uforudsigelige) steder, er den underlagt videnskabsfysikkens synsvinkel. Der kan ofte være mange lige overbevisende historier om den samme begivenhed, men heroverfor kræver den autoriserede fysik entydige forklaringer ofte udtrykt i en formel. Denne, autoriserede, måde at se verden på kan opnås via formulering og reformulering i narrative termer.
En vej kan måske være at starte med elevens fortælling og at lade denne udvikle sig i sociale sammenhænge for at forsøge at integrere den i den officielle fysikforståelse, som det fremgår af figur 5.2.

Fig. 5.2



På figuren har jeg forsøgt at tegne de forskellige fysikforståelser der er i spil i klasserummet i den analyserede gruppesekvens, og hvorledes dialogerne i gruppen har ændret disse forståelser. Den etablerede videnskab er repræsenteret af lærebogen (men det kunne have været læreren, der var blevet spurgt) og til at begynde med var Ries forståelse fjern fra Helles og Claras og fra videnskabens. Igennem sekvensen nærmede de forskellige forståelser sig hinanden. Klassens fælles forståelse blev ikke berørt.
Disse overvejelser hænger tæt sammen med overvejelser omkring begrebsændring, hvor elevernes hverdagsopfattelser samarbejdes med fysiksamfundets gennem disse dialoger.

Interaktionen i klasserummet

Jeg vil komme med nogle konkrete overvejelser over, hvorledes man i undervisningen kan fremme elevernes fysikforståelse i en dialogisk proces mellem forskellige diskurser. Jeg vil koncentrere mig om samtalen i klassen, som den udfolder sig mellem lærer og elever. Mange af problemerne kan overføres til elev-elevsamtaler og den indre dialog.
Med udgangspunkt i en kritik af sprogbrugen i traditionel undervisning har jeg i følgende skema, inspireret af (Boulter & Gilbert, 1995), karakteriseret tre forskelige samtaleformer i undervisningen.

Forskellige samtaleformer

Samtaletype	MONOLOGISK	SOKRATISK	DIALOGISK
Intention	**transmission** af autoriseret viden	**opdagelse** af autoriseret viden	Fælles videns-**konstruktion**
Handling	Informere	Spørge	Fælles problemløsning
Struktur	Traditionel retorik	Spørgsmål-svar-evaluering. Implicitte regler	Mange arbejdsformer. Eksplicitte regler
Elevrolle	Elever passive og modtagende. Kognitive konflikter opdages ikke	Elever lytter når ikke spurgt. Underlægger sig lærerens dagsorden. Kognitive konflikter undertrykkes ofte	Aktive spørgere. Er med til at opstille dagsordenen. Kognitive konflikter fremmes og bearbejdes
Lærerrolle	Repræsenterer overbevisende videnskaben	Tilbyder adgang til et videnskabeligt begrebsapparat	Medierer mellem forskellige opfattelser af fænomener og begreber

Ifølge skemaet kan samtalen bruges til at viden overføres, opdages eller konstrueres, og eleven og læreren kan have forskellige roller alt efter formen.

Et sådant skema er selvfølgelig altid en grov forenkling, og de færreste samtaler kan kun placeres i én kategori. Lærere anvender forskellige undervisningsformer og dermed forskellige samtaleformer alt efter fagligt indhold, elever osv., og ofte foregår undervisningen som blanding af mange samtaleformer. Men skemaet giver en idé om de faktorer, der fokuseres på i de forskellige samtaleformer, og giver dermed en afgrænsning af en dialogisk undervisning i forhold til andre undervisningsformer.

Der er udført talrige analyser af undervisning, også i naturvidenskabelige fag, som viser, hvorledes lærerspørgsmål-elevsvar-lærerevaluering/uddybning er den dominerende samtaleform, og hvorledes den er demotiverende og giver ringe læring. Det autoritative ord fortrænger det indre overbevisende. Der gives ikke plads til elevens egen fortælling. At monologen og den fiktive samtale alligevel fylder så meget skyldes, at det er to ved første øjekast effektive og tidsbesparende måder at få gennemgået et svært stof på, og ved den sokratiske samtale endda under en form, som synes at inddrage eleverne (og dermed have et skin af elevaktivitet). Og mange lærere føler sig under stort tidspres. Men den er samtidig udtryk for en opfattelse af fysik som et færdigt stykke viden, eleverne skal tilegne sig og et læringssyn, der ligger mere vægt på overførsel af denne viden end tolkning af viden.
I modsætning hertil indbyder dialogen (i den bakhtinske forstand) til en fælles meningssættelse. Der gives rum til at projicere egne historier over på det, der skal læres.

Olga Dysthe indfører tre begreber til analyse af interaktion, dvs. alle typer samspil og handling, mellem elever og lærer og elever indbyrdes, med særlig henblik på at indfange dialogiske aspekter (Dysthe 95, s. 57ff):

Autentiske spørgsmål har ikke på forhånd givne svar - ligesom åbne spørgsmål i modsætning til lukkede spørgsmål. Derudover har læreren ikke svaret. Et spørgsmål som "hvad er de vigtigste konsekvenser af termodynamikkens 1. hovedsætning?" er godt nok åbent, men læreren kender svaret, så det er ikke autentisk. Ved autentiske spørgsmål er læreren ude efter andre ting end at kontrollere om eleven har lært noget bestemt. Fokus lægges på elevens forståelse, tolkning og refleksion. Spørgsmålet stilles for at fremme elevernes egne, selvstændige tankeprocesser, for at give dem lejlighed til at tillægge stoffet mening. Der skal ofte ikke meget til at gøre et spørgsmål autentisk. "Hvorledes forstår I begrebet specifik varmekapacitet?" er et helt andet spørgsmål end "hvad er specifik varmekapacitet?" Læreren kender i sagens natur ikke svarene på det første, det kan derfor være starten på en fælles tolkningsproces, hvor elevernes opfattelser nærmer sig den autoriserede fysiks. Svarene på det andet spørgsmål kan derimod evalueres med et rigtigt

eller forkert. At spørge "hvad tror du ...?" er en enkel måde at gøre "hvad er ...?" – spørgsmål autentiske på.
Det specielle ved gruppearbejdssituationer er, at her er alle spørgsmål (fra elever) autentiske. Gruppearbejdet vil derfor i højere grad end klasseundervisning kunne åbne op for det indre overbevisende ord.
I kapitel 6 udfolder jeg autenticitetsbegrebet så det bliver det bærende begreb i et undervisningsprojekt.
Autentiske spørgsmål lægger op til

Opfølgning (eng. uptake) dvs. at inkorporere elevsvaret i den videre dialog, fx i det næste spørgsmål. Herved føres samtalen videre uden brud, og eleven føler/ser, at deres svar bruges i sig selv. I den sokratiske samtale stiller læreren ofte spørgsmål for at få et bestemt svar, nemlig det, der leder frem til lærerens mål med undervisningen. Spørgsmålet er blot et påskud til at opnå det (ofte skjulte) mål, og elevsvarene er derfor ikke interessante i sig selv, men kun i det omfang, de svarer til lærerens forventninger. Når ikke de gør det, bliver de afvist. Ved opfølgning er eleverne med til at bestemme undervisningens videre forløb. Deres svar har betydning, fordi de repræsenterer elevernes egne synspunkter, der er de nødvendige udgangspunkter for tilnærmelse til anden viden og andre opfattelser.
Olgas Dysthe påpeger vigtigheden af, at eleverne også lærer opfølgning til elevsvar. Dialogerne mellem Rie, Helle og Clara viser hvorledes disse elever i vid udstrækning har lært dette.

Høj værdsætning vil sige, at læreren anerkender elevernes bidrag som værdifulde - og viser det. Ikke ved evaluerende bemærkninger som "rigtigt", "flot", men ved at gå i dialog med eleverne. Ved at forsøge at forstå den enkelte elevs udsagn og opfordre til diskussion af det. Høj værdsætning ligger således tæt op ad begrebet opfølgning. Uden at opfatte eleverne som havende kundskaber, der har betydning for undervisningens gennemførelse, vil der aldrig opstå en dialog i klasserummet. Dialogen er netop baseret på de mange stemmer, og elevernes er nødvendige for at få de spændinger mellem synspunkter, der er forudsætningen for at eleverne selv lærer noget.

Disse aspekter af dialoger er ofte fraværende i den traditionelle fysikundervisning, som netop er karakteriseret ved ofte at arbejde med en meget lukket viden, som eleven skal lære, hvor svaret er givet på forhånd og enten er rigtigt eller forkert. Samtalen i et sådant klasserum vil ofte være monologen eller den sokratiske, fingerede samtale, der styres af læreren med det formål at komme et bestemt sted hen. Elevernes svar på lærerens spørgsmål bliver ikke udgangspunkt for fælles afklaringer, men affærdiges, hvis de er forkerte og accepteres, hvis de er i overensstemmelse med lærerens logik. For eleven bliver det et enten – eller. Der er ikke nogen støtte for eleven til at tilnærme sig det fysikfaglige korrekte via andre synsmåder og opfattelser.

I det dialogiske rum handler det omvendt om at udnytte elevernes læringspotentiale ved at bruge dialogen til at støtte eleverne i *den nære udviklingszone,* et begreb udviklet af Vygotsky. Den nære udviklingszone er

... afstanden mellem det virkelige udviklingsniveau eleven er på, som det viser sig ved selvstændig problemløsning, og niveauet på den mulige udvikling som kunne finde sted gennem problemløsning under en voksens vejledning eller i samarbejde med elever, som er kommet længere (Vygotsky 1978, her efter Dysthe 1995, s.54, egen oversættelse)

Det er lærerens opgave at trække den enkelte elev så langt ud (eller ind) i vedkommendes nære udviklingszone, som muligt. Eleven skal udfordres, men ikke mere end at udfordringen tages op. Et vigtigt begreb er i denne forbindelse *stilladsering*[1], som udtrykker den proces, hvor læreren i begyndelsen af læreprocessen understøtter den lærende, men langsomt lader eleven selv overtage og styre læreprocessen i den takt, eleven magter det. Dialogen er her en vigtig faktor i den gensidige tilpasning. Den er lærerens (måske vigtigste) mulighed for at finde og forstå elevernes udgangspunkter og potentialer og for at støtte dem i deres egen formulering og forsøg på forståelse. Det tidligere analyserede klip viser desuden, hvorledes de dialogiske processer mellem eleverne netop støtter elever (i dette tilfælde Rie) til en erkendelse, ved at give mulighed for selv-formulering og gensidig afstemning af opfattelser.

At opbygge et dialogisk rum er ikke enkelt. Det er en kultur, der skal udvikles, baseret på respekt for de enkelte elevers meninger, og med plads til at de kan komme til at udtrykke og diskutere dem.
Olga Dysthe har i et foredrag (på DLH den 3. marts 1999) opstillet nogle retningslinier herfor. Med udgangspunkt heri kan man give følgende, meget skematiske, gode råd:

Eleverne i det flerstemmige klasserum

- bliver set og hørt
- får en stemme
- får faglig tillid
- bliver engagerede
- lærer at udtrykke sin faglige indsigt skriftligt og mundtligt
- er i dialog med de andre elever
- er i dialog med læreren

[1] Begrebet stilladsering er især udviklet af (Applebee & Langer, 1983). På dansk kan henvises til (Hansen & Nielse, 1999).

Lærerens rolle i den dialogiske undervisning er at

- stille autentiske spørgsmål
- stille opfølgende spørgsmål
- værdsætte elevsvar
- gøre stemmerne tydelige
- præcisere enighed og uenighed
- udfordre
- tydeliggøre konflikter
- tilføre ny information
- opsummere
- give plads til og fremme reflektion

Hvorledes den konkrete undervisning kan gennemføres, så alt dette bliver opfyldt, er naturligvis op til den enkelte lærer at udvikle, men der er efterhånden opsamlet en række erfaringer, og også gennem ALF-projektet er der vist nogle muligheder:

Den indre dialog med stoffet kan fremmes gennem

opøvning i notatteknik
logskrivning/studiebog
fokuseret forberedelse
at lære at stille spørgsmål
forskellige skriveteknikker

Dialogen mellem eleverne kan fremmes gennem

summegrupper
pararbejde
styret gruppearbejde
aktiverende arbejdsformer (fx begrebskort)
ikke-monologisk klasseundervisning.

Hvor er fysikken?

Ovenstående betragtninger gælder generelt for undervisning. De er almene overvejelser over hvilke former for samtaler, der leder til hvilke erkendelser. Men de dialoger, vi har set i starten af kapitler, kunne ikke have været fra et hvilket som helst fag. En dialog kan i sin

struktur have et hvilket som helst indhold. Fysikken ligger i den konkrete meningsskabelse og relationerne mellem de meninger, der tillægges forskellige termer.
Det er det Lemke (1990) kalder et *tematisk mønster:*

It is a pattern of semantic relationships that describes the semantic content, the science content, of a particular topic area (Lemke 1990, p.12)

Der er derfor fysik i dialogen i det omfang, det tematiske mønster, som dialogen danner, afspejler et tematisk mønster inden for et område af fysikken.
Dvs. fysikdialoger har to sider, to sæt mønstre: Et *organisatorisk*, som viser sig i aktivitetens struktur (og det er primært dette, jeg har brugt Bakhtin til at kunne analysere), og et *tematisk*, som er en faglig meningsopbygning.
Et tematisk mønster er mange måder at sige det samme på. *It describes a shared pattern of semantic relationships* (Lemke 1990, p.87). Ordene, der bruges om et emne, gentages og erstattes med andre, og de sammensættes på forskellige måder, så eleverne bliver i stand til at anvende dem til at konstruere deres mening om emnet i overensstemmelse med den kontekst, de indgår i. Læreren må give mulighed for at eleverne kan skabe overensstemmelse mellem deres egne måder at beskrive fysikken på, deres egne tematiske mønstre, og så fysikkens diskurs, den etablerede fysiks tematiske mønstre. Der skal så at sige sættes fysik-ord på de billeder og de historier, eleverne konstruerer om det behandlede emne. Dette kan bl.a. foregå ved at gøre de kognitive og kulturelle ressourcer (bøger, noter, læreren, andre elever) tilgængelige i dialogisk form, dvs. at lære eleverne at kunne gå i dialog med alle tilgængelige ressourcer. Elever skal lære at forholde sig til lærebøgers udsagn. De skal gå i dialog med teksten, de skal relatere sig til lærer- og elevudsagn osv.
Det australske PEEL-projekt har udviklet en lang række metodikker til fremme af disse processer (Baird, Northfield, (dansk redaktion: Dolin, & Ingerslev, 1995)).
I kapitel 8 uddybes hvorledes opbygningen af tematiske mønstre foregår ved at analysere elevers arbejde med fremstilling af begrebskort.
Det vigtigste er utvivlsom at bestræbe sig på at give eleverne mulighed for i så stor udstrækning som muligt at *tale* fysik:

The one single change in science teaching that should do more than any other to improve students' ability to use the language of science is to give them more practice actually using it. Students must be given opportunities to speak at greater length (in monologue and dialogue), and to write more, about science topics. (Lemke 1990, p. 168)

Med inspiration fra Lemke kan dette opnås ved at være opmærksom på følgende muligheder:

At lære eleverne at tale fysik ved at

- give eleverne mulighed for at praktisere fysiksnak
  (tale i længere tid, skrive mere, stille spørgsmål, diskutere indbyrdes)
- lære eleverne hvorledes de kombinerer fysikbegreber og bruger fysiksprog
  (udpege specielle fysikvendinger, fokusere på nøglebegreber, lave begrebskort, omformulere fysikudsagn)
- diskutere elevernes hverdagsopfattelser af emnet
  (få alle til at formulere deres egen opfattelse, relatere til etableret fysik)
- lære eleverne de forskellige fysikgenrer
  (talesproget, fysikopgaver, øvelsesrapporter)

At bygge bro mellem hverdagssprog og videnskabeligt sprog ved at

- lade eleverne udtrykke fysikken i deres eget sprog
  (beskrive med egne ord, beskrive fx figurer så ikke-fysikkyndige forstår dem)
- lære eleverne at beskrive hverdagsfænomener ved hjælp af fysikkens sprog
- lade eleverne udtrykke sig om fysik på ikke-logisk/deduktive måder
  (lave historier, tegne, agere).

Der kan synes at være en modsætning mellem en sådan elevaktivitet og så at nå pensum. Og det er da næppe heller muligt at komme gennem hele det obligatoriske pensum på denne måde. Men i de emner, hvor man gør det, vil eleverne opnå en bedre forståelse og en dybere faglighed end ellers.

OPSUMMERING

Ud fra en diskussion af et Piaget-perspektiv contra et Vygotsky-perspektiv på læring har jeg argumenteret for vigtigheden af at arbejde med en sociokulturel tilgang til faget. Ikke fordi det at lære fysik ikke også er en mental, individuel handling, men fordi den sociokulturelle tilgang tilføjer en faglig-pædagogisk dimension, som er svagt repræsenteret i almindelig undervisning og som i sig har et stort potentiale til forståelse og udvikling af undervisningen.

Jeg har herindenfor specielt peget på dialogen som en vigtig vej til læring. Med udgangspunkt i en analyse af elevdialoger ud fra Bakhtins dialogbegreb har jeg vist, hvorledes en dialogisk samtaleform kan fremme elevernes egen tænkeproces.

Dialogens betydning blev understreget af opfattelsen af fysik som en fortælling. Denne opfattelse var baseret på en generel tilgang til viden som bestående af narrative processer. Den enkeltes meningstilskrivelse foregår i denne forståelsesramme gennem en projektion

af tidligere historier over på det nye, og denne proces kunne ses som en måde at tilnærme sig fysikkens meget anderledes logik på.
Det var herigennem muligt at udvikle et didaktisk begrebsapparat, hvormed der kunne udstikkes nogle retningslinier for fysikundervisningen, som fremmer elevernes læring gennem sproglige processer.

LITTERATUR

Applebee, A. & Langer, J. (1983). Instructional scaffolding: Reading and writing as natural language activities. *Language Arts, 60*(2).

Baird, J.;Northfield, J.;(dansk redaktion: Dolin, J. & Ingerslev, G. (Eds.). (1995). *Erfaringer fra PEEL projektet.* Århus: Klim.

Boulter, C. J. & Gilbert, J. K. (1995). Argument and Science Education. In J. M. Costello & S. Mitchell (Eds.), *Competing and Consensual Voices* (pp. 84-98). Clevedon: Multilangual Matters.

Bruner, J. (1998). *Uddannelseskulturen.* København: Munksgaard.

Confrey, J. (1995). How Compatible Are Radical Constructivism, Sociocultural Approaches, and Social Constructivism? In Steffe&Gale (Ed.), *Constructivism in Education.* Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.

Dysthe, O. (1995). *Det flerstemmiga klasserummet.* Oslo: Ad Notam.

Hansen, J. T. & Nielse, K. (Eds.). (1999). *Stilladsering - en pædagogisk metafor.* Århus: Klim.

Holquist, M. (1990). *Dialogism. Bakhtin and his world.* London: Routledge.

Lemke, J. L. (1990). *Talking science.* Norwood, NJ: Ablex Publishing Corporation.

Lotman, Y. A. (1988). Text within a text. *Soviet Psychology, 24*(3), 32-51.

Turner, M. (2000). *Den litterære bevidsthed.* København: P. Haase & Søns forlag.

von Glasersfeld, E. (1995). *Radical Constructivism: A way of knowing and Learning.* London: The Falmer Press.

Vygotsky, L. S. (1971). *Tænkning og sprog.* København: Hans Reitzel.

Wertsch, J. W. & Toma, C. (1995). Discourse and Learning in the Classroom: A Sociocultural Approach. In L. P. Steffe & J. Gale (Eds.), *Constructivism in education* (pp. 159-174). Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.

Del III
ANDRE UNDERVISNINGSFORMER OG ANDET INDHOLD I FYSIK?

Denne del beskæftiger sig med *undervisning* i fysik i gymnasiet og er derfor en naturlig fortsættelse af de foregående afsnit. Del I omhandlede eksisterende udgangspunkter for læring og undervisning, nemlig læreres og elevers opfattelse af og holdning til fysik og til læring således som det kom til udtryk i en række klasser. I del II blev der med delvis udgangspunkt i empirien i del I etableret et teoretisk begrebsapparat om *læring* og om *fysikfaget* som koncentrerede sig om dialogiske processer som en vej til læring af fysik.
Som praksisorienteret fagdidaktiker er læringsteori og fagteori primært interessant i det omfang de kan bruges til at udstikke nogle retningslinier for en forbedring af praksis. Formålet med denne del er derfor at overveje hvorledes de foregående betragtninger om læring og om fag kan udmøntes i en undervisning som fremmer dialogen og arbejdet med et meningsfuldt fagligt indhold. Det er min påstand at sådanne ændringer af undervisningen vil fremme elevernes læring af faget. Med retningslinier for forbedret praksis vil jeg her mene bud på ændringer af det der foregår i klasserummet, men det kan også omfatte forslag til ændringer af fagets formål. Sådanne forslag vil jeg arbejde med i del V, men her altså give nogle bud på ændret undervisningspraksis med udgangspunkt i den empiri og den teoretiske forståelse jeg indtil nu har fremlagt.
Både kapitel 3, 4 og 5 munder ud i nogle praksisanvisninger af ret generel art, men fremhæver samtidig at der ikke er nogen entydig sammenhæng mellem læringsteorier og undervisningstilrettelæggelse. Allerede (Millar, 1989) gjorde opmærksom herpå og at det er et problem som tildeles en vis opmærksomhed kan bl.a. ses af at EARLI 2001[1] konferencen havde temaet *Bridging learning to instruction*. Man skal dog passe på at en sådan manglende entydighed mellem undervisning og læring ikke bliver brugt som en stopklods for ændringer: "Man kan jo alligevel ikke sige med sikkerhed at det skyldes en anden undervisning ..." - er et ofte hørt argument for at fortsætte med at gøre som sædvanligt, når der fremlægges resultater fra fx forsøgsundervisning. Men dette skal ikke være noget argument for at al undervisning er lige god, at man slet ikke ved noget om hvilken form for undervisning der er bedre end anden, eller at det ikke er muligt at udvikle en undervisning som fremmer læring af et ønsket fagområde.
Der er en række undersøgelser af sammenhængen mellem undervisningsform og læringsudbytte. (Hake, 1998) har på stort materiale, bestående af 6000 studerende ved universiteter i USA på introduktionskurser i fysik, fundet at studerende der har fulgt en såkaldt interaktiv undervisning (dvs. en undervisning som langt hen ad vejen opfylder de almindeligste retningslinier for konstruktivistisk undervisning sådan som det er diskuteret i kapitel 3) klarer sig bedst i en test som tester begrebsforståelse (en såkaldt Force Concept Inventory).

[1] EARLI = European Association for Research in Learning and Instruction, se www.earli.eu.org.

De danske GymnasieFysik-undersøgelser (Krogh, Arnborg, & Thomsen, 2001; Krogh & Thomsen, 2000) er kommet til lignende resultater. Det kan naturligvis altid problematiseres hvad der forstås ved interaktiv undervisning, undervisning efter konstruktivistiske principper eller hvad man nu vil kalde det, og hvordan man afgør om en undervisning hører herunder, ligesom det kan problematiseres hvad man rent faktisk tester ved en begrebstest og ved eksamen og hvordan man i det hele taget kan undersøge hvad elever har lært. Men uanset sådanne indvendinger er der meget der tyder på at undervisningen gør en forskel.
Jeg har selv som censor ved skriftlig fysik i gymnasiet (ligesom de øvrige censorer) observeret at visse hold klarer sig signifikant bedre og andre signifikant dårligere end gennemsnittet både generelt og hvad angår evne til at løse bestemte typer opgaver. Det er svært at tolke dette anderledes end som værende et resultat af den givne undervisning. Kai Gregersen[1] fra Hasseris Gymnasium har været så venlig at foretage en kørsel af 2001 studentereksamensættet for at sammenligne gennemsnittet af elevernes spredning på klasseniveau med den gennemsnitlige spredning på de enkelte klassers karaktergennemsnit. Altså en sammenligning af hvad vi kan kalde en elevspredning og en klassespredning. Elevspredningen er udtryk for hvor meget karakteren i gennemsnit varierer inden for en klasse, hvor et lille tal er udtryk for at klasserne er homogene og et stort taler udtryk for stor spredning i elevernes præstation, i gennemsnit. Klassespredningen, dvs. spredningen i klassernes karaktergennemsnit, kan skyldes forskelligt elevgrundlag og forskellig undervisning. Jeg var interesseret i om det betød lige så meget hvem man var (sådan i gennemsnit) som i hvilken klasse man kom. Elevspredningen viste sig at være 1,78 mens klassespredningen var 1,09. Det betyder altså mere hvem man er end hvilken klasse man kommer i – alt andet lige (hvad det jo bestemt ikke er). Men en spredning på 1,09 er ganske meget og dækker over relativt store udsving (fx havde jeg selv som censor hold med gennemsnit fra 7,00 til 8,63 (kun medregnet hold med mere end 10 elever; små hold kan naturligvis variere ganske meget i gennemsnitskarakter)). Selv om man ud fra de to spredningsmål kan sige at det betyder mere for den enkelte elevs karakter, hvem man er (som elev) end hvilken klasse man kommer i (heldigvis!), så er det alligevel sigende at hvis man antager at elevgrundlaget er ens, så kan klassen man kommer i betyde en karakterforskel på plus/minus et karakterpoint.

At finde den mere præcise sammenhæng mellem undervisning og læring ville naturligvis være som at finde den hellige gral. Sammenhængen er på kompliceret vis afhængig af mange faktorer og sandsynligvis forskellig for forskellige elever. Fx er der noget i mine egne undersøgelser der tyder på, at fysikundervisningen ikke påvirker "fysik-nørdedrenge"s holdninger til og interesse for fysik i lige så høj grad som det er tilfældet for "middel-piger". Sådan kan dele af empirien i kapitel 9 i hvert fald tolkes. Men den overordnede pointe er at undervisningen gør en forskel.

[1] Kai Gregersen er ligeledes censor ved skriftlig fysik ved studentereksamen og desuden den person som står for databehandlingen af censorindberetninger mm.

Det er derfor nærliggende mere systematisk at forsøge at udvikle undervisningsformer som giver ønskede resultater. En række fysikdidaktiske forskere har da også arbejdet med at udvikle en undervisning som skulle lette elevers læring af bestemte fysikemner eller -begreber. Dette arbejde har ofte været baseret på forskellige konstruktivistiske teoriopfattelser og ofte med en hensyntagen til eksisterende elevopfattelser af det pågældende område. (Tiberghien, 1996) har således udviklet en pædagogisk model for undervisning i energibegrebet, og (Viennot & Rainson, 1999) har gjort det samme for elektriske felter. I sidstnævnte tilfælde har den samme lærer endog undervist nogle klasser efter en traditionel undervisningsmetode og andre klasser efter den nyudviklede metodik, med det resultat at klasser undervist efter den nyudviklede metode klarede en efterfølgende test 20% bedre end de andre. Igen skal der medtænkes en problematisering af hvad man egentlig tester ved en test, men om ikke andet er det så muligt på baggrund af didaktiske overvejelser at udvikle en undervisning som forøger det traditionelt målte læringsmæssige udbytte i forhold til traditionel undervisning.

Både de fundne sammenhænge mellem undervisning og læring, dvs. vurderingen af hvad der virker hvordan, og de udviklede didaktiske modeller for fysikundervisning er baseret på nogle grundlæggende antagelser om hvad der er det centrale i læring og hvilken fysikforståelse man vil udvikle hos eleverne. Jeg vil her gøre rede for de opfattelser som AFU-projektet byggede på og udviklede sig inden for. Som det fremgår af ansøgningen (Bilag 1) havde projektdeltagerne ikke formuleret en afklaring på alle områder, så det følgende er i høj grad en beskrivelse af meninger som er udviklet efterfølgende og som i et vist omfang end ikke er blevet ekspliciteret i projektet, men som nu står for min egen regning. De er oprindeligt i vid omfang vokset ud af ALF-projektet og kan derfor opfattes som en opsummering og videreudvikling af de foregående kapitler.

Fysikfaglige præmisser for læring af fysik – og undervisningsmæssige konsekvenser heraf

Overordnet ser jeg fysik som en kultur med sit eget sprog. Fysikken og dens begreber er udviklet i kommunikative sammenhænge med helt bestemte formål i relation til konkrete fysiske fænomener. Fysikken er en række historier, der er blevet fortalt og genfortalt, skrevet og omskrevet, af generationer af fysikere. I modsætning til mange af hverdagslivets historier skal fysikkens kunne forklare nogle veldefinerede og almene forhold i omverdenen. Den har så at sige en slags facitliste uden for sig selv. Alligevel – p.gr.a. genstandsfeltets kompleksitet – er der mange mulige historier, som kan give rimelige forklaringer på de undersøgte forhold. Historierne har derfor udviklet sig gennem tiden til det de er nu. De har udviklet sig via dialoger mellem fysikere med forskellige opfattelser og mellem teori-

erne og genstandsfeltet. Narrativiteten (se kap. 5) er en integreret del af faget (som af alle andre fag) selv om den kan være svær at se bag den matematiske formalisme. Men selv den mest stringente matematiske formalisme må have plads til det uforudsete og åbne:

Even mathematics, which sometimes tries to escape from language, needs to retain some level of ambiguity, some vulnerability to different interpretations, in order to remain a flexible tool for reasoning and creativity ...(Lemke, 1990)

Fysikkens kombination af empirisk relatering og fundering på den ene side og bearbejdning via sociale processer på den anden side udstikker nogle retningslinier for læring og undervisning. Det, der skal læres, den kultur som eleverne skal tilegne sig, kan ikke umiddelbart opfattes via empiriske, "hverdagsvirkelighedsbaserede" erfaringer, men må opnås gennem processer hvor eventuelle empiriske udgangspunkter, det være sig hverdagsopfattelser og/eller undervisningsmæssige empiriske observationer, indtolkes i fysikkulturens opfattelser og begreber. En læringsteori skal kunne indfange dette og en undervisningsmetode skal muliggøre det.
En ren kognitivistisk, individorienteret læringsteori vil have svært ved at gøre rede for hvorledes individer tilegner sig den socialt funderede forståelse som netop kun kan erhverves gennem sociale processer. Von Glasersfelds begreb "viability" (hensigtsmæssighed) refererer til individets forsøg på at skabe overensstemmelse mellem de individuelt opbyggede mentale forestillinger om et område/fænomen og individets egne erfaringer med det pågældende område/fænomen (se kap. 3). Men de mentale forestillinger opbygges netop ikke individuelt ud fra empiriske oplevelser. I hvert tilfælde ikke i det sociokulturelle læringsrum som blev fremlagt i kapitel 3. Fysikkulturens socialt opbyggede begreber og forestillingsformer springer heller ikke automatisk ud af det empiriske felt, men introduceres og udvikles i sociale, kommunikative sammenhænge. Som konsekvens heraf vil John Leach og John Scott

... *suggest that, in formal learning situations, the concept of 'viability' has more to do with social reinforcement than reinforcement from perceptions of the physical world. In effect, students learn what counts as appropriate ways of thinking about the physical world through social reinforcement, usually by teachers.* (Leach & Scott, 2000)

Hensigtsmæssigheden afprøves altså ikke i forhold til den virkelige verden, men i forhold til de sociale sammenhænge hvori det lærte skal bruges. Når læreren lærer eleverne noget forkert – og det sker – tager eleverne det til sig – også selv om der er en række observationer der taler imod lærerens opfattelser. Ved fysikøvelser har elever en forbløffende evne til at se og finde det de skal (fx iflg. øvelsesvejledningen). "Virkeligheden" har ikke samme overbevisningskraft som en lærerautoritet, og elever (ligesom vel de fleste mennesker) tilpasser sig den sammenhæng de nu engang er i, med de regler der er gældende der.

Jan Schoultz har i sin afhandling om samtalen i naturvidenskab påvist hvorledes elevernes tolkning af naturvidenskabelige spørgsmål afhænger af den kontekst samtalen føres i og det formål der er med samtalen:

Det finns ingen neutral grund att stå på när det gäller begreppsförståelse. Med en meningsfull artefakt närvarande, ändras uppenbarligen elevers förståelse tämligen dramatisk. Dessuton skapas och förändras begreppen i de situationer där de används. För att ett begrepp ska bli kunskap hos individen, måste det därför ständigt förändras och rekonstrueras. ((Schoultz, 2000) s. 58)

Med fysikkens narrative natur og genese som udgangspunkt og med elevers forståelsesmåder in mente, vil det være naturligt frem for den individbaserede, kognitivistiske læringsopfattelse at tage udgangspunkt i en sociokulturel læringsteori baseret på dialogiske processer således som det er fremlagt i kap. 5. Her ses læring som den lærendes internalisering af de sociokulturelle forhold der skal tilegnes. Det, der skal læres, er der[1], men eleven skal gøre synsmåderne til sine egne ved at formulere dem og tolke dem i relation til sig selv og sin egen opfattelse og sammen med lærer og elever i det miljø, hvor læringen foregår. Denne internalisering har jeg beskrevet som foregående gennem dialogiske processer som de begrebsmæssigt er udviklet af bl.a. Bakhtin. Dette kan også udtrykkes som at fysikken er en diskurs som skal læres gennem diskursiv praksis.
Eleven skal bringes rundt i fysikkulturen så de får mulighed for at tænke, tale og handle fysikfagligt i så mange forskellige situationer og på så mange forskellige måder som muligt. Hver gang præsenteres eleven for en synsmåde som han eller hun hver især og sammen må forholde sig til og gøre meningsfulde.
Fysikundervisningen skal muliggøre disse tolkende processer. Den skal bringe eleverne i dialog med hinanden og med sig selv om faglige problemstillinger. Det skal den gøre både af læringsmæssige årsager, men også af fysikfaglige årsager – for at give eleverne en realistisk opfattelse af fysikkens epistemologiske og ontologiske beskaffenhed.
Undervisningen skal fremstille fysikken som den er: en kulturelt udviklet måde at begribe en bestemt del af verden på snarere end en samling fuldt færdige, a priori givne lovmæssigheder. En historie, der er udviklet historisk. Det er ideerne, synsmåderne, der er centrale, ikke ligningernes konkrete udformning – som jeg vil skynde mig at sige at man selvfølgelig også skal kende. Men de skal vokse frem af en forståelse for de grundlæggende mekanismer i fysikken.

Dele af disse undervisningsovervejelser har vi forsøgt at realisere i AFU-projektet.
Det centrale begreb er *autenticitet*. Det er et sammensat begreb som både udtaler sig om en kvalitet ved den lærendes opfattelse af arbejdet og ved selve arbejdets indhold og form.

[1] Eller også er det der ikke, men den pædagogiske pointe er at uanset ontologisk status og overbevisning så er der tale om et stykke fastlagt kultur, som skal tilegnes som sådan.

Det eleverne arbejder med skal virke ægte og meningsfuldt for dem. Samtidig skal det foregå gennem så realistisk en arbejdsform og med så realistisk et indhold som muligt. Man kan vel sige, at autenticitetsbegrebet forsøger at indfange fysikken som en kultur. En kultur der læres gennem arbejdet med og i kulturen selv. Kapitel 6 udfolder autenticitetsbegrebet. Et evaluerende kapitel 10 vil forsøge at indfange hvorledes elevernes opfattelse af arbejdet med faget og fagets arbejdsformer og indhold hænger sammen.

En vigtig del af fysikkens praksis er udviklingen af modeller af virkelighedens fænomener. Arbejdet med modellering blev derfor en stor del af AFU-projektet. Dette arbejde gennemgås i kapitel 7.

De dialogiske processer er forsøgt fremmet gennem arbejdsformer, som tvinger eleverne til – altovervejende i grupper – at meningssætte fysikfaglige problemstillinger. Der er derfor i AFU-gruppen arbejdet en del med projektarbejde og gruppearbejde. Disse arbejdsformer og deres læringsmæssige potentialer er af omfangsmæssige grunde ikke blevet gjort til genstand for selvstændig behandling i indeværende afhandling. Men som et eksempel på en arbejdsform, som tvinger eleverne ud i en faglig dialog, er der i kapitel 8 fortalt om nogle erfaringer med brug af begrebskort.

Litteratur

Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement vs traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics, 66*(64), 1-24.

Krogh, L. B., Arnborg, P., & Thomsen, P. V. (2001). *GFIII-rapport, del A: Hvordan gik det så med fysikundervisningen og elevernes udbytte? 2.g-opfølgning på GFII-undersøgelsen* (CND's skriftserie no 3). Aarhus: Center for Naturfagenes Didaktik, Aarhus Universitet.

Krogh, L. B., & Thomsen, P. V. (2000). *GFII-rapport nr. 1: Undervisningsstil og læringsudbytte - en undersøgelse af fysikundervisningen i 1.g* (CNDs skriftserie no.1). Aarhus: Center for Naturfagenes Didaktik, Aarhus Universitet.

Leach, J., & Scott, J. (2000). *A perspective on teaching an learning science: drawing on individual and sociocultural views.*Unpublished manuscript.

Lemke, J. L. (1990). *Talking science*. Norwood, NJ: Ablex Publishing Corporation.

Millar, R. (1989). Constructive Criticisms. *International Journal of Science Education, 11*(5), 587-596.

Schoultz, J. (2000). *Att samtala om/i naturvetenskap. Kommunikation, kontext och artefakt.* Unpublished Filosofisk doktereksamen, Linköpings Universitet, Linköping.

Tiberghien, A. (1996). Construction of Prototypical Situations in Teaching the Concept of Energy. In G. Welford & J. Osborne & J. Scott (Eds.), *Research in Science Education in Europe: Current Issues and Themes.*

Viennot, L., & Rainson, S. (1999). Design and evaluation of a research based teaching sequence: the superposition of electric fields. *International Journal of Science Education, 21*(1), 1-16.

Kapitel 6
OM AUTENTICITET I FYSIKUNDERVISNINGEN

En kritik af fysikfaget er, at det ofte tematiserer ikke-elevrelevante problemstillinger på en reduktionistisk og dogmatisk måde. I et vist omfang kan traditionel undervisning (og jeg taler her kun om gymnasiet) give belæg for en sådan kritik ved i høj grad at formidle viden og svar på for eleverne uvedkommende emneområder uden at give eleverne mulighed for selv at stille spørgsmål og undersøge løsningsmuligheder. Et dogmatisk fastsat indhold der doceres som et ritual – sådan sat på spidsen. Denne måde at arbejde på og et sådant valg af indhold er langt fra den måde faget bedrives på i fagkredse, og den rolle faget har haft historisk. I forskningssammenhænge er faget (ideelt set) præget af søgning, forsøg på at besvare spørgsmål som ingen kender svarene på, usikkerhed, afprøvning af mange muligheder, og historisk har fysik ofte været den direkte omstyrter af etablerede verdensbilleder.
Det er i et autenticitetsperspektiv vigtigt at have en idé om hvad fysik er og hvordan fysik bedrives som videnskab, og jeg vil derfor her kort se på forskellige opfattelser af og holdninger til fysik som videnskab. Man refererer ofte til forkortelsen CUDOS som en sammenfatning af (natur)videnskabens idealer og normer[1]:

- *Communalism* (at videnskaben skal være tilgængelig for alle)
- *Universalism* (at videnskaben skal gælde alle steder og til alle tider)
- *Disinterestedness* (at videnskaben skal være værdimæssig neutral, dvs. uafhængig af race, religion, politik, økonomi osv.)
- *Originality* (at videnskaben skal være nyskabende, banebrydende)
- *Scepticism* (at videnskaben skal være antiautoritær og stille spørgsmål ved alt)

Dette selvbillede har holdt sig op til i dag. I en nylig udkommen bog om naturvidenskabens stilling i samfundet skrevet af en amerikansk fysiker, ytres der ganske vist bekymring for at naturvidenskabelige fremskridt underlægges et især statsligt bureaukrati således at

... new loyalties and more complacent attitudes are eroding the ethical basis underlying the scientific tradition ... (Christophorou, 2001)(p. 116)

Det er bekymrende fordi traditionen ifølge Christophorou grundlæggende er karakteriseret ved en række egenskaber i lighed med CUDOS (ibid. p. 156ff):

- **Science is an Adventure**: it engages man in a perpetual adventure which emphasizes

1 Udtrykket stammer fra sociologen Robert Mertons bog *The Sociology of Science* fra 1942, og er her gengivet fra Sjøberg 1998, s. 238.

and challenges his intellect. It satisfies his natural curiosity to know, urges him to discover the natural order ...

- **Science is Beautiful**: The beauty in what the eye can see is breathless and yet tiny in comparison with the boundless beauty beyond the eye's limited vision; infinite beauty lies beyond the visible light.
- **Science is not Retrograde**: When a fundamental law of nature is discovered, it is discovered for all time. It can be modified, expanded, improved, or exhumed, but it will never be discovered in kind again.
- **Science is Pragmatic**: It embraces the world of relevance and usefulness ... verifiability is a distinct characteristic of science ... Science is a self-correcting system ... science is independent of the individual scientist ... science knows no boundaries.
- **Science is Unpredictable.**
- **Science is Utilitarian**: Its main body of discovery ultimately achieves practical utility even in those cases where the discoveries were made initially solely in the interest of pure science.
- **Science is Conservative and Revolutionary.**
- **Science is not Skepticism.**
- **Science is not Hierarchical.**
- **Science is Cooperative.**
- **Science is Universal.**
- **Science is Society's Heritage of Common Knowledge.**

Altså en række ideale forestillinger om naturvidenskabens uafhængighed og nytte.

En sådan opfattelse kan i høj grad problematiseres, hvilket jo bl.a. var en central del af den fagkritiske bølge i 70'erne som den fx kom til udtryk i bevægelser som KRISNA (= kritiske studier i naturvidenskab) der blev dannet ved Københavns Universitets naturvidenskabelige fakultet i 1971. I en beskrivelse af arbejdet i KRISNA siges således (Striegler, 1971):

Det er blevet åbenbart for de fleste, at den industrielle produktion med sit stadigt voksende energiforbrug og den deraf følgende forøgelse af affaldsmængden, forureningen er på vej til at blive et så alvorligt indgreb i naturens balance, at alt højere liv vil udslettes inden for en overskuelig tid.
Det er endvidere klart, at væksten i den industrielle produktion er nært knyttet til anvendelsen af det stadigt stigende udbud af videnskabelige forskningsresultater.
Videnskaben er et villigt redskab i denne udvikling. Kritikkens opgave er først og fremmest at finde ud af hvorfor videnskaben er et villigt redskab.
En kritik må derfor tage sit angrebspunkt i en kritik af de forhold, hvorunder der produceres videnskabelige forskningsresultater (videnskabens samfundsmæssige praksis) og dernæst via

videnskabens egen praksis arbejde sig helt ind i videnskabernes teorier og dér kritisere metode- og begrebsapparatet.

Bortset fra den noget dommedagsagtige profeti lægges der her op til en kritik af naturvidenskabens anvendelse kombineret med en kritik af naturvidenskabens praksis. Denne kritik har gennem de sidste årtier været med til at give naturvidenskaben et andet image i offentligheden. Svein Sjøberg opstiller således en række træk som man uden for naturvidenskabernes kreds opfatter som karakteristiske for naturvidenskaberne (og især de hårde naturvidenskaber som fysik): upersonlig ikke-involvering, kold og ufølsom, rationel og reduktionistisk, abstrakt, rigid (Sjøberg, 1998) (s. 340). Det er egenskaber som nok kan skræmme elever væk. Sjøberg modstiller dem med mere menneskeligt appellerende kvaliteter som: personligt engagement, varm og følsom, fuld af mysterier, holistisk, fleksibel. På baggrund heraf argumenterer Sjøberg for (s. 342f) at der en modsætning mellem det moderne verdensbillede som fysikken er en del af med dets rationelle og upersonlige logik, og så den postmoderne verden som eleverne lever i med deres ønske om følelsesmæssigt engagement og erkendelsesudvidende diskussioner.

Alt dette mindsker motivationen for at arbejde med fysik. Der opstår et skel mellem fysikkulturen (som den ideelt set udfolder sig i videnskabelige kredse) og elevernes hverdagskultur. Samtidig med at den fysikkultur, som eleverne møder i skolen, kun er en svag afglans af videnskabsfysikken og kun sjældent beskæftiger sig med fysikkens manifestationer i hverdagen. De emner der arbejdes med er ofte irrelevante og utidssvarende og de måder det foregår på fremmer ikke en videnskabelig tankegang. Det betyder alt i alt at eleverne ikke i tilstrækkelig grad opnår de kompetencer og den dannelse, som fysik *kan* give, og som de får brug for i senere studier og erhvervsfunktioner i retning af selvstændighed, initiativ, holdninger, metodik og en brugbar faglighed. Dette problem tages op i kapitel 11.

Jeg vil med autenticitetsbegrebet forsøge at opstille nogle retningslinier for undervisningen, som kan være med til at råde bod herpå.

OPFATTELSER AF AUTENTICITET

Autenticitet er et bredt begreb, som betoner vigtigheden af at undervisningen i skolen har fælles træk med den verden, man lærer om, både hvad angår form og indhold. Det er samtidig et begreb som fremhæver praksis og handling som et centralt aspekt ved læring.
Ifølge Ordbog over det Danske Sprog Bd. 1, s. 953-54 kommer ordet fra græsk authentikós, ophavsmand, *som virkelig har den oprindelse ell. beskaffenhed, der opgives*, og der tales om et autentisk dokument og en autentisk fortolkning. Når man siger, at noget er autentisk, mener man derfor, det er oprindeligt og ægte, at det er i overensstemmelse med noget korrekt.
I undervisningssammenhænge kan denne sprogbrug gives mange tolkninger, alt efter i hvilke

forbindelser den anvendes. Brian Woolnough bruger begrebet til at bygge bro mellem den af Svein Sjøberg ovenfor omtalte kulturkløft mellem elevernes personlige viden, ønsker og opfattelser på den ene side og fysiksamfundets vidensideal på den anden side. Eleverne lærer fysik i skolen uden det engagement som kan gøre fysiksamfundets viden personligt meningsfuld, og Brian Woolnought ser arbejdet med autentiske aktiviteter som en måde at bygge bro mellem de to verdener. Hans definition på autentisk naturvidenskab er (Woolnough, 1998):

... that type of doing science typified by problem-solving practical projects, in which the problem is in some way related to the real world of the student. The student will take ownership of the problem, it will be open-ended and have a significant degree of freedom about how the task is tackled. (p. 2)

Autenticitet omhandler her både opgavens art og elevens forholden sig til den. Opgaven skal være et reelt problem, dvs. åbent og med mange frihedsgrader, og indholdsmæssigt relevant for eleven.

Daniel C. Edelson (Edelson, 1998) opfatter autenticitet som et spørgsmål om at tilpasse den videnskabelige praksis til klasseværelset. Denne praksis falder inden for tre områder (p. 318f):

> **Holdninger**. *Scientific practice is characterised by the attitudes of uncertaintity and commitment. ... Therefore students must have the opportunity to adopt questions that represent true uncertaintity in their world. To foster commitment among students, the questions they pursue must have ramifications that are meaningful within the value systems of these students.*
> **Redskaber og teknikker**. Enhver naturvidenskab har udviklet et sæt af apparater og metodikker som sætter videnskabfolkene i stand til at stille og besvare en bred vifte af spørgsmål.
> **Samarbejde**. Inden for den videnskabelige verden foregår der en udveksling af ideer og en argumentation som er en central del af den videnskabelige proces.

En praksis baseret på disse tre aspekter vil gøre det muligt for eleverne at tilegne sig en viden i overensstemmelse med naturvidenskaben selv.

A vision of learning that integrates these features of scientific practice has students investigating open questions about which they they are genuinely concerned, by using methods that parallel those of scientists. (ibid. p. 319)

Selv om fokus her rettes mod den videnskabelige praksis, mod nødvendigheden af at indoptage fagets karakteristika i læreprocessen, tillægges elevernes relationer til stoffet stor betydning.

Jeg vil ligeledes definere autenticitet i forhold til eleverne og i forhold til faget selv, men for selvstændigt at kunne indfange relevansen af det man beskæftiger sig med i forhold til en samfundsmæssige ageren, vil jeg desuden operere med en samfundsmæssig autenticitet, lidt i overensstemmelse med Woolnoughs *real world of the student*, men mere i retning af det indhold man vil sige udgøres af *science for public understanding* (se s. 334ff). Dette giver anledning til tre forskellige former for autenticitet[1]:

- *Personlig autenticitet*, dvs. at fysikundervisningen skal sige eleverne noget, være meningsfuld fx ved at give mening i relation til deres hverdag, eller måske bare opfattes som meningsfuld fordi det indgår i en større (argumenteret) sammenhæng. Undervisningen skal opfattes relevant. Eleverne skal føle ejerskab til de behandlede problemer.
- *Samfundsmæssig autenticitet* bestemmes i forhold til den samfundsmæssige relevans, fx ved arbejde med centrale og/eller aktuelle problemstillinger, eller forhold som har betydning i forhold til demokratiske beslutningsprocesser.
- *Faglig autenticitet* indikerer at fysikundervisningen arbejder med fysikken på en faglig realistisk måde. Det vil sige som man arbejder med fysik uden for skolen, fx i forskningssammenhænge eller i erhvervssammenhænge.

Elever kan således arbejde med et indhold, et problem, i fysik, som er (personligt) autentisk, fordi det er vigtigt for dem at lære om, fx fordi det har umiddelbar relevans for deres hverdag (vejret, lyd, farver osv.). Eller det kan have nogle erkendelsesmæssige aspekter af generel art (universets opståen og udvikling, tid osv.). Emnet eller problemet kan også være (samfundsmæssig) autentisk fordi det er af vigtighed for samfundet (fx energiforsyning), og dertil ofte aktuelt (drivhuseffekt, strålingshygiejne osv.). Det skal dog under alle omstændigheder også opfattes relevant af eleverne, og det kan sagtens være nødvendigt for læreren at påpege denne relevans.

Hvor disse to første autenticitetsformer i høj grad berører fysikindholdet (fysiske fænomener som eleverne møder i deres hverdag eller erkendelsesmæssige problemstillinger kan give personlig autenticitet, og samfundsrelevante emner kan give samfundsmæssig autenticitet) stiller ønsket om faglig autenticitet især krav om en bestemt arbejdsform og anvendelse af en bestemt metode. Indholdsmæssigt kan man fagligt autentisk arbejde med aktuelle problemstillinger eller med problemstillinger, som er fysik eksemplariske i den forstand at svarene ikke er umiddelbart givne (og kendte af fysiksamfundet), og der er ofte flere mulige måder at gribe problemstillingen an på. Det centrale ved indholdet er her ikke dets relevans for eleverne, men at de spørgsmål, man arbejder med, er autentiske i Bakhtins forstand (se kap. 5). Et sådant

1 Denne tredeling hidhører oprindelig fra et arbejdspapir udarbejdet af Jytte Bang til ansøgningen til ALF-projektet.

hold vil kunne tvinge eleverne ud i nogle arbejdsformer og nogle løsningstilgange som ligner fysiksamfundets.

Det er næppe muligt at opfylde alle tre autenticitetsformer på én gang. Nogle gange kan undervisningen være båret af én form for autenticitet, andre gange af en anden eller flere på én gang. Men jeg vil tale om en autentisk læreproces, hvis den indeholder én eller flere autentiske aspekter.
Man kender det som lærer. Man er midt i en udledning på tavlen. Man kæmper alene, måske er der en enkelt dygtig elev der hænger på, resten følger i bedste fald sløvt og passivt med. Det er lærerens projekt. Midt i udledningen går man i stå, opdager en fejl, hvad er galt? – og pludselig kommer der liv i klassen. Hvad ender det her med? – der er opstået et autentisk problem! Både i rent faglig forstand – man udforsker et problem ingen lige har løsningen på – og i forhold til arbejdsprocessens organisering – klassen bliver et undersøgende fællesskab. Den deduktive overbevisningsproces bliver til en læreproces.

(Madsén & Wallentin, 2000) opstiller følgende skema over læring i (traditionelle) skolesammenhænge og i autentiske (især i betydningen samfundsmæssige) sammenhænge:

Analyseaspekt	**Traditionel skolekontekst**	**Autentisk kontekst**
Opgavens natur	Kunstig	Autentisk
Opgavens formål	At lære noget	At løse problemet
Nyttig for ...	Eleven	eleven og andre
Kontekstens begrænsninger og muligheder	En dekontekstualiseret skolekultur	En funktionel (samfundsmæssig) kontekst
Problempræsentation	Mest symbolsk baseret på tekst og cifre	Situationsbestemt kommunikation
Elevens tolkning af problemet	"Skoleopgave" - en del af skolearbejdet	Rigtig opgave - betyder noget for nogen
Elevens intention	Løse opgaven = få en god karakter	Løse opgaven = at få noget til at fungere

Anvendte løsningsstrategier	Skolerutiner. Instrumentel læring	Forskellige strategier udsprunget af problemet. Intentionel læring
Løsningskriterier	Rigtigt iflg. facit. Godkendes af lærer. Ydre autoritet.	"Det fungerer" - bedre eller ringere løsninger. Indre autoritet.
Læringsresultat	Hvordan man løser afgrænsede, skoletilrettelagte problemer	Hvordan man løser virkelige, komplekse problemer
Opnået kompetence	Situationsspecifik - at blive en dygtig elev	Generaliseret - tolknings- og udvælgelsesevne

Selv om en sådan modstilling selvfølgelig er alt for forenklet - intet er lettere end at tillægge det, man vil fremme, alle plusordene - så kan den vel give en vis idé om intentionerne i autenticitetsbegrebet: Opgavens art og formål, sammen med den måde man griber løsningen an på, giver en meningsfuldhed for den lærende med et bedre læringsresultet til følge. Hvor det er vigtigt at understrege at det netop er intentioner, som aldrig fuldt ud kan (eller skal?) indfries i et skolesystem.

Man kan meget groft skelne mellem
Intentionel læring: Eleven har en klar, indholdsrelateret forståelse af hvad det hele går ud på og aktiviteterne drives af interesse (eleverne oplever arbejdet personligt autentisk).
Instrumentel læring: Eleven opfylder de ydre krav. Skolesituationen bestemmer aktiviteterne, ikke opgaven.
Det er min påstand, at øget autenticitet vil forskubbe læringen over mod det intentionelle, fordi det vil øge motivationen og følelsen af meningsfuldhed.
Man skal dog ikke glemme, at flertallet af elever (legitimt nok) går i skole for at få en eksamen. De er (også) professionelle elever, der forsøger at opfylde de i situationen stillede krav. De har ikke aktivt valgt alle de problemstillinger og emneområder, som de skal arbejde med og tilegne sig igennem undervisningen. Men hvis de aldrig – på trods af deres instrumentelle rammebetingelser - kommer ind i intentionelle læreprocesser vil det være hårdt for dem at komme gennem skolegangen, og deres udbytte vil på længere sigt (dvs. ud over eksamen) være ret begrænset.

LÆRINGSTEORETISK INDLEJRING AF AUTENTICITETSBEGREBET

Der ligger i (brugen af) begrebet autenticitet en kritik af den traditionelle undervisning, der har udviklet og fremelsket en særlig form for faglighed og særlig måde at lære denne på, som i takt med uddannelsessystemets udvikling har fundet sin egen logik, løsrevet fra den verden, hvori det lærte skal anvendes. Barbara Resnick har skrevet en klassisk artikel herom: *Learning in school and out*, hvor hun opridser 4 forskelle på læring i det "virkelige liv" og i skolen (Resnick, 1987):

- Individuel kognition i skolen i forhold til fælles kognition uden for skolen
- Rent intellektuel viden i skolen i forhold til konkrete praksisformer uden for
- Systemmanipulation i skolen i forhold til kontekstualiseret erkendelse uden for skolen
- Generaliseret læring i skolen i forhold til situationsspecifikke kompetencer uden for.

Der er sket meget i skolen siden Barbara Resnick skrev sin kritik. Fællesskabsbaserede arbejdsformer har vundet indpas og der er gjort mange erfaringer med at nedbryde grænserne til verden uden for skolen. Men grundlæggende er skolen langt de fleste steder stadig en isoleret ø i samfundet med sin egen logik og kultur.
Resnicks kritik gælder skolen generelt, og fysik kan naturligvis ikke selv ændre ved det, i det omfang, det er ønskværdigt. Men det er bestemt muligt at fremme fælles læreprocesser og konkrete erfaringer, hvilket jeg vil vende tilbage til.

Autenticitetsbegrebet har rødder til bl.a. John Dewey og hans erfaringsbaserede læring og til D.P.Ausubel og Joseph D. Novak, med deres begreb om meningsfuld læring. Men med de sidste årtiers øgede interesse for læringsteorier baseret på en sociokulturel opfattelse af læring som samtidig påpeger læringens situerethed (se s. 126ff) må autenticitet nu ses i en ændret læringsteoretisk kontekst. Disse nyere teorier opfatter læring som en kulturel aktivitet, så læring af et område sker ved at deltage i eller agere dette områdes kultur – hvilket sjældent sker i skolekulturen. I skolekulturen lærer man at agere i skolesammenhænge, hvilket langt fra betyder at man kan bruge det lærte uden for skolen – hvad der jo ellers er skolens projekt. Teorierne fremhæver autenticitet som en vej til at forbedre undervisningen og læringen.
(Brown, Collins, & Duguid, 1989) har skrevet en banebrydende og meget citeret artikel som, ligesom Resnick (der også henvises til i artiklen), fremhæver hvorledes aktiviteter i skolen adskiller sig fra aktiviteterne på det område, der skal læres om. De definerer autentiske aktiviteter som de der foregår i den kultur der skal læres:

Authentic activities then, are most simply defined as the ordinary practices of the culture. (p. 34)

Altså meget I overensstemmelse med det jeg har kaldt faglig autenticitet.
De skriver at der er en

... distinction between authentic and school activity. If we take learning to be a process of enculturation, it is possible to clarify this destinction and to explain why much school work is unauthentic and thus not fully productive of useful learning. (ibid p. 34)

Dette betyder naturligvis ikke at kun udlærte fagfolk, eksperter, kan udføre autentiske aktiviteter. Det er en central pointe i *mesterlære*tilgangen til læring, som der her er tale om, at man starter som novice, som lærling, i den kultur der skal læres, og efterhånden gennem praksis og vejledning tilegner sig fuld kontrol over feltet ((Lave & Wenger, 1991; Nielsen & Kvale, 1999)(se s. 127).
Det betyder heller ikke at eleverne skal stræbe mod at blive (delvise) eksperter inden for de respektive fagområder, men

... in order to learn these subjects (and not just to learn abouth them) students need much more than abstract concepts and self-contained examples. They need to be exposed to the use of a domain's conceptual tools in authentic activity – to teachers acting as practitioners and using these tool in wrestling with problems of the world. (ibid. p. 34)

Autenticiteten anses altså som nødvendig af læringsteoretiske grunde, for overhovedet at få en brugbar viden, en kompetence (et begreb som defineres nøjere i kapitel 11). Dette hænger også sammen med autenticitet som en vej til at overkomme læringens situerethed – eller rettere som en måde at gøre den meningsfuld på. De repræsentationer (se kapitel 4) man får af et fænomen ved at arbejde med det i faglige sammenhænge er *indeksikaliserede*[1], dvs. de er bundne til og forudsætter den givne situation for at forståelsen så at sige aktiveres og kan bringes i anvendelse. Hvis det lærte skal kunne bruges i autentiske situationer skal det derfor også læres i autentiske situationer:

One of the key points of the concept of indexicality is that it indicates that knowledge, and not just learning, is situated. A corollary of this is that learning methods that are embedded in authentic situations are not merely useful; they are essential. (ibid p. 37)

Den faglige autenticitet anser Brown m.fl. også som en forudsætning for opnåelse af personlig autenticitet:

1 På engelsk *indexicalised*, hvilket er svært at oversætte til dansk. Det har betydninger i retning af værdifastsat, relationeret, kontekstilknyttet. (Roth, 1995) har s. 22f en gennemgang af begrebet.

Authentic activity, as we have argued, is important for learners, because it is the only way they gain access to the standpoint that enables practitioners to act meaningfully and purposefully. (ibid. p. 36)

Jeg vil dog nok mene at det muligt at forestille sig meningsfulde aktiviteter som ikke er fagligt autentiske, men er på den anden side overbevist om at faglig autenticitet langt hen ad vejen automatisk implicerer personlig autenticitet.

Disse teoridannelser lægger vægt på et læringsmiljø som er præget af samarbejde og samtale:

If, as we propose, learning is a process of enculturating that is supported in part through social interaction and the circulation of narrative, groups of practitioners are particulary important, for it is only within groups that social interaction and concersation can take place. (ibid. p. 40)

Der peges derfor på fælles problemløsning, gruppearbejdsmetodikker og gruppediskussioner som nødvendige veje til læring. Dette vender jeg tilbage til.

Fuldstændige og amputerede læreprocesser

Den norske uddannelsesforsker Ivar Bjørgen ser også et af skolens store problemer i adskillelsen mellem skolelivet og dagliglivet. Hans udgangspunkt er overvejelser over læringsbegreb og læringsteori og gabet mellem disse og den pædagogiske praksis (Bjørgen, 1992) (s. 180).

... pedagogikken har gjennom sin egenpraksis også selv bidratt til et skille vis a vis dagliglivets læring. Læring i skolen på ulike nivå har i økende grad tatt utgangspunkt i lærerens virksomhet og bidratt til passivisering og avhengighet hos den lærende. (ibid. s. 180)

Dette kommer stærkest til udtryk i det Bjørgen kalder et *amputeret læringsbegreb*. Dette er i bund og grund baseret på et mentalistisk læringssyn og modstilles et *fuldstændigt læringsbegreb*, der i højere grad er baseret på et sociokulturelt læringssyn. De to læringsbegreber leder til to helt forskellige læreprocesser (Bjørgen 1992, s. 184):

Amputeret læreproces	**Fuldstændig læreproces**
Få givet et problem	Opdage et problem
Acceptere det midlertidigt	Acceptere det for alvor

Arbejde med eksamen for øje	Arbejde realistisk, for livet
Strukturere stoffet	Knytte det til egne erfaringer
Afslutte med eksamen	Anvende i praksis

En modstilling som svarer til Madsén og Wallentins ovenfor, hvor den autentiske læreproces svarer til Bjørgens fuldstændige. Bjørgens styrke er at hans begrebsapparat knytter an til læringsteori. I projektet Ansvar For Egen Læring (AFEL) argumenteres for læring som et arbejde den lærende selv må udføre, hvilket kræver læringskompetence, det vil bl.a. sige evner til at styre læreprocessen. Hvis ikke dette foregår vil læringen blive amputeret. Bjørgen opbygger et læringshierarki baseret på graden af fuldstændighed/amputerethed (ibid s. 192):

1. Læring som passiv reageren på miljøets stimulering (klassisk betingning)
2. Reaktiv læring udløst af egenaktivitet, men styret og kontrolleret af miljøets feed-back (operant læring, programmeret læring)
3. Læring gennem sproglige regler og kontrol – skolelæring (Piagets figurative læring)
4. Læring via egenaktivitet inden for givne rammer
5. Selvinitieret læring uden restriktioner fra skole og samfund (fri forskning, børns leg, kunst)

Kontrollen med læreprocessen øges ned gennem rækken hvor det sidste niveau repræsenterer fuldt ansvar for egen læring. Kun sådanne læreprocesser er egentligt autentiske. De er ifølge Bjørgen styret af en indre motivation, af en *vilje* (ibid. s. 198) til at søge efter mening, og energien kommer fra selvorganiseringen:

Med viljebegrepet og mening-begreper tilbake er grunnlaget lagt for et læringsbegrep som i større grad er i tråd med dagliglivets opfattninger og erfaringer. Energisiden ved læringsbegrepet, energien til læringsarbeidet, dekkes dels gjennom viljesbegrepet, dels gjennom selvmotiverte organisasjonstendenser. (ibid s. 200)

Fuldstændighed i læreprocessen ses langt hen ad vejen at svare til den tidligere omtalte intentionelle læring.
Selv om Bjørgens læringsopfattelse med rette kan kritiseres for at være mentalistisk (og idealistisk) er den medtaget her fordi den har haft en relativ stor indflydelse på den danske uddannelsesdebat og gymnasiepædagogiske udvikling.

Systemiske udviklingsprojekter

Ovenstående teoretiske og praktiske overvejelser kredser alle om en kritik af skolen og under-

visningen i skolen for at være anderledes end i hverdagslivet og i videnskabelige miljøer, hvorved skolen mister den autenticitet som er nødvendig for at kunne have meningsfulde læreprocesser. De har forskellige bud på at rette op på dette forhold, men begrænser sig til at overveje hvorledes man inden for skolens rammer kan realisere så meget som muligt af et givet autenticitetsbegreb. Der er imidlertid en række projekter som har forskudt fokus fra forsøg på ændringer i undervisningen til at betragte problemet som *systemisk*. Disse mener ikke det er nok at ændre undervisningsmetode inden for de givne rammer fx ved at indføre mere gruppearbejde eller projektarbejde. Man må ændre hele strukturen i uddannelsessystemet således at de vigtigste faktorer ændres *samtidigt*. Der er en række sådanne projekter, fx *Developing Inquiring Communities in Education Project* (Brown & Campione, 1996; Wells, 1999) og *Fostering Communities of Learners* (Brown & Campione, 1996), som hver især identificerer forskellige sæt af faktorer som de mener er afgørende.

Det mest omtalte er nok *Fostering Communities of Learners* som med en vedkendelse af arven fra Dewey har udviklet en model for hvad de kalder *guided discovery of learning* (Brown & Campione, 1994)1. Denne læringsmodel baserer sig på en række grundprincipper. Uden at gå i dybden med dem, men blot for at give et indtryk af idéen i læringsmodellen, ser listen sådan ud:

- Et aktivitetssystem som gentages cyklisk
- Et metakognitivt miljø
- Et dialogisk rum
- Solid faglig basis
- Udveksling og fordeling af viden
- Differentieret vejledning og autentisk evaluering
- Praksisfællesskaber

Der er således opsamlet mange af de centrale ideer i de sidste 20 års læringsteoretiske udvikling, men med hovedvægt på at få disse læringsaspekter til at spille sammen og udgøre et lærende fællesskab.

UNDERVISNINGSMÆSSIGE KONSEKVENSER

Ovenstående kan samles i nogle bud på hvad vægt på autenticitet kunne stille af krav til undervisningen:

- Ikke-veldefinerede og ukendte problemer skal indgå i undervisningen, så eleverne oplever at usikkerhed og tvivl er naturlige dele af en læreproces.
- Elevernes skal selv identificere problemer og kunne bruge procedurer og analysemåder

1 Der bruges her samme begreb, discovery learning, som er en central del af Ausubels og Novaks læringsteori (s. 107f).

til at finde og afprøve viden og løsninger. Problemerne kan vælges ud fra elevernes hverdag og ud fra samfundsrelevante problemstillinger, men også ud fra fysikkens grundvidenskabelige problemkreds.

- Eleverne skal kunne formulere nye spørgsmål baseret på de udsagn og løsninger de har.
- Problemer angribes med en i forhold til videnskabsfaget så vidt muligt korrekt fremgangsmåde.
- Eleverne skal opfatte sig som medlemmer af et undersøgende fællesskab hvor man deler viden, opfattelser, løsninger, praksis, ressourcer gennem forskellige former for dialog, så de oplever, hvorledes naturvidenskabelig viden og arbejdsform i vid udstrækning er social (uden at naturvidenskabelig viden derfor er en relativ størrelse). I disse fællesskaber kan deltagerne trække på andres ekspertise såsom lærere, materiale mm.

En sådan undervisning kan siges at være **udforskningsbaseret** og **fællesskabsorganiseret**.

De pædagogiske implikationer kunne være at:
Undervisningstilrettelæggelsen giver mulighed for dialog og argumentation. Elevviden skal inddrages og der skal skabes links til andre fag. Gruppearbejde og åbne klassediskussioner vil sikkert fylde meget ligesom der vil være projektlignende forløb.
Opgaverne skal have flere løsningsmuligheder. Eleverne skal arbejde med at lukke åbne problemer og selv forsøge at finde løsninger.
Evalueringerne skal teste de anvendte procedurer, så testopgaver skal være komplekse. De skal give mulighed for at vise elevernes evne til at ræsonnere mere end deres aktuelle viden.

Dette kan i praksis gøres på mange forskellige måder.
Eleverne kan præsenteres for *forskellige tolkninger* af et datasæt (eller selv give bud på sådanne tolkninger) og kritisk vurdere de forskellige tolkninger og deres sandhedsværdi. Lære at argumentere for deres synspunkter.
Man kan lave øvelser, hvor formålet ikke er at eftervise en kendt sammenhæng, men måske at opstille en hypotese og efterprøve den. Eller måske at forsøge at falsificere en (kendt) sammenhæng. Fx en opgave som:

> Det er en almindelig opfattelse, at det kræver en kraft at opretholde en bevægelse. Dette blev først formuleret af Aristoteles, som opstillede følgende sammenhæng mellem bevægelsen og kraften: (kraft x påvirkningstid / masse = vejlængde)
> Afprøv eksperimentelt rigtigheden af denne påstand.

Man kan også give eleverne to forskellige lovmæssigheder som kan beskrive det samme fænomen og lade dem prøve at afgøre hvilken der er rigtig (både teoretisk og eksperimentelt). Eller lade dem selv opstille hypoteser og afprøve dem.

Et vigtigt aspekt i relation hertil er faglig metaindsigt. Kendskab til klassiske argumentationer og konflikter - det at vide noget om fysik - vil kunne være med til at udvikle en fornemmelse for hvilke argumenter, der anvendes og er valide, og dermed være med til at fremme den faglige autenticitet ved at vise eleverne, hvorledes fysikkens udvikling er historien om konflikter mellem modstridende opfattelser.
I stedet for at præsenteres for videnskaben som en række facts og succeshistorier, vil det være lærerigt at studere en naturvidenskabelig arbejdsproces, hvorledes naturvidenskabelig viden dannes. Fx ved at inddrage historiske cases. Herved inddrages også mennesket i videnskaben.

Man kan også lade eleverne læse aktuelle rapporter og diskutere disses udsagn og argumentation. Herved fås også en fornemmelse for videnskabens sociale kontekst og videnskabssamfundets opbygning og forhold til hele samfundet samt for at den "rene" fysik (fx kernefysik) nok er uproblematisk ("værdifri"), men anvendelsen (fx kernekraft) kan og bør diskuteres.

Argumentationslære

For at kunne indgå i en sådan undervisning, er det vigtigt, at eleverne udvikler evnen til at kunne argumentere og til at kunne håndtere konflikter og modsætninger. Det er en faglig autenticitet, fordi naturvidenskaben (vel ligesom al anden videnskab) udvikles og formes af argumenter. (Latour & Woolgar, 1986) viser fx i deres klassiske studie hvorledes naturvidenskabelig viden fremkommer gennem vurdering af alternativer, afvejning af forskellige facts, tolkning af tekster osv. Der er sjældent én sandhed, men der argumenteres for og imod en hypotese.
I en artikel i Educational Researcher undersøger Michelle McGinn og Wolff-Michael Roth hvad det vil sige at kunne indgå kompetent i en naturvidenskabelig praksis (McGinn & Roth, 1999). I artiklen refereres en lang række etnografiske feltstudier af naturvidenskabelige forskningsmiljøer, som viser at (p. 15f):

Scientific research and its products are now recognized as situationally contingent achievements involving scientists, technicians, granting agencies, politicians, tools and instruments, local cultures, and so on.

og

... scientific knowledge and technological artifacts cannot be understood as the outgrowth of a special scientific and technological rationality.

Forfatterne konkluderer i forlængelse heraf (p. 17):

If educators wish to follow the recommandations from professional associations to engage

students in "authentic science" activities (see AAAS, 1993; NRC, 1994; NSTA, 1992, 1995)1, then those activities should not be modeled after mythic visions of science and scientists. Instead, science education needs to look toward new educational aims that reflect the situated, contingent, and contextual nature of science, while also acknowledging the diverse range of communities and locations where science is created and used.

Den sidste sætning hænger sammen med at naturvidenskab drives i meget bredere sammenhænge end de traditionelle laboratorier, hvorfor (p. 15)

This requires a vision of scientific literacy as preparation for competent participation in scientific laboratories, product development firms, activist movements, the juridical system, or other locations/communities where science is created and used. ...
This perspective therefore allows us to consider science education as more than training for would-be laboratory scientist.

Eleverne skal lære at kunne begå sig og bedrive naturvidenskab der hvor den også udfoldes, nemlig inden for sundhedsvæsenet, i miljøsammenhænge, som jurister, som borgere osv. McGinn og Roth gør meget ud af at dokumentere at disse miljøer, der ikke traditionelt opfattes som vækststeder for naturvidenskabelig viden, i mange tilfælde har udviklet eller korrigeret naturvidenskabelig indsigt inden for deres respektive områder. En sådan indsigt har både betydning for fysikuddannelsens formålsdiskussionen, fx i forhold til et dannelsesbegreb i fysik, og for undervisningens tilrettelæggelse, idet det der er fælles ved den naturvidenskabelige tilgang og anvendelse i de forskellige områder, er samtalen og argumentationerne.

Faglig autenticitet i fysik er derfor i nok så høj grad karakteriseret ved at fremme en situationsspecifik diskurs, hvor argumenterne ofte ledsages af eller udgøres af datasæt og deres repræsentationer fx kurver, som ved at kunne leve op til de ideelle fordringer, som blev nævnt i starten af dette kapitel. Derfor bliver evnen til at kunne argumentere (bl.a. ved hjælp af fysikkens artefakter) en central del af en autentisk fysikuddannelse.

Samtidig udgør det at kunne argumentere en vigtig del af det at kunne bearbejde åbne, ustrukturerede og komplekse problemstillinger (Kuhn, 1992)(p. 156). Argumentation er simpelthen en af de vigtigste tankeformer og en af de vigtigste veje til forståelse.

Evnen til argumentere kan læres. Den er ofte ret uudviklet. Deanna Kuhn (Kuhn, 1993) mener, at størsteparten af elever har en meget naiv argumentationsform. I deres argumentation udviser

1 AAAS 1993: American Association for the Advancement of Science: *Benchmarks for scientific literacy*
NRC 1994: National Research Council: *National science education standards: Draft.*
NSTA 1992, 1995: National Science Teachers Association: *Scope, sequence, and coordination of secondary*

de en lang række logiske fejl:

- falsk medregning (false inclusion): fx at sætte lighedstegn mellem korrelation og årsagssammenhæng
- manglende evne til at kunne ekskludere: fx at kunne sortere det uvæsentlige fra
- vægter bekræftelse over falsifikation (ser fx bort fra faktorer, som kan afvise en sandhed)

Kuhn fandt i sine undersøgelser, at skolen ikke gjorde nogen forskel hvad angår evnen til at kunne argumentere. Man blev ikke bedre til at argumentere gennem skolearbejdet. Det kunne måske derfor være nyttigt inddrage argumentationsteori i undervisningen, måske i samarbejde med andre fag, så eleverne lærer en relativ enkel argumentmodel som fx Toulmins argumentmodel (Hegelund, 2000). I Toulmins grundmodel består et argument af de tre elementer påstand, belæg og hjemmel. Disse skal være identificérbare og det er muligt gennem øvelser og eksempler at lære selv at argumentere og at kritisere andres argumentation ud fra en sådan relativ simpel model.

Det engelske projekt med tilhørende lærebog: *Science for public understanding* (Hunt & Millar, 2000) har indbygget opgaver, hvor eleverne kritisk skal gennemgå et naturvidenskabeligt emne eller en naturvidenskabelig information (fx en avisartikel) og forholde sig kritisk til argumenterne. Der opstilles nogle spørgsmål eleverne kan stille om de givne informationer (p. 225):

- Er dataene pålidelige? Er målingerne blevet gentaget? Hvis ja, passer resultaterne?
- Er dataene blevet efterprøvet af andre?
- Er dataene relativt lette at få, eller er det et område hvor det er indviklet at observere og måle?
- Er de forskellige involverede videnskabsfolk enige?
- Hvis dataene kommer fra et sample, er samplet så stort nok? Er det repræsentativt?
- Er det primærdata eller stammer de fra beregninger ud fra relaterede forhold? Eller fra computersimuleringer?

Eleverne kan også stille følgende kritiske spørgsmål til artiklens udtalelser og argumenter:

- Er forklaringen baseret på almindeligt accepterede videnskabelige ideer?
- Er forklaringerne støttet af andre data eller beviser?
- Er det den eneste forklaring eller er der konkurrerende opfattelser?
- Er forudsigelser om lignende situationer undersøgt? Kan resultaterne med rimelighed

---

school science, Vol I+II. (mine noter).

udvides til også at gælde disse situationer?

Desuden opstilles nogle retningslinier for at vurdere udtalelser fra videnskabsfolk. Der gives nogle bud på at vurdere værdien (ved at vælge mellem fem værdiniveauer) af fem aspekter af ekspertudtalelser. De fem aspekter er (ibid. p. 226):

- De involverede teorier (fra kernevidenskab accepteret af alle til en marginalteori kun accepteret af forfatteren og omegn)
- Dataenes art (fra pålidelige og alment accepterede eksperimentelle eller observationelle data til kvalificerede gæt)
- Videnskabsfolkenes status (fra anerkendte autoriteter inden for feltet til velkendte fuskere)
- Institutionel tilknytning (fra anerkendt universitet eller forskningsinstitution til ikke ansat i en akademisk eller videnskabelig forskningsinstitution)
- Personligt tilhørsforhold (fra at arbejde for en uafhængig offentlig myndighed som er ansvarlig for området til at arbejde for et firme som har direkte interesser i området)

AUTENTICITETSBEGREBETS ANVENDELIGHED

Autenticitet er et vidtfavnende begreb.
Den personlige autenticitet indfanger aspekter af de motivationelle sider af undervisningen og læreprocessen. Ved at tage hensyn hertil sikres det at eleverne opfatter undervisningen relevant og meningsfuld fx ved at arbejde med emner som er relevante i forhold til deres hverdag eller i relation til deres personlige erkendelsesudvikling.
Ved at fremme den samfundsmæssige autenticitet lægges der i højere grad vægt på at eleverne udvikler kompetencer som har relevans for deres ageren som samfundsborgere. De opnår viden om og udvikler holdninger til problemstillinger som er centrale i den demokratiske proces.
Jeg har i dette kapitel gjort mest ud af den faglige autenticitet. Den omhandler især den måde man arbejder med faget på, og det har været en central pointe, at et af de vigtigste karakteristika ved naturvidenskabelige arbejdsprocesser er at de udfolder sig gennem samtale og argumentation. Herved etableres der en tæt forbindelse mellem faglig autenticitet og de tidligere udfoldede dialogiske processer, altså mellem autenticitetsbegrebet og læreprocesserne.

Jeg opfatter alt i alt autenticitetsbegrebet (i relation til undervisning) som noget, der kan udspænde en meningsfuld diskurs om undervisning i sin helhed. For at kunne bære en diskurs, skal et begreb ikke nødvendigvis være veldefineret, men må gerne indeholde mangfoldigheder og flertydigheder - være det som i diskursteorier kaldes en flydende betegner - hvilket også er tilfældet med det her udviklede autenticitetsbegreb. I lighed med andre standende diskurser inden for uddannelsessektoren, fx om værdier i undervisningen, kompetencer eller demokrati,

er det kendte synspunkter i nye omgivelser og med nye fokusfelter, og med garanti for aldrig at blive færdig eller enig. Men som aktualiserer centrale problemstillinger og dermed medvirker til en udvikling af feltet.

Måske har autenticitetsbegrebet samme potentiale.

LITTERATUR

Bjørgen, I. A. (1992). Det amputerte og det fullstendige læringsbegrep. *Norsk Pedagogisk Tidsskrift*(1).

Brown, A. L. & Campione, J. C. (1994). Guided Discovery in a Community of Learners. In K. McGilly (Ed.), *Classrooms Lessons: Integrating Cognitive Theory and Classroom*. Cambridge, MA: Cambridge University Press.

Brown, A. L. & Campione, J. C. (1996). Psychological theory and the design of innovative learning enviroments: on procedures, principles, and systems. In L. Schauble & R. Glaser (Eds.), *Innovations in Learning. New environments for education*. Mahwah, N.J.: Lawrence Earlbaum.

Brown, J. S.;Collins, A. & Duguid, P. (1989). Situated Cognition and the Culture of Learning. *Educational Researcher, 18*(1), 32-42.

Christophorou, L. G. (2001). *Place of Science in a World of Values and Facts*. New York: Kluwer Academic.

Edelson, D. C. (1998). Realising Authentic Science Learning through the Adaptation of Scientific Practice. In B. J. Fraser & K. G. Tobin (Eds.), *International Handbook in Science Education* (Vol. 1, pp. 317-331). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

Hegelund, S. (2000). *Akademisk argumentation - skriv overbevisende opgaver på de videregående uddannelser*. Frederiksberg: Samfundslitteratur.

Hunt, A. & Millar, R. (Eds.). (2000). *AS Science for Public Understanding*. Oxford: Heinemann.

Kuhn, D. (1992). Thinking as Argument. *Harvard Educational Review, 62*(2), 155-178.

Kuhn, D. (1993). Science as Argument: Implications for Teaching and Learning Scientific Thinking. *Science Education, 77*(3), 319-337.

Latour, B. & Woolgar, S. (1986). *Laboratory Life: The construction of scientific facts*. Princeton NJ: Princeton University Press.

Lave, J. & Wenger, E. (1991). *Situated Learning. Legitimate Peripheral Participation*. Cambridge: Cambridge University Press.

Madsén, T. & Wallentin, C. (2000). *Aktivt och autentisk lärande* (Utprövningsversion). Kristianstad: Stiftelsen Företagsam Högskolan Kristianstad.

McGinn, M. K. & Roth, W.-M. (1999). Preparing Students for Competent Scientific Practice: Implications of Recent Research in Science and Technology Studies. *Educational Researcher, 28*(3), 14-24.

Nielsen, K. & Kvale, S. (Eds.). (1999). *Mesterlære - læring som social praksis*. København: Hans Reitzels Forlag.

Resnick, L. B. (1987). Learning in school and out. *Educational Researcher, 16*(9), 13-20.

Roth, W.-M. (1995). *Authentic School Science* (Vol. 1). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

Sjøberg, S. (1998). *Naturfag som allmenndannelse*. Oslo: Ad Notam Gyldendal.

Striegler, S. (1971). KRISNA - kritiske studier i naturvidenskab. *Hovedområdet, 1*(1), 2-3.

Wells, G. (1999). *Dialogic Inquiry. Towards a Sociocultural Practice and Theory of Education*. New York: Cambridge University Press.

Woolnough, B. (1998). Authentic science in schools, to develop personal knowledge. In J. Wellington (Ed.), *Practical work in science, which way now?* (pp. 109-125). London: Routledge.

Kapitel 7

MODELLERING

At konstruere modeller af omverdenen er et konstituerende træk ved fysik, og modellering bør derfor også indgå som et væsentligt aspekt i en autentisk fysikundervisning.

Der er mange opfattelser af hvad en model er. I 1998-udgaven af *International Handbook of Science Education* defineres en model inden for naturvidenskab som:

A model can be defined as a representation of an idea, an object, an event, a process or a system.
(Gilbert & Boulter, 1998)

Dette er en meget bred opfattelse som lægger vægt på det repræsentationsmæssige og det perceptuelle, det at modeller er en måde at opfatte noget andet på og dermed en tolkning af dette andet. Denne opfattelse åbner op for en meget varieret anvendelse af modeller og for mange forskellige slags modeller. Definitionen stammer fra den såkaldte CMISTRE-gruppe (Centre for Models in Science and Technology: Research in Education), der også har stået bag udgivelsen af en af de nyere centrale bøger om modellering inden for naturvidenskabelig uddannelse: *Developing Models in Science Education* (Gilbert & Boulter, 2000). Bogen giver gennem 18 bidrag et glimrende overblik over hvilken beskaffenhed og betydning modeller har inden for naturvidenskabelig uddannelse, en række overvejelser over hvorledes man kan udvikle især mentale modeller og en lang række eksempler på undervisning i modeller og modellering inden for forskellige dele af naturvidenskaberne.

Ved IMFUFA på Roskilde Universitets Center har man også gennem mange år arbejdet med modellering. Her har fokus ligget på en matematisk simulering af et omverdensfænomen, fx et hjerte eller et økonomisk kredsløb, og man har efterhånden udviklet en opfattelse af modeller som kan udtrykkes som:

Vi definerer en model som triplen (A, M, f), hvor A er et udsnit af virkeligheden, og f er en afbildning, der oversætter elementer fra A til elementer i den valgte repræsentation M.
(Gregersen & Jensen, 1998)(s. 27)

Her er det således den matematiske stringens der er i centrum og modellens evne til at kunne eftergøre og forudsige konkrete hændelser ved det modellerede objekt, mere end CMISTRE gruppens mere uddannelsesorienterede fokus på fænomenforståelse.

En tredje tilgang til modellering, som i et vist omfang kombinerer de to foregående, formuleres gennem den konkretisering af virksomhedsteorien, som Davydov er eksponent for. I bogen "Udviklende undervisning på virksomhedsteoriens grundlag" (Davydov, 1989) fremhæves modeller som et af de vigtigste samfundshistorisk udviklede midler til videnskabelig tænkning, og der argumenteres for modeller som en vigtig vej til læring af et givent vidensområde. En model defineres som (s. 182):

Ved en model forstår man et sådant system, som man forestiller sig i tankerne eller som er realiseret materielt, og som, idet det afbilder eller reproducerer undersøgelsens objekt, er i stand til at træde i stedet for det, således at studiet af modellen giver os ny information om dette objekt.

Her ses modeller som tankeredskaber, der fremhæver og muliggør forståelse af de ved det modellerede objekt karakteristiske træk:

Modellerne og de med dem forbundne forestillinger er produkter af en kompliceret erkendelsesvirksomhed, der først og fremmest rummer en tankemæssig forarbejdning af det givne sanselige materiale, en "rensning" af det for tilfældige momenter osv. Modellerne viser sig som produkter af og som middel til at udføre denne virksomhed.
(ibid. s. 185)

Virksomhedsteorien fokuserer således på modellers medierende rolle og den lærendes forståelse af en samfundsmæssigt udviklet erkendelse.

Jeg vil trække på alle tre opfattelser i min tilgang til modellering i fysik i gymnasiet.
Det er ikke dette kapitels intention at give en udtømmende dækning af modelbegrebet i fysikundervisningen. Her skal i stedet gøres rede for hvorledes vi i AFU-projektet har arbejdet med modellering og de undervisningsmæssige erfaringer der er opnået hermed.
Først vil jeg indplacere modeller og modellering i afhandlingens ramme.

MODELLERING SOM AUTENTICITET

Uanset hvilken opfattelse man har af modeller lægges der vægt på deres faglige autenticitet. Som CIMESTRE-gruppen udtrykker det:

'Authentic' educations in science and in technology must reflect the natures of the parent disciplines as far as is practicable. Modelling and models are common to both, thus providing a potential bridge between science education and technology education.

(Gilbert, Boulter, & Elmer, 2000)(p. 3)

Her peges desuden på modellering som en mulig forbindelse mellem undervisning i naturvidenskab og teknologi fordi den indgår i begge fagområder.

Et af fysikkens centrale karakteristika er at den foretager en reduktion af det fænomen eller det objekt fysikken vil forklare. Denne reduktion kan foregå gennem modellering. I sin bog *The Character of Physical law* skriver Feynmann:

Physics is in an analogous game, in which a reduction of the complexity is made by some approximate guesses.
(Feynmann, 1992)(p. 155)

Feynmann lægger her vægt på at fysikken (som videnskab) er en virkelighedsoverensstemmende forsimpling som ofte fremkommer gennem kvalificerede gæt. Det er næppe muligt at karakterisere fysik som videnskab ved hjælp af et enkelt eller nogle få egenskaber, men der er ingen tvivl om at det Feynmann her udtrykker er en vigtig del af fysikken: Det at konstruere en forsimpling af virkelighedens indviklede uoverskuelighed som kan bruges til at sige noget om naturen med.
En faglig autentisk undervisning vil derfor forsøge at lære eleverne at konstruere sådanne overslagsagtige beskrivelser, ofte i form af modeller, af et givent fænomen.

MODELLERING SOM EN DISKURS

De "gæt" som Feynmann omtaler kan ligestilles med brug af intuition, som jeg vil mene er en vigtig del af videnskabsfysikken, jfr. Brunercitatet s. 204. Det at udforme og afprøve sådanne gæt er en del af den videnskabelige proces' narrative grundform (se kapitel 5) og dermed bliver modellering også en samtaleform:

Den videnskabelige proces er narrativ. Den består i at spinde hypoteser om virkeligheden, afprøve dem, korrigere hypoteserne og få klarhed i hovedet. Mens vi arbejder med at frembringe prøvbare hypoteser, leger vi med ideerne, prøver vi at skabe anomalier, prøver vi at finde fikse puslespil, som vi kan anvende på genstridige problemer, så den kan anvendes til løsbare opgaver, prøver vi at opfinde fiduser, der kan bringe os uden om de sumpede områder.
(Bruner, 1998)(s. 200)

Feynmanns "gæt" er en del af denne narrativitet, og modeller et af de "fikse puslespil" der leges med i forsøget på at frembringe "prøvbare hypoteser". Modeller er således en samta-

leform, en narrativitet fordi de selv er en fortælling, og denne fortælling kan være en medierende faktor i samtalen om det fænomen som modellen skal give kendskab til. I den sidste egenskab foregår læringen gennem udveksling af og sammenligning mellem de forskellige modeller af det der skal læres, som findes i læringssituationen (Gilbert & Boulter, 1998)(p. 56f). Modellerne bliver det medium som dialogerne omhandler, eller med virksomhedsteoriens begrebsapparat: den medierende faktor.

MODELLER SOM EN REPRÆSENTATIONSFORM

Der bruges et utal af modeller i fysikundervisningen, som udvikles for at illustrere bestemte træk ved det fænomen man arbejder med. De kan derfor i overensstemmelse med bestemmelsen i kapitel 4 opfattes som repræsentationer af fænomenet, og alt efter hvilken udformning de har vil de kunne tilhøre forskellige repræsentationsformer. Fx vil tegninger indgå i den *billedlige repræsentationsform*, mens matematiske modeller måske vil være at betragte som en *matematisk symbolsk repræsentation*. Den samme model (eller modellering) af et fænomen kan således have flere repræsentationsformer, hvilket illustrerer modellers kompleksitet.

Modellen som repræsentationsform er ofte en del af den teori man kræver elever skal lære vedrørende det behandlede fænomen. Men problemet er at elever kun sjældent forstår deres status af modeller:

In the classroom, students seldom understand that they are building and using models to explain a phenomenon. Rather they encounter representations that they know they must learn as part of the science curriculum, but which are presented to them without any explicit discussion of their nature and functioning as models.
(Boulter & Buckley, 2000)(p. 41)

At lære fænomenet gennem en repræsentation af fænomenet, uden at gøre sig klart at det er det der sker, kan få elever til at forveksle repræsentationen med det virkelige fænomen.
Det er derfor vigtigt at lære elever modeller som én repræsentation for fænomenet blandt mange, fordi elever ofte

... are not encouraged to think about the different ways in which one phenomenon can be represented by different models. This means that, unless they also encounter sufficient complementary information and experiences, it is not only difficult for them to perceive the importance of models in explaining phenomena, it is also difficult for them to construct the robust coherent mental models needed to develop understanding ... .

(Boulter & Buckley, 2000)(p. 42)

Eleverne lærer ikke hvilke relationer der er mellem fænomenet og dets repræsentation i modellen simpelthen fordi de ikke lærer selv at modellere. Så de får ikke nogen praksisbaseret forståelse for hvilken status en model har i relation til det den skal modellere. De opnår ingen erfaringer med at se virkeligheden gennem modelbriller. Eleverne bliver i stedet præsenteret for nogle beskrivelser af naturen og dens fysiske fænomener, uden at det eksplicitteres at det er modeller, at det er et billede på fænomenet, som ikke nødvendigvis yder fuld retfærdighed til fænomenet, og at den gennem modellen opnåede forståelse derfor ikke er fuldstændig, ja måske endda kan være misvisende.
Margaret Rutherford giver et illustrativt eksempel herpå. Hun gennemgår hvorledes fysikeres opfattelse af lys har udviklet sig gennem historien som en kamp mellem en partikelopfattelse og en bølgeopfattelse med hver sit sæt af modeller. Den dominerende model i undervisning er derimod ingen af dem:

The single most used model in teaching light is neither the wave nor the particle model. It is the original diagrammatic model where a straight line with an arrow on one end is said to represent a 'ray' of light.

...

The use of rays dates back to at least as far as Newton with his 'differently refrangible rays' used to explain colours when white light is passed through a prism.
(Rutherford, 2000)(p. 266)

Her kan lysstrålerne så illustrere såvel en bølgeretning som en partikelstrøm og eleverne får ikke nogen forståelse for moderne fysiks dualistiske opfattelse af lys. Margaret Rutherford konkluderer at

... models used in teaching have a tendency to revert to the simplest of those used historically and only move to more and more comprehensive and predictive models in a sophisticated research; that the early models are extremely robust ... and, in the case of light, only one model is used at a time with the complicated dual model ignored. It would therefore seem that at school and early tertiary level, students are not expected to engage with the current ideas and models used by 'real' physicists in explaining light and electromagnetic phenomena, but to be content with simplified models and descriptive explanations.
(Rutherford, 2000)(p. 269)

Dette er en fare ved brug af modeller, som understreger nødvendigheden af at engagere eleverne i en metasnak om modeller som fremhæver deres status, deres muligheder og begrænsninger.

ELEVOPFATTELSER AF MODELLER

En sådan inddragelse i undervisningen af selve modelbegrebet vil både kunne forhindre fysikfejlopfattelser og lette læring af modellering.
Det er imidlertid ikke let at opnå en sådan metaforståelse. (Gilbert & Boulter, 1998) refererer således (p. 60) til en undersøgelse hvor 12-13 årige elever, 16-17 årige elever og universitetslærere blev interviewet om deres opfattelser af modeller. Her blev afdækket tre niveauer hvormed de interviewede forstod hvorledes modeller konstrueres, hvilken status de har og hvorledes de bruges. Disse niveauer er:

1. Modeller opfattes som kopier af virkeligheden (som fx en legetøjsbil), der kan være mere eller mindre korrekt, afhængig af modellørens formåen eller ønske. Modellen er ligesom den rigtige ting, men i en anden størrelse.
2. Modeller konstrueres bevidst med et bestemt formål, hvorfor visse aspekter af det modellerede objekt udelades eller fremhæves, men fokus er stadig på virkeligheden frem for de fremhævede ideer.
3. Modeller udvikles for at understrege eller rendyrke ideer frem for at kopiere virkeligheden. Modelløren fremhæves som en aktiv part af modellen.

Niveau 3 fremhæves som ekspertniveauet, som ingen elev i undersøgelsen var på.
For at kunne forstå og bruge de modeller, som de møder i undervisningen, er det nødvendigt at elever udvikler en modelforståelse svarende til niveau 3. Ellers vil eleverne ikke kunne bruge modeller til at analysere og løse problemer fra virkelighedens verden, de vil ikke kunne skelne og vælge mellem forskellige modeller af det samme fænomen brugt i forskellige sammenhænge, de vil ikke kunne anvende tillærte modeller på nye situationer osv.
En sådan forståelse er mulig at fremme gennem en undervisning med dette specifikke sigte. Det såkaldte MARS-projekt (Raghaven & Glaser, 1995) er et eksempel herpå:

... we wanted to design a curriculum to study how students understand and use models as a disciplinary resource to engage in chains of reasoning that integrate concepts into networks of relations and to apply them to new situations within the same explanatory system. Our pedagogical question, then, is how middle-school students can be taught to engage in model-based reasoning that scientists routinely use.
(p. 38)

Projektet udviklede et undervisningsmateriale (bl.a. baseret på computersimuleringer) og en undervisningsform (bl.a. baseret på struktureret gruppearbejde) hvor eleverne blev præsenteret for modeller ikke kun som enkeltstående illustrationer, men som tænkeværktøjer der skulle bruges til at løse problemer i forskellige sammenhænge.
Et af projektets resultater var:

The MARS students initially could be classified as being at level 1 in which models are thought of as "copies of actual objects or actions" ... . During the course of the curriculum, most students attain level 2, realizing that models are created for specific purposes and need not necessarily reflect all aspects of the real-world phenomenon. By the end of the curriculum, many of the students displayed an understanding consistent with level 3 with an appreciation of models in predicting, evaluating, and testing ideas, and an awareness that models are adaptive.
(p. 57)

Det er altså muligt for elever at udvikle en slags ekspertforståelse for modeller og modellering, hvis man bevidst arbejder derpå i undervisningen.

EN TYPOLOGI FOR MODELLER

Der er mange typer modeller, lige fra primitive skitser til matematiske sammenhænge, og brugen af modeller kan have mange formål, fra en især undervisningsmæssig fokusering på forståelse af centrale begreber og sammenhænge til især forskningsmæssig udvikling af matematiske relationer.
(Boulter & Buckley, 2000) har udarbejdet en typologi for modeller inden for undervisning i naturvidenskabelige fag som kategoriserer modeller efter to dimensioner. Den ene er modellens repræsentations*form* (konkret fysisk, verbal, matematisk, gestus etc.), hvor der anvendes en række af de repræsentationsformer jeg har anført i kapitel 4 og blandinger af dem. Den anden er baseret på repræsentationens *egenskaber*, nemlig om den er kvantitativ (fx som en præcis skalamodel eller en ligning) eller kvalitativ (fx tegning, analogi), statisk (fx diagram) eller dynamisk (fx animation). Den dynamiske deles desuden i hvorvidt repræsentationen altid har samme forløb (deterministisk) eller forløbet er baseret på sandsynligheder (stokastisk).
Typologien er vist som figur 7.1.
Boulter & Buckley viser hvorledes forskellige modeller af hjertet og af en måneformørkelse kan kategoriseres i denne typologi.

Figur 7.1
(Boulter &
Buckley 2000,
p. 49)

Attributes of representation
Quantitative — Qualitative

Single mode — Modes of Representation — Mixed mode

	Concrete Material	*Visual Pictorial*	*Verbal Written/oral*	*Mathematical Formulaic*	*Gestural Bodily*	*Gestural*	*Mathematical*	*Verbal*	*Visual*	*Concrete*
Static	3D model	Diagram Drawing	Analogy Description Metaphor		Showing positions	Showing positions with talk		Analogy with drawing	Diagram with labels	3D model with labels
Dynamic: Deterministic	3D models that move	Sequenced diagrams Animations			Acting out set movements	Acting out with talk			Animation with verbal	
Dynamic: Stochastic	Physical simulations				Hand gestures	Hand gestures with talk				Physical simulation /labels
Dynamic: Stochastic		Graphical displays		Formulae					Graphical Display	
Dynamic: Deterministic	Working scale replicas	Video of live phenomena		Formulae Computer simulations	Gesturing relative behaviours	Gesturing behaviour with quantities described	Computer simulations		Video with verbal	Working scale replica with verbals
Static	Scale models	Photographs	Description with size or distance	Equations Chemical Formulae	Showing size	Showing size with talk	Equations with diagram	Description with size and gesture	Photos with labels	Being an object with verbals

Figure 3.1. Typology of expressed models

MODELLERING I AFU-PROJEKTET

Enhver fysikundervisning vil bevidst eller ubevidst gøre brug af en stor del af disse modeltyper. I AFU-klasserne arbejdede vi noget med *tegnede analogier* (altså den "Mixed mode - qualitative" model som Boulter & Buckley kalder "Analogy with drawing"), men mest med kvantitative, statiske[1] matematiske formler, det vi i projektet kaldte *empirisk modellering* eller eksperimental modellering.

Selve *metaaspektet af modellering*, det at få en eksplicit opfattelse af hvad en model er og en kritisk forholden sig til deres potentialer og problematiske sider, var ikke en formuleret del af modelleringsarbejdet i de tre klasser. Det blev selvfølgelig omtalt i varierende omfang i forbindelse med konkrete forløb, som fx det nedenstående ellære eksempel, hvor de konkret anvendte eller udviklede modeller blev diskuteret og kritiseret. Men modellering som begreb blev ikke gjort til genstand for selvstændige forløb, fx med eksempler på gamle/forkerte eller utilstrækkelige modeller. Der blev således ikke arbejdet med elevernes forestillinger om modeller, som fx i det tidligere omtalte MARS-projekt, hvilket også viste sig ved den afsluttende elevevaluering, hvor eleverne nok kunne foretage en empirisk modellering, men ikke havde en særlig udviklet forestilling om hvad en model er i fysik.

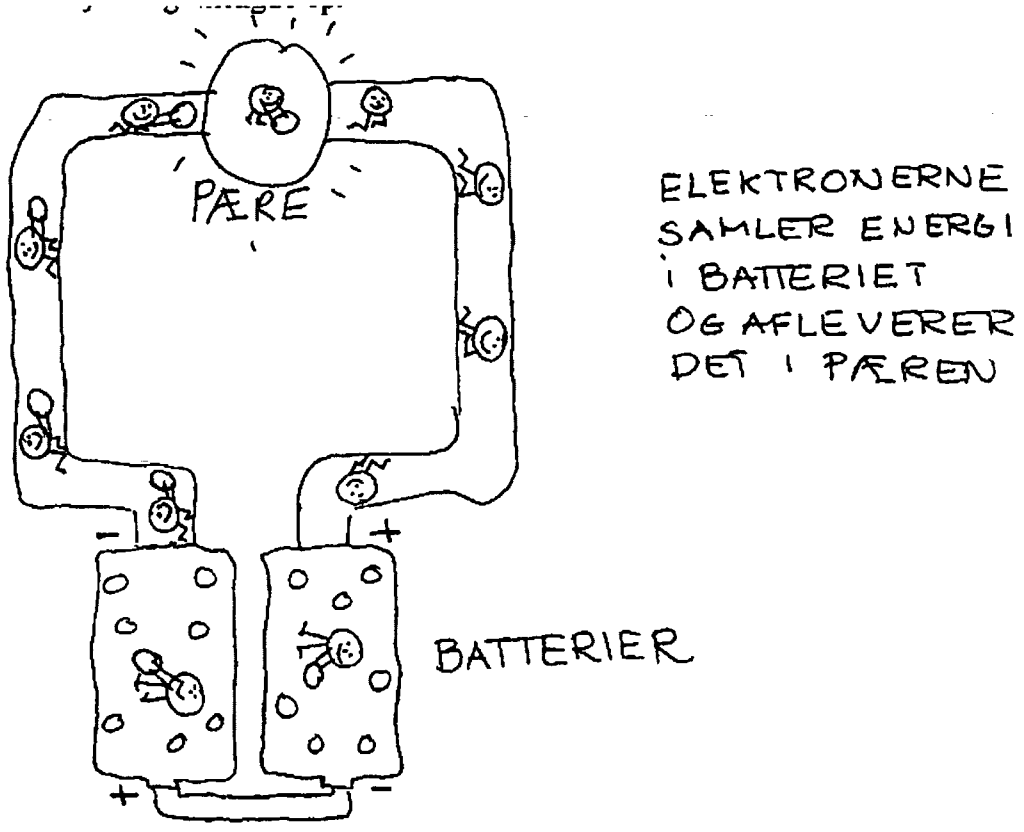
En analogimodel

Som et eksempel på en analogimodel er i figur 7.2 vist den model lærer X brugte i sit ellæreforløb. Hele forløbet er gennemgået i (Bangsgaard, Dolin, Rasmussen, & Trinhammer, 2001)(kap. 7, s. 18).

Hovedvægten i modellen lægges på energitransport via elektroner, der opfattes som små væsener, der kan opsamle, transportere og afgive energi. En cykellygte bliver brugt som eksempel på et elektrisk kredsløb.

Figur 7.2

[1] Man kan diskutere om en matematisk formel for et fysisk fænomen skal betragtes som en statisk eller dynamisk model. Man kunne godt argumentere for at den er dynamisk, al den stund at den består af variable som, når de gennemløber værdierne i deres definitionsmængde, bestemmer fænomenets dynamik mht. denne variabel. Formlen vil således kunne opfattes som en animation der er deterministisk. Jeg har valgt at fokusere på at formlen giver et billede af hvorledes fænomenet "ser ud", hvilke variable der har indflydelse og med hvilken vægt de har det.

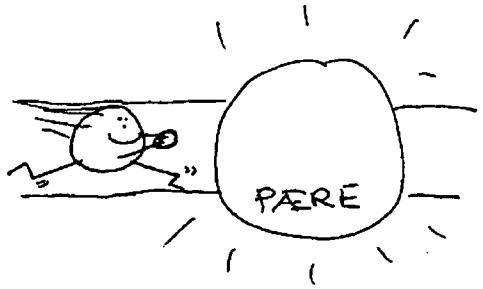


Eksemplet kan også ses som en billedlig repræsentation der skal kobles med en begrebsmæssig, idet

Målet er at eleverne erhverver sig et billede af hvad der foregår i et elektrisk kredsløb, som sprogligt knyttes sammen med de begreber (bogstaver), som de kender fra folkeskolen (U, I og R eller ofte volt, ampere og modstand). Billedet skal derudover støtte eleverne til at kunne ræsonnere sig frem til placering af amperemeter og voltmeter i et kredsløb samt til forståelse af forholdene i serie- og parallelforbindelser.
(Bangsgaard et al., 2001)(kap. 7, s. 18)

Eleverne skulle hele tiden sammenholde deres målinger på cykellygten med modellen og overveje hvorledes den kunne forklare hvad der blev observeret. Hvad betød det fx i modellens forståelsesramme hvordan man placerer voltmetret, hvad vil det sige at modstanden er stor, at pæren har stor effekt, hvordan fungerer serie- og parallelforbindelser osv.
Nedenstående figur 7.3 (igen taget fra Xs undervisningsmateriale) giver et bud på en forståelse af to forskellige måder hvorpå man kan få afsat meget energi pr. tid i en pære (stor strømstyrke hhv. stor spændingsforskel).

Figur 7.3



LILLE ENERGIMÆNGDE
STOR FART - MEGET
LADNING PASSERER
PR. TID

STOR ENERGIMÆNGDE
LILLE FART - LIDT LADNING
PASSERER PR. TID

Analogien blev hele tiden udviklet i takt med at den skulle klare nye problemstillinger. Mange elever tegnede andre analogier (fx små både) og modellen fik en fremtrædende plads i deres rapporter.
Modellens svagheder blev til slut diskuteret i klassen: Hvordan ved elektronerne at der vil komme flere komponenter? Hvordan vælger de vej i en forgrening? osv.

Det var tydeligt at modellen, som en repræsentation af hvordan et elektrisk kredsløb fungerer, hjalp eleverne til en grundlæggende forståelse, og ved at tilpasse modellen til forskellige situationer blev den brugt som et diskursivt medium, som en medierende faktor mellem elevernes forskellige opfattelser, lærerens opfattelse og fysikkens kanoniserede lovmæssigheder.

Udvikling af en model for modellering

Noget af det første vi blev enige om i AFU-projektet var at empirisk modellering skulle udgøre et væsentligt aspekt af en autentisk fysikundervisning. Vi ville lære eleverne at opstille en matematisk model af et konkret fænomen som ikke var modelsat i forvejen (eller hvor vi i hvert fald ikke kendte modellen). Vi lagde her vægt på den faglige autenticitet, dvs. eleverne skulle indgå i en fysikfaglig sammenhæng hvor de arbejdede med åbne problemstillinger med metoder lig fagfysikeren, og med en organisering så eleverne indgik i et undersøgende fællesskab. Da vi også anså det eksperimentelle og matematiseringen som en central styrke ved fysikken i gymnasiet var det naturligt at vælge at arbejde med den matematiske formulering af et fænomen som kunne undersøges eksperimentelt.

Vi læste litteratur om emnet. Vi fandt dog ikke meget som gav anvisninger på modellering i fysikundervisningen. (Hestenes, 1987) var ligesom os af den opfattelse at (p. 453)

... mathematical modeling should be the central theme of physics instruction.

og gav følgende beskrivelse af en model i fysik (p. 441):

The models in physics are mathematical models, which is to say that physical proporties are represented by quantitative variables in the models.
A mathematical model has four components:

1. *A set of names for the object and agents that interact with it, as well as for any part of the object represented in the model.*
2. *A set of descriptive variables (or descriptors) representing properties of the object.*
3. *Equations of the model, describing its structure and time evolution.*
4. *An interpretation relating the descriptive variables to properties of some object which the model represents.*

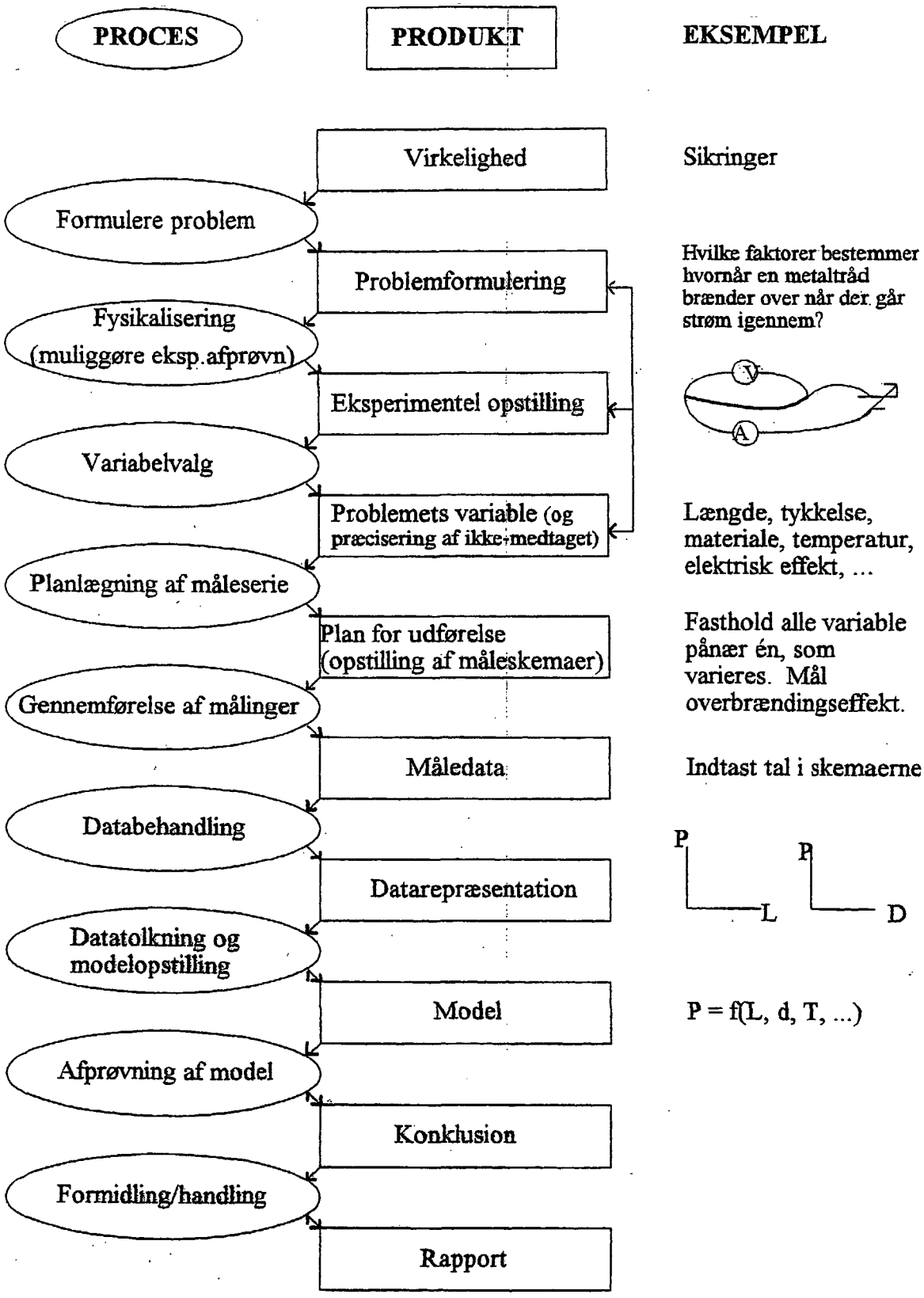
Her var ikke så megen praktisk hjælp at hente. En matematisk model består ifølge Hestenes af nogle benævnelser for de indgåede størrelser, nogle variable der beskriver det der skal modelleres, en ligning som beskriver sammenhængen mellem de variable og en tolkning af modellen i relation til det der skal modelleres. Derudover opstillede Hestenes en meget grov skematik for en modelleringsproces bestående af fire faser: Beskrivelsesfasen, formuleringsfasen, perspektiverings- og anvendelsesfasen og til sidst en valideringsfase. Men beskrivelsen var ikke operationel nok til at kunne anvendes i et konkret gymnasiefysikforløb.
Desuden læste vi rapporter om modellering fra IMFUFA, bl.a. (Hansen, 1996) som havde en skematik for et modelleringsforløb.
Endelig trak vi på vores erfaringer som gymnasielærere i fysik.
Vi ville skematisk fremstille hvordan en konkret modellering forløb i fysik fra det åbne problem til formidlingen af den færdige model. For at lette tilegnelsen mente vi at det var formålstjenligt at opsplitte det samlede forløb i så mange faser som muligt. Man kan selvfølgelig have en praksislæringsholdning om at modellering læres ved at modellere, og når eleverne har set det tilpas mange gange, så kan de det. Modellering ses i denne sammenhæng som en tavs viden, der ikke er erkendt af den vidende selv, og som tilegnes gennem praksis, ligesom problemløsning og laboratoriekendskab. Dette er imidlertid en ringe støtte til fysiklæreren, der skal have eleverne til at lære disse faglige tilgange og forståelser inden for en relativ begrænset tidsramme. Praksislæring bør sikkert udgøre en central del af en autentisk undervisning, men en ureflekteret praksis vil ikke kunne stå alene. Eller som Hestenes formulerer det:

Physicists have learned such modeling strategies and tactics from long experience. The pedagogical question is whether students can learn them more quickly and efficiently when they are explicitly formulated and taught.
(Hestenes op.cit. p. 447)

Dette pædagogiske spørgsmål ville vi svare "ja" på, og vi satte os for at eksplicitere vores tavse faglige viden om matematisk modellering i fysik.
For at blive bevidste om hvilke faser der indgår, satte vi en dag af til at udvikle en model af et fysisk fænomen, som vi ikke kendte nogen model for i forvejen. Vi valgte elektriske sikringer som et kendt hverdagsobjekt og gik i gang med at udvikle en matematisk beskrivelse af hvilke faktorer der bestemmer hvornår en sådan sikring springer, og undervejs skrev vi vores overvejelser ned.
Da vi samtidig arbejdede med en kompetencetilgang til fysik lagde vi vægt på hele tiden at præcisere hvilke *processer* der skulle udføres og hvilke *produkter* de resulterede i. Opdelingen i processer og produkter kobler til en kompetenceformulering (se kapitel 11) af formålet med fysikundervisningen, hvor processerne i vid udstrækning er udtryk for kompetencer, noget man skal kunne for at fremstille de ønskede produkter. Denne opdeling var i høj grad med til at operationalisere vores modelleringsmodel så den kunne gøres til genstand for undervisning.

Arbejdet resulterede i det skematiske modelleringsforløb som er vist i figur 7.5.

Figur 7.5


PROCES
PRODUKT
EKSEMPEL
Virkelighed
Sikringer
Formulere problem
Problemformulering
Hvilke faktorer bestemmer hvornår en metaltråd brænder over når der går strøm igennem?
Fysikalisering (muliggøre eksp.afprøvn)
Eksperimentel opstilling
V
A
Variabelvalg
Problemets variable (og præcisering af ikke medtaget)
Længde, tykkelse, materiale, temperatur, elektrisk effekt, ...
Planlægning af måleserie
Plan for udførelse (opstilling af måleskemaer)
Fasthold alle variable pånær én, som varieres. Mål overbrændingseffekt.
Gennemførelse af målinger
Måledata
Indtast tal i skemaerne
Databehandling
Datarepræsentation
P
L
P
D
Datatolkning og modelopstilling
Model
P = f(L, d, T, ...)
Afprøvning af model
Konklusion
Formidling/handling
Rapport

Diagrammet udgør nærmest en slags opskrift for modellering, idet man ved at følge alle dets skift mellem et produkt og den proces der følger til det næste produkt får udarbejdet en fysiskfaglig model af et givet stykke virkelighed.
De enkelte skridt i modelleringsprocessen blev beskrevet i et elevvenligt sprog, så eleverne havde nogle ideer til hvad de hver især bestod af. Denne "manual" er vist i Bilag 8.

Undervisning i empirisk modellering

Eleverne fik naturligvis ikke kastet hele modelleringsforløbet i hovedet på én gang. De blev gennem efterårssemesteret og begyndelsen af forårssemestret i 1.g gradvist introduceret til de enkelte delelementer (problemformulering, variabelkontrol, måling, databehandling mm) bortset fra selve modelopstillingen.
I løbet af marts måned blev den samlede modelleringsproces gennemgået i klasserne. Som et eksempel er nedenfor refereret gennemgangen i 1.x.

1x 21. marts 2000 (3 timers modul)

Kl. 8.15 Eleverne kommer ind og sætter sig i de faste grupper. Arbejdet foregår som en vekslen mellem lærerfremstilling, klassediskussion og gruppediskussioner.
X introducerer modellering og refererer til tidligere arbejde i klassen. Fortæller at hun nu vil gennemgå en samlet modelleringsproces, som bliver den form det kommende 10-timers projekt skal have. "Lyt og gør notater – det er det tætteste I kommer en opskrift på 10-timers projektet".
X uddeler bilag 8 og viser den samtidig på OH, hvor den står gennem forløbet og bliver refereret til løbende.
X beskriver hvad modeller og modellering er. Opstiller problemformulering om sikringer og ækvivalerer en sikring med en metaltråd. Laver den eksperimentelle opstilling.
Øger strømmen gennem tråden, så den gløder. Høj elevintensitet. X gør meget ud af at fortælle at det vi ser på er en model af en sikring, hvor vi har skrællet alt det overflødige væk.
Følger hele tiden med på OH hvor vi er i modelleringsprocessen, og inddrager eleverne i aktiviteterne: "Hvad kan vi nu variere i opstillingen?" (gruppesummen)
Bue og Frederik forslår længden og kommer op og prøver med forskellige længder tråd. Det viser sig – ret overraskende for alle – at overbrændingsstrømstyrken er uafhængig af længden.
Klassen foretager gruppevis og derefter i fællesskab powerregression på de fundne data, og finder $y = 87 \cdot x^{1,5}$ (gruppearbejde og klassediskussion).
Dette tager lang tid. "Hvorfor siger maskinen no sign change?", "hvor taster man d ind?" osv.
X: "Dette er matematik (noget med x og y), og det skal oversættes til fysik, dvs. I skal finde de fysiske størrelser x og y svarer til." (gruppesummen)
Man når frem til at y svarer til strømstyrken I, og x svarer til diameteren d: $I = 87 \cdot d^{1,5}$.
X: "Hvad er enheden så for konstanten?" (gruppesummen)
Man finder frem til den endelige formel $I = 87\ (A/mm^{1,5}) \cdot d^{1,5}$.

En elev spørger: "Kan det ikke afhænge af stoffets temperaturopførsel?"
X: "Jo, det kan man stille som et nyt problem"
X: "Hvad skal diameteren være hvis vi skal lave en 6-ampere sikring?" (gruppesummen)
Efterhånden når de fleste grupper frem til 0,29 mm.
To piger kommer op til opstillingen og laver en 6-ampere sikring.
X: "Hvilken længde har I valgt?"
Pigerne med én mund" "Det er da ligegyldigt!" (X: "Nåh ja").
X gør opmærksom på at dette sidste var processen "Afprøvning af model".

9.30. X: "Sådan noget skal I til at gør nu selv – ikke det samme, men noget magen til.
I skal vælge gruppe og problem".
Uddeler liste over ideer til 10-timers projekter, som alle er skåret over den samme læst (Bilag 9) og modelleringsmanualen (Bilag 8). Eleverne summer og i resten af modulet inddeles i grupper og grupperne arbejder.

Den næste timeblok fik eleverne udleveret en oversigt på den gennemgåede modellering, som næsten havde form af en færdig rapport (Bilag 10).
Selve den modelleringstekniske kunnen blev efterfølgende indøvet gennem visning af en række eksempler og regning af hjemmeopgaver (et eksempel på en sådan hjemmeopgave er vist i Bilag 11).

Evaluering af modelleringskompetence

Det var en del af formålet med AFU projektet at "udvikle evalueringsformer som fremmer proceskompetencer i fysik og som lægger op til en afsluttende studentereksamen der også tester evnen til at kunne gennemføre en naturvidenskabelig arbejdsproces" (fra projektbeskrivelsen, Bilag 1).
Det at kunne modellere betragtede vi som en central naturvidenskabelig arbejdsproces, så det var naturligt at udvikle en evalueringsform som testede evnen hertil. I første omgang lagde vi op til en *alternativ årsprøve* (for at få erfaringer til en proceskompetenceprøvende eksamen i 2.g). Vi mødtes med tidligere fagkonsulent for fysik/kemi i folkeskolen Erland Andersen og med fysiklærere i folkeskolen for at høre om erfaringerne med folkeskolens projektbaserede eksamensform.
På baggrund af disse møder og vores undervisningserfaringer udformede vi en årsprøvemodel, der både indebar gennemførelse af et eksperimentelt projekt og mundtlig afhøring i teori. Det sidste fandt vi nødvendigt af hensyn til sikring af bredden af det testede.

Den grundlæggende idé
Prøven gik ud på at teste i hvor høj grad eleverne havde opnået en modelleringskompetencer og forstået begreberne i det fagstof, de havde arbejdet med i undervisningen. Prøven søgtes så vidt muligt afholdt med de arbejdsformer, som eleverne kendte fra dagligdagen.

Især i to af klasserne havde undervisningen været meget gruppebaseret og eleverne havde desuden udarbejdet begrebskort som opsamling af de forskellige teoretiske emner. I alle tre klasser havde eleverne, blandt andet i det eksperimentelle projekt, arbejdet med opstilling af modeller på eksperimentelt grundlag.
Prøven faldt i to dele, en praktisk og en teoretisk, og prøvespørgsmålene fulgte følgende koncept:
Praksisdelen indeholdt en fysisk problemstilling, som kan gøres til genstand for en empirisk modellering (eller mere ydmygt: en eller flere kausalitetssammenhænge). Problemet blev introduceret med en kontekstualisering og argumentation for vigtigheden af problemet. Problemet skulle være formuleret med en sådan åben/lukkethedsgrad, at eleverne fik mulighed for at demonstrere evne til at "fysikalisere" og vælge variable, men også blev ledt ind på nogle muligheder. Vi havde i AFU-gruppen på forhånd gennemført i hvert fald dele af modelleringsprocessen i hvert spørgsmål, så vi dels sikrede os at der var noget at arbejde med, og så vi kunne give eleverne nogle måledata, hvis de ikke selv kunne komme frem til nogle resultater.
Teoridelen skulle være i et andet emneområde end det eksperimentelle projekt. Spørgsmålet heri skulle trækkes efter projektperioden (de tre timer).
I Bilag 12 er vist et eksempel på et eksamensspørgsmål.

Struktur
Eleverne gik op i grupper på 2-4 medlemmer. De startede med at trække den praktiske del af deres spørgsmål, hvorefter de arbejdede i laboratoriet i ca. 3 timer.
Den teoretiske del af spørgsmålet udleveredes efter den praktiske del, hvor forberedelsestiden begynder. Forberedelse og eksamination foregår i samme lokale, således at det er lærer og censor der kommer ind i elevernes lokale ved eksaminationens start.
Der afsættes 15 min. pr. elev i gruppen til forberedelse og 15 min. pr. elev til eksamination. En gruppe på 4 medlemmer har altså én times fælles forberedelse og én times gruppeeksamen.
Alle hjælpemidler er tilladte under den praktiske del og i forberedelsen. Under eksaminationen tillades kun materiale udarbejdet i forberedelsestiden samt rapporter.
Der gives individuelle karakterer baseret på dels det praktiske arbejde og dels den teoretiske eksamination.
Kravene til tid til forsøg, mulighed for lærervejledning undervejs, censorering af det praktiske arbejde, hensynet til den forskellige gruppestørrelse, forberedelse af teorispørgsmål og eksamination stillede store krav til prøveplanen.

Vurdering af elevpræstationer
I forbindelse med den praktiske del vurderedes elevernes evne til at

- udvælge problemets variable
- udarbejde en plan for udførsel af forsøg (variabelkontrol)

- gennemføre (mindst) én måleserie
- give en grafisk fremstilling
- udføre regressionsanalyse
- opstille en model
- samarbejde og løse problemer
- begå sig i laboratoriet og benytte måleudstyret fornuftigt (og optimalt)

Under dette arbejde gik eksaminator og lærer rundt og så på og stillede spørgsmål. Vi havde udarbejdet et observationsark som indeholdt en skematisk beskrivelse af vurderingskriterierne. Ideen var så at vi for hver elev skulle udfylde et sådant ark, så vi var sikre på at have tilstrækkelig viden om hver enkelt elevs viden og kunnen. I praksis fik vi ikke udfyldt alle kriterier for alle elever, men vi fik alligevel en klar opfattelse af hver enkelt elevpræstation, hvilket viste sig ved vores voteringer.

Under den teoretiske del vurderedes elevernes
- evne til disponering og fordeling af stoffet
- evne til fremlæggelse
- begrebsforståelse

Eleverne blev gjort bekendt med at det var disse punkter, der lå til grund for karakterfastlæggelsen.

Eksaminationen
Alle tre klasser var til årsprøve, og vi var censorer hos hinanden for at se og få erfaringer med så mange forløb, som muligt. Vi har evalueret denne årsprøve grundigt, både via diskussioner i forsøgsgruppen, og via diskussioner med og skriftlige evalueringer fra eleverne (Bilag 13). Resultaterne er fremlagt i (Bangsgaard et al., 2001)(kapitel 4). De vigtigste forhold i denne sammenhæng er, at eleverne var meget tilfredse med evalueringsformen, som de følte gav en retfærdig vurdering under ustressede former, at den rent faktisk demonstrerede at de havde lært at foretage en empirisk modellering, og at det var muligt at foretage en pålidelig evaluering af de erhvervede kompetencer.

Efterfølgende eksamen
Kun én klasse kom til studentereksamen efter 2.g. Det foregik efter samme grundidé som ved årsprøven, men med de ændringer som evalueringerne lagde op til.
Da det var en forsøgseksamen udarbejdede censor en udtalelse, som er gengivet i (Bangsgaard et al., 2001). Hovedindtrykket var som ved årsprøven at eleverne i vid udstrækning havde tilegnet sig en modelleringskompetence. Men klassen adskilte sig ikke fra andre klasser hvad angik evnen til at besvare de teoretiske opgaver.

Nytten af modeller og modellering

Der er i dette kapitel argumenteret for modellering som en faglig autentisk arbejdsform og modeller som et fagligt autentisk indhold i fysikundervisningen. De mange forskellige modelformer fysikken betjener sig af er blevet betragtet som repræsentationsformer og dermed som et middel til forståelse af fysikkens begreber og fænomener. Vigtigheden af at inddrage metaforståelser af modeller er samtidigt fremhævet.

Der med udgangspunkt i arbejdet i AFU-projektet fremlagt en didaktisk model for undervisning i *empirisk modellering*. Pointen i den empiriske modellering er ikke at eleverne skal opdage en lovmæssighed for at lære den involverede fysikviden. Det er ikke en variant af "discovery learning", hvor eleverne selv opdager en kendt fysiklov. De undersøgte fænomener er ukendte for såvel elever som lærer, hvilket motiverer til intentionel læring (se s. 227), eleverne kan næsten blive grebet af modelleringen som om det var en detektivundersøgelse. Gennem dette arbejde får eleverne en holdning til virkelighedens fænomener, som noget der kan studeres på en struktureret måde. De kan få en forståelse af at man gennem eksperimenter kan skabe situationer, der kan studeres, og at man ved bearbejdning af de eksperimentelt opnåede resultater kan sige noget om sammenhængen mellem de indgåede variable. Men at der ofte er langt igen før disse sammenhænge kan forklares. Fysikkens love vokser ikke automatisk ud af de eksperimentelle aktiviteter. Men ofte er det muligt at finde og anvende kendte fysiske lovmæssigheder, der kan forklare det observerede. På denne måde kan empirisk modellering være med til at udvikle en epistemologisk indsigt hos eleverne.

LITTERATUR

Bangsgaard, T.;Dolin, J.;Rasmussen, A.-B. & Trinhammer, O. (2001). *Autentisk fysik* (Forsøgsrapport). Valby.

Boulter, C. J. & Buckley, B. C. (2000). Constructing a Typology of Models for Science Education. In J. K. Gilbert & C. J. Boulter (Eds.), *Developing Models in Science Education* (pp. 41-57). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

Bruner, J. (1998). *Uddannelseskulturen*. København: Munksgaard.

Davydov, V. (1989). *Udviklende undervisning på virksomhedsteoriens grundlag*. København: Sputnik.

Feynmann, R. P. (1992). *The Character of Physical law*. London: Penguin Books.

Gilbert, J. K. & Boulter, C. J. (1998). Learning Science Through Models and Modeling. In B. J. Fraser & K. G. Tobin (Eds.), *International Handbook of Science Education* (pp. 53-66). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

Gilbert, J. K. & Boulter, C. J. (Eds.). (2000). *Developing Models in Science Education.* Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

Gilbert, J. K.;Boulter, C. J. & Elmer, R. (2000). Positioning Models in Science Education and in Design and Technology Education. In J. K. Gilbert & C. J. Boulter (Eds.),

Developing Models in Science Education (pp. 3-17). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

Gregersen, P. & Jensen, T. H. (1998). *Problemløsning og modellering i en almendannende matematikundervisning*. Unpublished Specialerapport, Roskilde Universitetscenter, Roskilde.

Hansen, N. S. (1996). *Modelkompetencer - udvikling og afprøvning af et begrebsapparat* (IMFUFA tekst 321). Roskilde: IMFUFA/RUC.

Hestenes, D. (1987). Toward a modeling theory of physics instruction. *American Journal of Physics, 55*(5), 440-454.

Raghaven, K. & Glaser, R. (1995). *M*odel-Based *A*nalysis and *R*easoning in *S*cience: The MARS Curriculum. *Science Education, 79*(1), 37-61.

Rutherford, M. (2000). Models in the Explanations of Physics: The Case of Light. In J. K. Gilbert & C. J. Boulter (Eds.), *Developing Models in Science Education* (pp. 253-269). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

Kapitel 8

BEGREBSKORT

Dette kapitel har som formål at indplacere begrebskort som arbejdsform i afhandlingens læringsteoretiske ramme. Jeg vil, med udgangspunkt i elevers konkrete arbejde med konstruktion af begrebskort, vise hvorledes dette arbejde og den opnåede viden kan rummes i en dialogisk læringsteori. Samtidig vil det give mulighed for at videreudvikle forståelsen af arbejdet med tematiske mønstre (s. 212) som en vigtig vej til meningssættelse af fysikken. Der vil desuden som en del af refleksionerne over arbejde med begrebskort blive givet et bud på en opfattelse af hvad et begreb er.
Disse overvejelser over hvorledes arbejdet med fysik kan beskrives som udvikling af tematiske mønstre og hvilken status fysikkens begreber har, kan endelig supplere det i kap. 6 udviklede autenticitetsbegreb.

HVAD ER BEGREBSKORT?

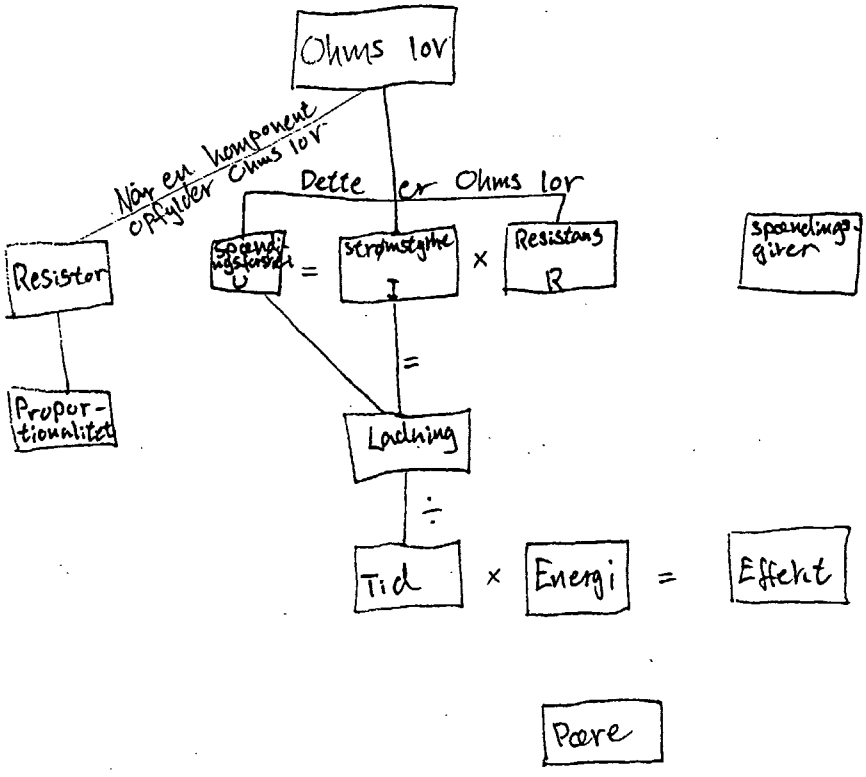
Begrebskort[1] er en visualisering af sammenhænge mellem de begreber og øvrige forhold som konstituerer et fagligt felt:

A concept map aims to show how someones sees the relations between things, ideas or people. Most often, maps are used with the terms that make up the content of a series of lessons.
(White & Gunstone, 1992)(p. 15)

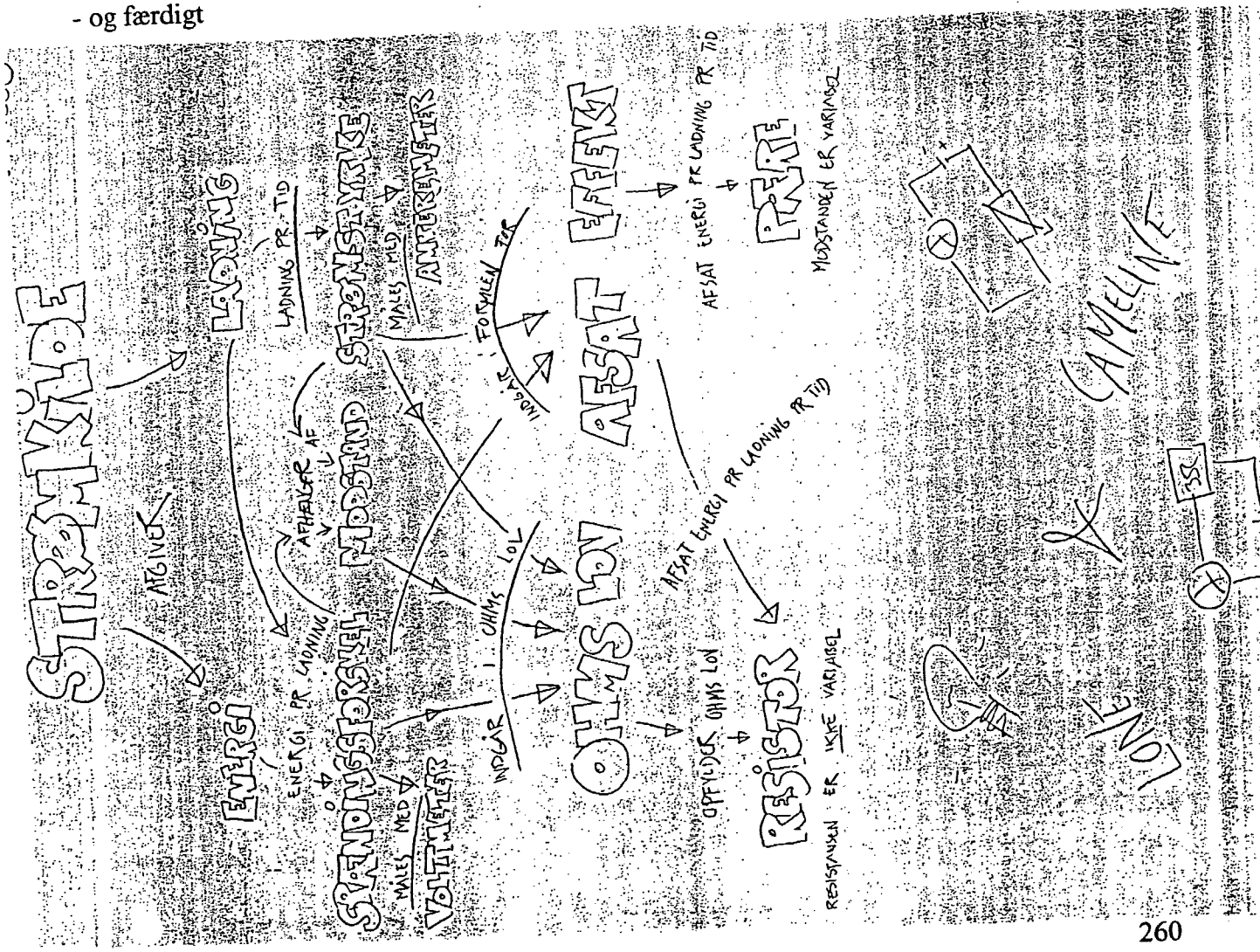
De nøglebegreber eller principper, der skal læres, kan enten udvælges af læreren eller det kan være en pædagogisk pointe at lade eleverne vælge dem selv. De valgte begreber skrives på sedler, et på hver seddel, som arrangeres i et ordnet mønster, fx hierarkisk med de begreber man opfatter vigtigst øverst, eller i en kæde eller, hvis man ikke kan finde nogen orden mellem dem, i et diffust mønster. De begreber, der hører forståelsesmæssigt sammen, forbindes med streger hvorpå man skriver arten af forbindelse[2]. Begrebskort konstrueres bedst i grupper. Man kan naturligvis godt bruge teknikken alene – fx er store dele af denne afhandling først struktureret af mig selv som begrebskort før afsnittene er skrevet – men i en undervisningssammenhæng er det elevernes indbyrdes dialog, der er aktivitetens læringsmæssige potentiale, sammen med muligheden for at kunne eksternalisere det der skal læres.

[1] Begrebskort er direkte oversat fra *conceptmap*. Verbet mapping har en bredere betydning end at producere kort. Det betyder en kortlægning også som en afbildning af nogle abstrakte forhold, så begrebskortlægning eller begrebsafbildning ville måske have været bedre. Men ordet begrebskort har nu bidt sig fast i dansk pædagogisk litteratur.
[2] Hvorved begrebskort adskiller sig fra såkaldte *mindmaps*, der ikke har udsagn på forbindelseslinierne.

Fig. 9.1 Begrebskort under udarbejdelse



- og færdigt



I fig. 9.1 er vist sådanne begrebskort. Det øverste er ufærdigt (og tegnet af af mig fra en video-optagelse) udarbejdet af elever (i ALF-projektet) i begyndelsen af 2. g som repetition af en kort introduktion til ellære i slutningen af 1.g, hvorefter den videre undervisning tog afsæt i begrebskortene. Den dialog, som ligger bag konstruktionen af det øverste begrebskortet, er den der i dette kapitel gøres til genstand for analyse. Det nederste begrebskort er et færdigt produkt fra afrundingen af ellære i en af AFU-projektets klasser.
Som lærer er det en åbenbaring de første gange man anvender begrebskort i sin undervisning. Det kræver ikke den store introduktion at lære og meget hurtigt oplever man eleverne diskutere og argumentere om faglige problemstillinger. Der foregår en faglig samtale i hele klassen på én gang. Man kan næsten fornemme hvorledes eleverne lærer, og der kommer et produkt ud af deres anstrengelser som man føler afspejler den viden de har opnået.
Ikke kun læreren har denne opfattelse. Også eleverne føler at de får overblik over og forståelse af et felt gennem udarbejdelsen af et begrebskort. Evalueringer af undervisning, hvor der er brugt begrebskort, viser altid at det er aktiviteter som eleverne føler de lærer noget af.

LÆRINGSTEORETISK RAMME FOR BEGREBSKORT

En af de bøger som først introducerede begrebskort er *Learning how to learn* af Joseph D. Novak og D. Bob Gowin. De definerer et begrebskort som:

A concept map is a schematic device for representing a set of concept meanings embedded in a framework of propositions. (Novak & Gowin, 1991/1984)

Deres formål med begrebskort er at give elever og lærere et redskab til at se *meningen* i det, der skal læres (op.cit. s. 1). Deres arbejde er baseret på en opfattelse som gør

... concepts, and propositions composed of concepts, the central elements in the structure of knowledge and the construction of meaning.
(op.cit. s. 7)

Det læringsteoretiske udgangspunkt er Ausubels teori om meningsfuld læring (Ausubel, 1966), se (s. 106f), ifølge hvilken den enkelte lærende skal knytte ny viden til eksisterende viden ved at bygge et netværk af begreber som dækker såvel den kendte som den nye viden. Et begrebskort er et sådant netværk med begreberne i nettets knudepunkter og med relationerne mellem dem skrevet på linierne imellem.
Det er senere blevet brugt i mange undervisningssammenhænge og også i andre sammenhænge end undervisningsmæssige. Troen på at det afspejler en kognitiv struktur har således givet det anvendelse i forskning, hvor det har været et redskab til at måle graden af forståelse for eller opfattelse af et område:

Concept mapping offers a technique for revealing cognitive structure which appears manageable within present classroom constraints
(Edwards & Fraser, 1983)(her efter (Taber, 1994))

(Kinchin, 2000) og (Kinchin, Hay, & Adams, 2000) anvender begrebskort til at måle elevers begrebsændring og som et udtryk for graden af forståelse den enkelte elev har opnået. Sådanne anvendelser, og udsagn som Edwards og Frasers og store dele af Novak & Gowin og Ausubels teorier om læring, tyder på en forståelse af læring som opbyggende individuelle kognitive strukturer. Altså inden for hvad jeg har kaldt et *mentalistisk* læringssyn (s. 135ff), hvilket var det dominerende syn på læring da begrebskort blev udviklet som metode. Det udgør stadig manges forståelsesramme for hvad begreber er, hvilket vil jeg vende tilbage til.
I dagens læringsteoretiske diskurs, som i høj grad er domineret af et *sociokulturelt læringssyn*, vil man snarere fokusere på hvorledes begrebskort kan anvendes som et redskab i elevers sociale konstruktion af viden (Roth & Roychoudhury, 1992). Arbejdet med begrebskort kan i dette perspektiv ses som en *sociokulturel aktivitet*. Der foregår en udveksling af ideer og en opbygning af en fælles meningssættelse som undervejs eller efterfølgende kan relateres til den etablerede fagopfattelse. Der sker hvad der i engelsk læringslitteratur betegnes som *socially shared cognition* (Resnick, Levine, & Teasly, 1991).
I en *virksomhedsteoretisk ramme* vil man fremhæve muligheden for at arbejde med redskaber som et medierende artefakt, som noget af det der gør begrebskort læringsmæssigt effektive. De sedler eleverne flytter rundt på udgør sammen med blyanter og A3-arket redskaber, der hjælper elevernes tænkning og opnåelse af en fælles forståelse. Der er noget uden for eleverne som de kan anvende til at symbolisere og repræsentere deres indre opfattelser, eller rettere ved hjælp af hvilke de kan opnå forståelse af feltet og som kan fastholde denne erkendelse. Det er denne "læggen sine tanker ud i verden" som Jytte Bang (Bang, 2001)(s. 236ff) kalder *eksternalisering*.

Jeg vil vise hvorledes den sociokulturelle videnskonstruktion og virksomhedsteoretiske eksternalisering foregår gennem dialogens sproglige processer støttet af muligheden for at kunne forholde sig til en ydre repræsentation, og hvorledes det er både dialogens struktur og indhold der bærer processen.

LÆRING GENNEM DIALOG I ARBEJDET MED BEGREBSKORT

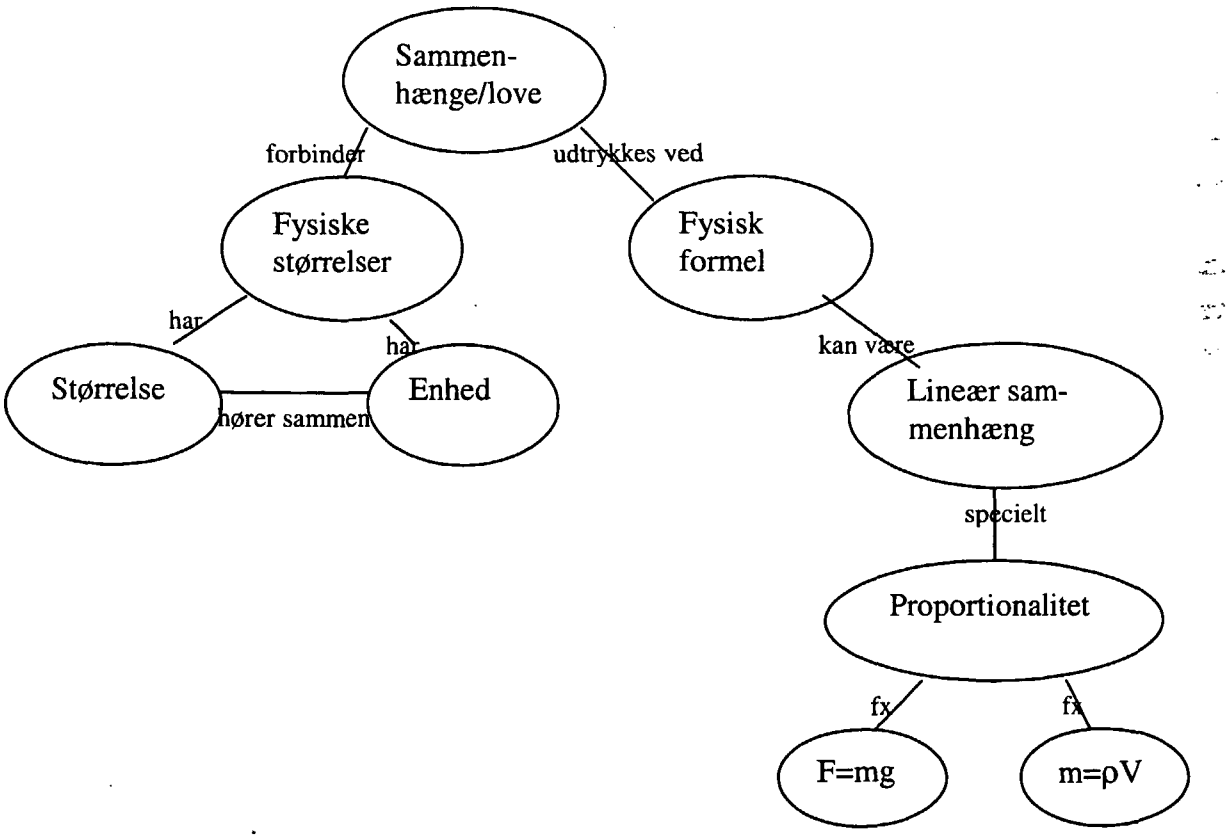
Som det blev fremhævet i kap. 5 har en samtale, en dialog[1], to sider: en strukturel og en tematisk, som groft set kan siges at svare til en formmæssig og en indholdsmæssig side.
Strukturen viser hvorledes aktiviteten er organiseret. Den kan beskrives gennem hvorledes de involverede holder pauser, lytter, afbryder hinanden osv.. Disse ydre forhold kan opfattes som

udtryk for formmæssige kategorier såsom en autoritativ stemme eller en indre overbevisende stemme (se s. 198f), flerstemmighed, symmetri/asymmetri i samtalen mm.
Indholdet, den faglige substans[2], udtrykkes i det tematiske mønster, i de relationer mellem de faglige termer som de talende opbygger.

Jeg vil eksemplificere og udbygge dette med udgangspunkt i dialoger som i en af de fulgte klasser udspandt sig ved arbejdet med et begrebskort.

Vi er i 2x lige efter sommerferien. I slutningen af 1. g. havde klassen en meget kort forløb om ellære, og arbejdet med begrebskort skulle tjene som en repetition og afsæt for videre arbejde. Læreren gav en kort introduktion til begrebskort (som klassen ikke havde arbejdet med før), bl.a. ved at vise og gennemgå eksemplet i fig. 9.2.

fig.9.2



[1] Idet der med en dialog i overensstemmelse med tidligere forstås alle udvekslinger af udtryk.
[2] I snæver forstand. Strukturen er naturligvis også bærer af et fagligt indhold, hvilket vil fremhæves senere.

Herefter sad eleverne i selvvalgte grupper à 3-4 elever i ca. en time og udarbejdede begrebskort. De havde fået en liste med 12 begreber/udtryk/forhold som alle skulle indgå i det færdige begrebskort. Jeg gik rundt og optog grupperne på video en ad gangen ca. 5-10 minutter hver, for at få et indtryk af hele klassen. Jeg har udvalgt nogle karakteristiske klip.
Jeg har tidligere (i kap. 5) gjort mest ud af dialogens strukturelle side. Den er tydelig og ret ens i de fleste af grupperne (på nær én, som var domineret af en dygtig, påståelig dreng, der i vid udstrækning arbejdede alene), så jeg vil kun vise ét klip med henblik herpå. De efterfølgende klip vil have til formål at vise hvorledes elevernes forståelse vokser frem gennem dannelsen af et tematisk mønster.

Dialogens struktur

Følgende udskrift dækker 2½ minutter af den proces, som ledte frem til konstruktionen af begrebskortet i fig. 9.1. Klippet er i begyndelsen af processen efter ca. et minuts indledende ikke-faglig snak.
For at gøre det lettere at følge de enkelte elever, har jeg skrevet elevernes bidrag med hver sin typografi: H, B og C. De er alle tre piger.

C: Nej, nu skal vi altså til at lave noget ik'.
H: Hvis vi nu sætter Ohms lov herop [sætter sedlen med Ohms lov øverst]
C: Jae...?
H: Fordi så. Ohms lov det er
B: U er lig R gange I
H: Ja, hvad er det, det er. Det er ...?
B: Strømstyrke er lig. Næ spændingsforskellen er lig strømstyrke gange ... resistans !!
H: Det vil sige... [sidder med en gul seddel i hver hånd klar til at sætte ned på bordet]
C: Men hvad er det Ohms lov står for?
B: Det er spændingsforskellen er lig strømstyrke gange ??
C: [afbryder lidt irriteret] Hvad er det man regner ud, og hvis den...
H: Ja det kan være strømstyrken, resistansen ...
B: Det kommer an på hvordan man flytter rundt på på ...det var den der trekant
C: Åh ja – trekanten!
H: Spændingsforskel, strømstyrke og resistens. Det er noteret. Hvis vi så sætter dem her. Nu har vi tegnet en masse streger ned til dem. [sedlerne med Ohms lov, spændingsforskel, strømstyrke og resistans er nu lagt]
B: Må vi godt tegne på bordet?
C: Bare det er med en blyant, så må vi vel gerne
B: Ja, okay

H: Så kan vi altid viske det ud igen

C: Se hvis vi nu gør [tegner streger mellem sedlerne] – hey, mangler vi ikke en?

B: Jo, du pillede resistansen ud, eller spændingsforskellen

C: Okay, hvis vi gør, så hænger de der tre sammen ik'.

H: Jo

B: Jo

C: Ik'

H: og så skriver du Ohms lov dér [peger ved siden af de tre sedler med U, I, R]

C: Ohms lov står dér [peger på sedlen oven over de tre]

H: Nåh ja

B: Er det ikke nemmere, hvis vi gør sådan, sådan, sådan. Og så sådan, sådan. [peger]

H: Det ved jeg ikke

B: Så kommer det til at se mere overskueligt ud, gør det ikke?

H: Nu skal vi jo lige, men skal vi nu ikke lige få knyttet nogle ord til det der? [de 4 sedler]

B: Jo, jo

C: Og resistans, det er øh?

H: Altså de der tre der. De der tre der, det er...

C: Er der ikke en, der hedder energi. Jo, det er der ovre ik'?

H: Jo [tager energisedlen og løfter op]

C: Energi gange tid, hvad er det? Det er effekt. Er det ikke?

H: Jo ...[tager også effektsedlen og anbringer de to sedler ved siden af hinanden] nej ... energi per tid? [ser spørgende på de andre]

C: Nej, nej, nej effekt det var...

H: Det har i hvert fald et eller andet med hinanden at gøre

C: ... Spændingsgiver? [får øje på en ny seddel]

H: Er det ikke ... modstand ...?

C: [Virrer med hovedet] Ved ikke

B: Er det ikke en ...?

H: Har du dine notater med? Har du en bog med?

B: Jeg har en bog, jeg har en bog

C: Godt. Det er simpelthen [B giver C bogen] ...hvad vil vi gerne vide?

H: Det der med effekt

Den nedskrevne dialog er kun en svag afglans af den dynamik som der var i gruppen. Alle var aktivt med, flyttede på sedler, så på hinanden og det fremvoksende mønster, pegede. Der var en intim og tæt, fælles stemning.

H er tydeligvis er den ledende (og har 19 replikker). Hun positionerer sig selv i en lærerrolle, fx i linie 37, hvor hun glider af på B's forslag (i linie 33 om en omgruppering af sedlerne så de

ikke ligger hierarkisk), fordi det ikke passer ind i H's egne ideer (om at sedlerne skal udgøre et hierarki), og i linie 23 hvor hun fastslår at det er ok at tegne på bordet, efter at B og C har udtrykt usikkerhed herom (i hhv. linie 20 og 21). Men uden at virke dominerende. Hun inddrager de andre (fx linie 45), og bliver nok så meget sat i hjælpelærerrollen af de andre (fx af B i linie 20, 33, 36).

Det centrale er at de tre piger skiftes til at sige noget, så alle kommer til orde både med forslag og med spørgsmål (C har 17 og B 13 replikker):

- eleverne afbryder hinanden (især i starten – linie 5, 7, 10, 12 – for at etablere et fælles fokus)
- eleverne afslutter hinandens sætninger (linie 5, 11)
- eleverne bekræfter hinanden (linie 6, 27, 28, 44 – en gensidig scaffolding)
- eleverne giver hinanden ideer (linie 14, 26)
- eleverne spørger og udfordrer hinanden (linie 10, 12 – C spørger til hvilken mening gruppen skal give Ohms lov)

Elevernes sætninger er vævet ind i hinanden, så det føles som om de arbejder videre med hinandens tanker. Der foregår en fælles tænkning. Det er i høj grad deres indre overbevisende stemmer der taler.

Desuden er det karakteristisk hvorledes eleverne direkte udtrykker ønsker om at forstå begreber eller dets relationer til andre begreber. Deres arbejde virker drevet af den motivation der ligger i at få løst et problem. Det virker som om der foregår *intentionel læring* (s. 227).

Dialogens tematiske mønstre

Lad os først ridse op hvad et tematisk mønster er. Følgende er et kort klip af tre andre elevers arbejde med begrebskort:

N: Jeg er lidt i tvivl om denne her spændingsgiver [sidder med sedlen]
B: Det er vel en strømforsyning, altså?
N: Jamen så må den jo ikke ... så skal den jo ikke være her [flytter sedlen]. Det er sådan noget hvor strømmen ... ? [ser spørgende op]
T: Nej, hvad er spænding?
B: Er det ikke en strømforsyning?
N: Prøv lige ... lad os lige tænke os ordentligt om, fordi ...
B: Hvad er det her, spændingen?
T: Det er elektroner! [griner]
N: Det, det er modstanden. Spænding, spænding det måler modstanden på siderne, altså på ledningens ender ...

Eleverne skal have styr på hvad en spændingsgiver er. Gennem de få sætninger bruges ordene:

spændingsgiver
strømforsyning

her (referende til spændingsgiver-sedlens/begrebets placering i forhold til de andre sedler/begreber)
strømmen
spænding
her (referende til spænding-sedlens/begrebets placering i forhold til de andre sedler/begreber)
elektroner
modstand
lednings ender.

Ordene bruges ikke nødvendigvis korrekt, men de afprøves. De bliver sat i relation til hinanden og erstatter hinanden, hvilket er en måde hvorpå man kan opbygge et mønster over ordene i et fagligt emne.
Desuden er ordene og de anvendte gestus forskellige *repræsentationer* for det samme begreb, så der foregår i løbet af dialogen en række *transformationer* mellem disse repræsentationer (s. 172).
Et tematisk mønster viser forskellige måder at sige det samme om et forhold eller et emne på. Det er de faglige udtryks semantiske relationer, hvor en semantisk relation beskriver hvorledes to ord eller udtryk (tematiske enheder) er betydningsmæssigt forbundne når de bruges sammen i en faglig samtale (Lemke, 1990). Mønstret udvikles gennem den enkelte time og gennem året. Det sker ved at låne udtryk fra bogen og prøve dem selv, ved at læreren forklarer og man prøver at reproducere forklaringen, ved på nye aspekter af emnet at bruge de kendte ord og på kendte aspekter at bruge nye ord.
Den faglige dialog er et uafladeligt forsøg på at inddrage anerkendte fysikvendinger i forskellige faglige sammenhænge; så at sige at væve et mønster af ord, vendinger og sætninger som indfanger det behandlede faglige genstandsfelt. Det er beherskelsen af det tematiske mønster der giver eleverne et redskab til at kunne gå i gang med at løse ukendte problemer. Jo mere udviklet og komplekst og tætmasket mønstret er, jo bedre rustet er eleven til at kunne klare nye problemstillinger inden for det tematiske mønsters fagområde.
Eleverne skal opbygge deres eget tematiske mønster som skal være en sammenvævning af det anerkendte faglige mønster og deres eget sproglige mønster:

In teaching science, or any subject, we do not want students to simply parrot back the words. We want them to be able to construct the essential meaning in their own words, and in slightly different words as the situation may require. Fixed words are useless. Wordings must change flexibility to meet the needs of the argument, problem, use, or application of the moment. But they must express the same essential meanings if they are to be scientifically acceptable and, in most cases, practically useful. This is what we mean when we say we want students to "understand concepts"
(Lemke, 1990, p. 91)

Her bruges *meaning* først som *mening* (dvs. den personlige forståelse) og derefter som *betydning* (dvs. den fælles accepterede forståelse)(jfr. fodnoten s. 190).

Pointen er, at det i høj grad er i det tematiske mønster at forståelsen ligger, og læringen foregår derfor også i vidt omfang gennem udviklingen af det tematiske mønster.
Denne opfattelse af læring hænger sammen med opfattelsen af begreber.

BEGREBER

Begreber ses her som dele af et tematisk mønster. De er vævet ind i et mønster og kan kun forstås og læres gennem deres fremtræden i dette mønster. Det er det der sker ved arbejdet med at udfærdige et begrebskort.
En sådan begrebsforståelse er anderledes end den traditionelle mentalistiske. Denne skole er vel mest tydeligt repræsenteret af Robert Gagné, som opstiller følgende egenskaber ved et begreb:

1. *A concept is an inferred mental process.*
2. *The learning of a concept requires discrimination of stimulus objects (distinguishing "positive" and "negative" instances).*
3. *The performance which shows that a concept has been learned consists in the learner being able to place an object in a class.*

(Gagné, 1966)

Begreber forstås som værende mentale objekter med en næsten selvstændig ontologisk væren, hvilket ikke er hensigtsmæssig i et sociokulturelt læringsmiljø:

We never use them one at a time; their usefullness comes from their connections to one another. So it is really the thematic patterns that we need and use. Purely "mental" notions of what a concept is tend to mystify how we talk and reason.
(Lemke, 1990, p. 91)

Lemkes opfattelse af begreber er i nær overensstemmelse med den sociokulturelle opfattelse, som den fx er udtrykt af Roger Säljö i hans artikel "Begrep som pedagogisk drog" (Säljö, 1995). Artiklen er en perspektivering af den svenske nationale skolevurdering (NU), som blev foretaget i begyndelsen af 1990'erne. NU-rapporterne gennemgår bl.a. en mængde (nedslående) resultater vedrørende svenske elevers forståelse af en række naturvidenskabelige begreber. Denne måde at betragte begreber på problematiserer Säljö. For det første kan man kun vanskeligt afdække begrebsforståelse i en test:

Termen begrepp är en etikett på språkliga konstruktioner sin ingår i sätt att tala, skriva och tänka om naturen. (Säljö, 1995, s. 13)

Derfor skal elevsvar på en skriftlig test ikke i første omgang forstås som en indikator på deres begrebsforståelse, men som svar på konkrete spørgsmål i konkrete situationer. Man får altså ikke at vide hvorledes eleverne tænker (sådan generelt), men hvordan de skriver spontant under tidspres. Säljö viser, hvorledes elevsvar i mange tilfælde kan forstås som elevernes anvendelse af eget hverdagssprog med udgangspunkt i en hverdagsdiskurs (fordi de har læst spørgsmålet sådan), men bliver bedømt på naturvidenskabens diskursive grundlag (som eleverne ikke kender og som ikke fremgik af spørgsmålet). Der er således snarere tale om en kommunikationsbrist eller et kultursammenstød end om en undersøgelse af faglig viden.
Denne pointe grunder i at begreber skal ses som svaret på et kommunikativt behov:

Människor utvecklar begrepp som svar på kommunikativa utmaningar de ställs inför (op. cit. s. 20)

Problemet er derfor snarere at eleverne alt for sjældent indgår i samtalemiljøer hvor naturvidenskabelig begrebsdannelse er nødvendig:

Problemet – så som jag uppfatter det – består troligen mindre i att eleverne inte möter vad den etablerade generationen menar vare centrala begrepp (jag tror man möter alldeles för många sådanna som dessutom ägnas alldeles för kort tid), utan att de aldrig på allvar bliver delagtiga i de frågor och problemställningar som dessa begrepp har relevans för. (op. cit. s. 20)

Begreber skal læres i en kommunikativ sammenhæng hvor de giver naturlig mening. Hvor de problemer man arbejder med nødvendiggør at man anvender begreberne. Dette kan jo i høj grad siges at stille krav om *autenticitet*, som dette begreb er blevet udviklet i kapitel 6.

Set i dette lys må det siges at begrebskort ikke er ideelle måder at lære begreber på, hvis begreberne ikke vokser frem af og anvendes i deres "naturlige", dvs. fagligt relevante sammenhæng. Hvis de ikke gør det, bliver det let en øvelse i at kunne opbygge et slags kunstigt univers som bliver holdt sammen af begrebernes logik i stedet for at lade begreberne vokse logisk frem fra virkelighedens univers. Men man må på den anden side pragmatisk erkende at skolen er et kunstigt univers, og begrebskort kan da i sådanne sammenhænge være en effektiv måde at omgå praksislæringsproblemet på.

MENINGSTILSKRIVELSE GENNEM TEMATISKE MØNSTRE

Arbejdet med at konstruere begrebskort svarer til at afbilde det net af betydninger og egne meninger som de til det pågældende emne knyttede ord har. Men pointen er at det er gennem dette arbejde at meningerne opstår:

This point of view turns our traditional notion of the relation between words and meanings, language and concepts, upside down. Concepts and meanings do not exist in the abstract. They are not in some sense "already there" in our Minds, or in Plato's realm of pure Ideas, before they are expressed in words (or pictures, or some system of symbols or signs). In fact they are not, then, "expressed" at all. Rather, they are constructed by our speakings or picturing, constructed through our use of words or other signs.
(Lemke, 1990, p. 98)

Dette betyder naturligvis ikke, som tidligere fremhævet (fx s. 206f), at der er frit slag eller at eleven selv skal opfinde det varme vand igen:

Of course, when we construct a meaning, or a meaning relation between thematic items, using language, we are probably just reconstructing it on the model on how someone else constructed it before us. We may not use exactly the same words, but we produce the same meaning pattern.
(Lemke, 1990, p. 98)

Men netop fordi begreber er vokset frem til deres eksisterende form og status gennem kommunikative processer, vil man først få den fulde forståelse af dem gennem sproglig udveksling, hvor begreberne bruges i forskellige sammenhænge. Man giver mening til noget nyt ved at blive opmærksom på de semantiske relationers tematiske mønstre:

... making sense means identifying the semantic relationships between the words and phrases used, that is, hearing them in the context of a thematic pattern.
(Lemke, 1990, p. 92)

Dette sker ofte ved at sammenholde det nyes tematiske mønster med det tematiske mønster af noget kendt. Det er samme figur som ligger i Turners parabler (s. 204). I Turners univers sker meningstilskrivelse ved at projicere en kendt historie over på en ukendt. At "låne" det kendte og begrebne til at begribe det ukendte.
I semantikens sprog tales om *intertekstualitet* for at indfange denne idé:

The principle that we make sense of any text by relating it to some specific group of other texts is called the intertextual theory of meaning. ...
When we are trying to make sense of the thematic meaning of a text, whether it is an excerpt of a spoken dialogue or a passage of writing, we naturally look for other texts to connect it to that at least partially share the same tematic pattern.

(Lemke, 1990, p. 93)

Det kan fx ske ved at sammenligne sine egne formuleringer med lærebogens:

2 piger (P1+P2) og to drenge (D1+D2):

> P1: Og så er der, så sætter vi ud til spændingsforskel, og så sætter vi ud til strømstyrke. Og så skal vi sætte [sætter en seddel hver gang] Nej, nej
> D1: Du kan da sige ... du kan da sige, at U er proportional med I, hvor at R er proportionalitetsfaktoren [læser (skjult) op af lærebogen]
> P1: Nej
> P2: U er lig med R gange I
> D2: Men er den ikke det?
> P1: Vi går ned til Ohms lov, og så siger vi er lig med. Spændingsforskel sætter vi så her
> D2: Jo, spænding
> D1: Hvad med den her?
> P2: Spændingsgiver
> D2: Det er spændingsgiveren, der for ... der fortæller os, hvad vi har. Er det ikke rigtigt?
> P1: Er der nogen, der har en bog?

D1's formulering i 2. replik er en ureflekteret gengivelse af lærebogen, som eleverne forstår lige så lidt som den traditionelle formulering (sikkert lært udenad fra folkeskolen) som P2 siger i 4. replik. Først D2's forsøg på egen meningssætning: "spændingsgiveren fortæller os hvad vi har" bliver udgangspunkt for at kunne sammenligne med lærebogen.

Lad os tage et eksempel til.
Fire piger M, B, N og T er ved at få styr på hvad en resistor og en resistans har til fælles:

> M: Hvad er forskellen på en resistor og en resistans?
> B: En, en resistor det er en pære, som øh... hvad hedder det
> N: Eller, eller en motor, eller et eller andet modstand
> B: Det er sådan en ...
> T: Og hvad er en resistans?
> B: ... som opfylder Ohms lov. En resistor, det er en, der opfylder Ohms lov. En komponent der opfylder Ohms lov
> M: Jamen, skal den her så ikke stå der i stedet for resistans?
> B: Nej, fordi resistans, det er modstand, og en resistor, det er en modstandsdygtig, eller hvad kan man sige? ... en, der opfylder Ohms lov. Vi kan sætte den her.

...

T: Hvis vi havde haft den der seddel, den som Tove har lavet [refererer til figur 9.2]

B: Det må være det her [læser i lærebogen]

?: Altså vi har Ohms lov

?: Så gør vi det sådan her.

B: Jamen det, det, det er den anden. Nu synes jeg, vi skal have en fysisk ... altså vi har fysiske størrelser, og så har vi fysisk formel, men det laver vi så til sidst, når vi skal lave den større.

Igen ses i den første del hvorledes en række forskellige ord bruges om det samme:
Resistor: pære, motor, modstand, modstandsdygtig
Resistans: opfylder Ohms lov, komponent, modstand
De er altså begge modstande, men resistans er den generelle betegnelse (opfylder Ohms lov, komponent) for de konkrete modstande (pærer, modstand) som alle er resistorer.
Desuden ses i den sidste del at eleverne anvender lærerens figur som model for hvorledes de skal opbygge begrebskortet.

Intertekstualiteten kan også opnås ved at sammenkoble sprogbrugen i lærerens svar med den måde man har brugt ordene på i sit spørgsmål. Eller ved at læreren i dialogen i klassen bruger nogle andre formuleringer end eleverne.
Efter arbejdet med begrebskort i grupper lavede klassen en fælles øvelse med at skulle definere en række ellærebegreber udelukkende ved hjælp af begreberne energi, ladning og tid. Ved definitionen af strømstyrke faldt fx følgende lærer-elev dialog:

Elev: Hvor mange elektroner der skal løbe igennem ...
Læreren: Hvor meget ladning der passerer?
Elev: Hvor meget ladning der passerer!
Læreren: Hvor meget ladning der passerer ... pr. tid?
Elev: Passerer pr. tid, ja.
Læreren: Et bestemt sted?
Elev: Ja
Læreren: Måler man det samme hvis man flytter amperemetret derned? [peger på kredsløb på tavlen]
Flere i klassen: Ja, ja
Læreren: Så altså ladninger pr. tid, der er en konstant rundt i kredsløbet.

Gennem dialogen med læreren tilegner eleverne sig den korrekte sprogbrug. Fx bliver elevens udtryk "løbe igennem" i første udsagn erstattet af lærerens "passerer" i 3. udsagn. Eleverne bruger lærerens ordvalg som en tekst som kan give mening til deres egen tekst:

Everything make sense only against the background of other things like it.
The intertexts of a text are all the other texts that we use to make sense of it.
(Lemke, 1990, p. 204)

OPSUMMERING OG PERSPEKTIVERING

Begrebskort er en arbejdsform som inden for en socialkulturel forståelsesramme kan bidrage til elevernes begrebsforståelse ved at involvere dem i fælles tænkehandlinger. Eleverne bruger deres eget sprog som gennem dialogiske processer kan bringes i overensstemmelse med etableret fysikviden. Arbejdet med begrebskort aktiverer elever i en dialog som fremtvingre tematiske mønstre. Eleverne *taler* fysik og får en forståelse af fysikken ved uafbrudt at meningssætte fysikbegreber og fysiksammenhænge og ved at skulle tilpasse denne mening den etaberede fysiks formuleringer. Processen støttes af mulighederne for at eksternalisere læringen.

Meget tyder på at denne type læring giver en relativ høj faglighed. (Sizmur & Osborne, 1997) analyserer elevsamtaler hos elever der udfærdiger begrebskort og skelner mellem begreber der er udviklet og bearbejdet individuelt og kollektivt. De finder at i de tilfælde hvor begreberne er bearbejdet kollektivt er beskrivelserne (fx forbindelserne mellem begreberne) mere videnskabeligt korrekte. (van Boxtel, van der Linden, & Kanselaar, 1999) viser hvorledes elever der arbejder med begrebskort i høj grad indgår i fælles tænkeprocesser (på samme måde som vist her) og de finder en signifikant positiv korrelation mellem det de kalder *collaborative elaborative episodes in student talk* (op.cit. s. 11) og elevernes score i en efterfølgende test[1].

Man skal imidlertid være opmærksom på at begrebskort ikke kan stå alene, når elever skal *lære* begreber. De kan give et overblik over og en sammenhæng mellem begreber, som man allerede har forstået gennem arbejde i autentiske sammenhænge. Desuden kan man frygte en vis fare for at elevernes sprog og argumentation bliver for primitiv, hvis ikke læreren sikrer sig en udvikling af elevernes hverdagssprog hen imod fysikkens fagsprog. Dette hænger også sammen med autenticitetshensynet. Det autentiske i arbejdet med begrebskort ligger i de dialogiske processer, som kan være af samme slags som videnskabssamfundets (se kap. 6). Blot udfolder dialogerne sig ikke i et autentisk fagligt miljø, men det er de begrænsninger skolen har. Men hvis dialogen skal være autentisk skal dens argumenter være lødige. Dette forudsætter at eleverne har lært at argumentere. Argumentationslære var da også et af de aspekter der blev argumenteret for skulle indgå i en undervisning som vægtede autenticitet (s. 234ff).

[1] Som man jo altså skal være opmærksom på meget vel risikerer kun at kunne sige noget om elevernes sproglige formåen i den konkrete sammenhæng. Jfr. foranstående begrebsdiskussion. Så høj faglighed skal altså her forstås som god opfyldelse af de formelle krav.

LITTERATUR

Ausubel, D. P. (1966). Meaningful Reception Learning and The Acquisition of Concepts. In H. J. Klausmeier & C. W. Harris (Eds.), *Analyses of Concept Learning*. N.Y.: Academic Press.

Bang, J. (2001). Læring og kompetence. In J. Dolin & V. Schilling (Eds.), *At Lære Fysik - et studium i gymnasielevers læreprocesser i fysik* (pp. 236-249). København: Uddannelsesstyrelsen.

Edwards, J. & Fraser, K. (1983). Concept maps as reflectors of conceptual understanding. *Research in Science Education*(13), 19-26.

Gagné, R. M. (1966). The Learning of Principles. In H. J. Klausmeier & C. W. Harris (Eds.), *Analyses of Concept Learning*. N.Y.: Academic Press.

Kinchin, I. M. (2000). Using concept maps to reveal understanding: a two-tier analysis. *School Science Review, 81*(296), 41-46.

Kinchin, I. M., Hay, D. B. & Adams, A. (2000). How a qualitative approach to concept map analysis can be used to aid learning by illustrating patterns of conceptual development. *Educational Research, 42*(1).

Lemke, J. L. (1990). *Talking science*. Norwood, NJ: Ablex Publishing Corporation.

Novak, J. D. & Gowin, D. B. (1991/1984). *Learning how to learn*. Cambridge: Cambridge University Press.

Resnick, L., Levine, J. & Teasly, S. (Eds.). (1991). *Perspectives on socially shared cognition*. Hyatsville: American Psychological Association.

Roth, W.-M. & Roychoudhury, A. (1992). The Social Construction of Scientific Concepts or the Concept Map as Conscription Device and Tool for Social Thinking in High School Science. *Science Education, 76*(5), 531-557.

Sizmur, W. & Osborne, J. (1997). Learning processes and collaborative concept mapping. *International Journal of Science Education, 19*(10), 1117-1135.

Säljö, R. (1995). Begreppsbildning som pedagogisk drog. *Utbildning och demokrati, 4*(1), 5-22.

Taber, K. S. (1994). Student reaction on being introduced to concept mapping. *Physics Education, 29*, 276-281.

van Boxtel, C., van der Linden, J. & Kanselaar, G. (1999, 24.-28.8.1999). *Learning Physics Concepts through Social Interaction.* Paper presented at the 8th EARLI conference, Göteborg.

White, R. & Gunstone, R. (1992). *Probing Understanding*. London: Falmer Press.

Del IV

HVAD BETYDER DEN ÆNDREDE UNDERVISNING FOR ELEVER OG LÆRERE?

Del III analyserede nogle måder at arbejde på i fysik med fokus på autenticitet og dialog som basisbegreber i udviklingen af især evnen til at kunne gennemføre projektorganiserede modelleringsforløb. Kapitlerne kan opfattes som en række teoretiseringer over nogle praksisforhold, der i sig selv var baseret på teori, nemlig de i del II udfoldede teorier.

I denne del IV vil jeg gøre status over hvad eleverne fik ud af undervisningen i forhold til de mål, der var stillet hvad angår forsøgsaspekterne, som de er beskrevet i bilag 1. Det er indholdet i kapitel 10. Jeg vil samtidig undersøge hvorledes deltagelsen i forsøgsarbejdet har påvirket de deltagende lærere og hvorledes deres holdninger ligeledes har indvirket på forløbet. Derfor starter jeg denne del IV med i kapitel 9 at forsøge at karakterisere de tre lærere, som deltog i AFU-projektet. Det gøres ud fra en opfattelse af at det i vid udstrækning er den undervisning, som læreren konstruerer ud fra sine holdninger, der former elevernes fagsyn.

Del IV er således afhandlingens andet empiribaserede afsnit, idet det baserer sig på et omfattende materiale indsamlet gennem de to år AFU projektet har løbet.

Formålet med denne del er ikke kun en evaluering af de involverede elevers og læreres udbytte. Det bagvedliggende formål er at tilvejebringe et grundlag for at kunne udlede nogle konsekvenser for hvorledes fysikundervisningen i gymnasiet kan foregå.
Dette sker i del V som diskuterer og udfolder en fagformulering baseret på bl.a. de principper som er fremlagt i del III.

Kapitel 9

LÆRERHOLDNINGER TIL FYSIK OG UNDERVISNING

Det er et grundlæggende synspunkt i denne afhandling at de forestillinger man har om læring og fag er afgørende for den praksis man udviser, og omvendt at de gennemlevede erfaringer og den praksis man indgår i er med til at forme ens lærings- og fagsyn (jfr. fig. 1, s. 6). Dette gælder såvel for lærere som for elever. I dette kapitel vil jeg se nærmere på disse sammenhænge hvad angår lærerne. Jeg vil etablere et begrebsapparat om læreres opfattelser af deres fag, specielt fysiklæreres opfattelser af fysik, og læreres forestillinger om læring og undervisning. Jeg vil herudfra karakterisere de tre lærere som deltog i AFU-projektet. Ud fra interviews, spørgeskemaer og mine observationer vil jeg forsøge at indfange disse læreres forestillinger og holdninger for at kunne udlede de undervisningsmæssige konsekvenser, således som de er realiseret i de tre fulgte klasser.
Denne analyse udgør således grundlaget for gennemgangen i kapitel 10 af elevernes reaktioner på og udbytte af undervisningen, som nok har haft et fælles grundlag – nemlig som det er formuleret i Bilag 1 – men som er realiseret forskelligt af de tre lærere.

Kapitlet udnytter resultaterne af et samarbejde med Gitte Ingerslev, som i sin ph.d. – afhandling (Ingerslev, 2001) netop arbejdede med lærer- og elevopfattelser af fag (i dette tilfælde dansk). Det teoretiske grundlag og de her udviklede metodikker er benyttet som udgangspunkt for mine egne undersøgelser.

LÆREROPFATTELSER AF UNDERVISNING OG LÆRING

Der er i det sidste årti foretaget en række undersøgelser inden for den såkaldte fænomenografiske forskningstradition (se del VI) af læreres opfattelser[1] af god undervisning. Ideerne bag disse undersøgelser er at

[1] Ordet "opfattelser" bruger jeg lidt i flæng sammen med holdninger til, syn på, forestillinger om o.l. Jeg prøver at undgå det mere bastante "begreb om" af årsager forklaret s. 293f. Den definition på forestilling (om noget) som Kember 1997 refererer, er nok den der kommer tættest på min forståelse af "opfattelse": *Conceptions are specific meanings attached to phenomena which then mediate our response to situations involving those phenomena. We form conceptions of virtually every aspect of our perceived world, and in so doing, use those abstract representations to delimit something from, and relate it to, other aspects of our world. In effect, we view the world through the lenses of our conceptions, interpreting and acting in accordance with our understanding of the world.* (s. 256-57)

... students' and teachers' experiences are not constituted independently of the world of learning and teaching in which they are engaged, but they and the world of learning and teaching are constituted in relation to each other. In this sense the world of learning and teaching is an experienced world.
(Prosser & Trigwell, 1999)(p. 10)

Lærere opbygger deres undervisningsmiljø i overensstemmelse med deres læringssyn, som det er udviklet af erfaring, og undervisningsmiljøet er derfor på sin vis i sig selv et erfaringsunivers.
Læreres opgave er at give deres fags pensum udtryk og mening i klasserummet. Dette gør de på baggrund af de erfaringer med faget, som de selv har haft, og med de opfattelser af faget de har udviklet indtil undervisningstidspunktet. Lærerne er således de umiddelbare tolkere af læsepensum, og de vil hver især præsentere deres elever for et forskelligt pensum og med forskellige opfattelser af hvad der skal læres i faget.

(Kember, 1997) sammenfatter 13 forskellige studier af primært universitetslæreres opfattelser af undervisning. Han fandt stor overensstemmelse mellem resultaterne, som han sammenfattede (s. 273) som følger:

My attempt to synthesise the body of research places conceptions under two broad orientations characterised as teacher-centred/content-oriented and student-centred/learning-orientated. The five conceptions placed beneath the orientations are then visualised as well-defined categories within a developmental continuum. A transitionary category links the two orientations.

De to hovedkategorier og den sammenbindende kategori kan beskrives således (Kember, 1997)(s. 264-268):

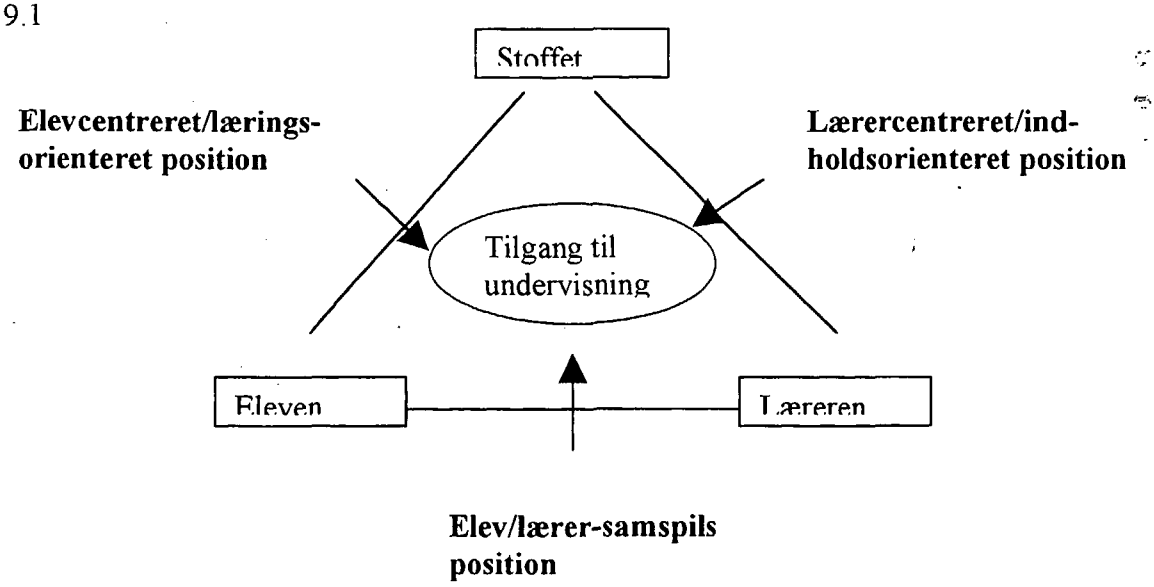
- **Lærercentreret/indholdsorienteret**
  Her fokuseres på kommunikationen om og af en veldefineret vidensmængde. Det kan foregå på to måder, der udgør enderne i et spektrum:
  At bibringe eleverne informationer ↔ overføre struktureret viden
- **Elev-lærer samspil**
  Dette er en sammenbindende kategori som betoner vigtigheden af et samspil mellem lærer og elev ofte i form af at eleven skal tilegne sig lærerens ekspertise gennem en læringsmæssig praksis.
- **Elevcentreret/læringsorienteret**
  Her fokuseres på elevens læring og begrebsdannelse. De udgør også enderne i et spektrum:

Lette elevens forståelse ↔ begrebsændring/intellektuel udvikling

Der ses at være en god overensstemmelse mellem den læringsopfattelse som ligger bag disse kategorier og de læringsbegrebskategorier som blev opstillet af Roger Säljö og Ference Marton i 1979 og frem (Marton & Booth, 1997; Säljö, 1979) (se s. 26). Kember har da også i en senere undersøgelse (Kember, 1998) vist at der er overensstemmelse mellem universitetslæreres opfattelser af undervisning og deres opfattelser af deres studerendes læring.
De to yderpunkter, den indholdsorienterede og den læringsorienterede, er velkendt i megen pædagogisk litteratur. Den svarer fx til PEEL-projektets (se s. 146f) opdeling i *transmissive teaching* over for *interpretive teaching* (Baird, Northfield, (dansk redaktion: Dolin, & Ingerslev, 1995). Se også s. 336.
(Boulton- Lewis, Smith, McCrindle, Burnett, & Cambell, 2001) viser at David Kembers spektrum af undervisningsopfattelser for universitetslærere også har gyldighed for lærere på secondary-trinnet (svarende til klassetrin 8-12), så det er ikke urimeligt at anvende det på det danske gymnasieniveau.

De tre forskellige tilgange til undervisning kan indpasses i den didaktiske trekant som udgøres af læreren, eleven og faget (stoffet):

Figur 9.1



De tre positioner kan siges at være baseret på hver sit læringsteoretiske grundlag. Meget skematisk udtrykt er lærer-stof relationen udfoldet i praksislæringsteorier, elev-stof relationen er central i konstruktivistiske læringsteorier og elev-lærer relationen er forankret i psykodynamiske læringsteorier. Dette perspektiv er udfoldet s. 82f.

De tre forskellige holdninger til undervisning vil naturligvis give sig udslag i forskellige måder at tilrette den faglige praksis på.
Den lærercentrerede/indholdsorienterede position har *lærerfagligheden* i centrum. I sin rendyrkede form formidler læreren de fagligt kanoniserede sandheder, som eleven så må forsøge at tilegne sig. Eleven er objekt for undervisningen, der kan spænde fra en relativt ubearbejdet videregivelse af lærerens viden til en didaktisk tilrettelagt undervisning i stoffet.
Den elevcentrerede/læringsorienterede position har *elevfagligheden*[1] i centrum. Udgangspunktet er her elevens opfattelse af stoffet, og denne opfattelse må bringes i kontakt med den etablerede faglighed gennem de af læreren planlagte processer. Det er et typisk konstruktivistisk læringssyn og de i kapitel 5 udfoldede dialogiske læreprocesser kan være eksempler herpå.
Elev/lærer-samspils positionen kan siges at udgøre en *almenpædagogisk* tilgang til undervisning (Ingerslev 2001, s. 222f). Læreren indgår i et samarbejde med eleven og elevens personlige udvikling kan sættes over det faglige indhold. Kategorien opfattes af Kember som en midlertidig opfattelse, hvor læreren fx gerne vil have eleven til selvstændigt at undersøge noget, men inden for det lærerdefinerede indhold. Fra at tage udgangspunkt i egen viden bliver eleven derfor centrum i lærerens bestræbelser, og læreren vil herigennem ofte indse nødvendigheden af at være bevidst om elevens forståelse og viden. Almenpædagogiske forhold får en fremtrædende plads. (Marton & Booth, 1997) giver en række eksempler med især folkeskolelærere, der er mere optagne af atmosfæren i klassen end af den viden og indsigt der ligger i faget; de fokuserer på eleverne og processerne i klassen snarere end indholdet.

De to første lærerpositioner[2] kan siges at være fagdidaktisk funderede. Faget er det centrale omdrejningspunkt for undervisningen, hvad enten det er med udgangspunkt i lærerens faglighed eller med udgangspunkt i elevens faglige konstruktion.
Den sidste lærerposition er almendidaktisk funderet. Undervisningstilrettelæggelsens egen logik er vigtigere end fagets logik og konsistens; de pædagogiske processer får i en vis forstand sin egen berettigelse, så det centrale er ikke at lære faget, men at skabe et samarbejdsklima (som et grundlag for at arbejde med faget)[3].

---

[1] Et begreb brugt at Vibeke Hetmar i (Hetmar, 1996).
[2] Begrebet "lærerpositioner" svarer til de lærerroller, der har været diskuteret i dansk pædagogisk debat i 1990'erne. Her har fx det tidligere nævnte AFEL-projekt (s. 230f) udviklet fire lærerroller som adskiller sig fra hinanden ved lærerens position i forhold til stof og elever (Bjørgen, 1994)(s.52-62). Skulptøren og entertaineren svarer fortrinsvis til en lærercentreret position (med entertaineren mere over mod den almenpædagogiske), mens træneren og arbejdslederen svarer til den elev/læringsorienterede (med arbejdslederen med en mere almenpædagogisk tilgang).
[3] Det er en position som har fået større betydning i gymnasiet i takt med det øgede elevoptag og de nye elevtyper.

Katharine Patrick har i sin ph.d.-afhandling (Patrick, 1998) foretaget en grundig undersøgelse af hvorledes australske historie- og fysiklærere i 12. klasse ser på undervisning i deres fag. Fysiklærerne faldt i tre grupper, som meget skematisk og kortfattet kan karakteriseres ved at mene at:

- Fysik er et spørgsmål om at *kunne manipulere ligninger*. Eleverne skal kunne "bruge", "gøre", "udregne", "finde".
- Fysik er *en samling teorier*. Eleverne skal kunne "genkende", "anvende", "forsimple".
- Fysik handler om at *forstå vores omverden*. Eleverne skal kunne "indse", "tolke", "mene".

Denne undersøgelse er ligesom de ovenfor citerede baseret på interview med en ret begrænset antal lærere (Kembers undersøgelser omhandler typisk 15-25 lærere, Kate Patricks 18 fysiklærere). De intenderer derfor ikke at være fuldt dækkende for alle opfattelser, men de viser alligevel en forbløffende overensstemmelse. De refererede kategorier dækker en bred vifte af eksisterende opfattelser. Det er ikke sådan at en lærer nødvendigvis kan placeres i én kategori. Ofte vil en lærers undervisnings- og fagsyn have elementer af flere opfattelser, men typisk vil én være dominerende.

Under alle omstændigheder udgør de udviklede kategorier et analytisk apparat, som kan være med til at indfange den mangfoldighed af opfattelser, som findes hos lærere. Det vil jeg forsøge at gøre med de tre lærere, som deltog i AFU-projektet.

AFU-PROJEKTETS TRE LÆRERE

Det er ikke let at skulle karakterisere personer, som man har arbejdet sammen med gennem et par år. Dels er det vanskeligere, jo bedre man kender andre, at placere dem i kategorier – man ved hvor sammensatte de er og hvor umuligt det er at indfange en lærerpersonlighed i få beskrivende vendinger. Dels kan det let risikere at virke bedømmende og normativt, som om man sammenligner for at vurdere hvem der underviser bedst. Det er derfor vigtigt at præcisere, at denne oversigt ikke prætenderer at være en udtømmende karakteristik af de tre lærere. Jeg har fremhævet visse træk, som jeg har fundet vigtige til mit formål, men samtidig udeladt – eller overset – andre som i andre sammenhænge kan være nok så vigtige. Det er heller ikke min intention at vurdere hvem af de tre lærere der underviser "bedst", hvilket er et i denne sammenhæng ubrugeligt begreb. De er forskellige, men alle fagligt og pædagogisk fremragende lærere. Dette kan jeg

sige efter gennem en årrække at have observeret endog ganske mange fysiktimer hos et stort antal forskellige lærere.
Formålet med min karakteristik er, fremfor en uddybende personlighedsbeskrivelse eller en normativ bedømmelse af deres undervisning, at tilvejebringe en beskrivelse af deres holdning til undervisning og fag, som kan være med til at forklare de elevholdninger og opfattelser, som bliver fremlagt i kapitel 10.
Jeg har kaldt de tre lærere for X, Y og Z, svarende til de tre klassebetegnelser som bruges i afhandlingen.
Alle tre lærere underviser i både matematik, naturfag og fysik. De er alle erfarne lærere. Lærer X og Y er begge kvinder, som har undervist i ca. 15 år. Lærer Z er en mandlig lærer, som har undervist i ca. 20 år.
Jeg har tre forskellige kilder til oplysninger: Mine egne observationer, lærerudsagn fx i forbindelse med interview eller samtaler og spørgeskema.

Observationer

Lærer X

er den samme lærer som jeg fulgte i forbindelse med ALF-projektet, så hun har givet en udførlig karakteristik af sig selv i kapitel 2, hvor jeg også har beskrevet undervisningen grundigt. Den består i meget høj grad af gruppearbejde, hvor eleverne opøves i at indgå i dialog med hinanden og stoffet. X udleverer hyppigt arbejdssedler til eleverne med spørgsmål og faglige fif.

Lærer Y

har en meget stor del af undervisningen organiseret som projektarbejde. Det er et struktureret projektarbejde baseret på problemformulering og deltagerstyring, hvor eleverne opøves i bestemte procedurer og hvor der bruges en del tid på refleksion og evaluering. Eleverne har en udstrakt valgfrihed mht. hvilke emner de vil arbejde med. Der lægges vægt på processer mere end den konkrete faglige viden. Arbejdet styres bl.a. ved hjælp af udleverede emneoversigter, projektstyringssedler, evalueringsark.

Lærer Z

er fysiklærer med streg under fysik. Han underviser efter sin egen lærebog og er faglig ambitiøs på elevernes vegne. Timerne er strukturerede, med megen vægt på begrebsforklaring og gennemgang af det faglige stof. Her indeholder mange af de ark, eleverne får udleveret, gennemgange af fysikemner (solceller, projektiler af forarmet uran, tips om dataindsamling, evighedsmaskine, ...)

Interview

I august efter afslutningen af 2.g mødtes vi alle fire til evaluering og rapportskrivning. I den forbindelse optog jeg en struktureret samtale, hvor jeg stillede spørgsmål, som de tre lærere svarede på hvorefter de kommenterede hinandens udsagn. I Bilag 14 er størstedelen af denne samtale udskrevet.
Samtalen handlede om i hvilken udstrækning deltagelse i AFU-projektet havde medført ændret undervisningspraksis, hvad lærerne opfattede som god undervisning i fysik, hvad det vil sige at lære fysik, hvordan fysik bør være i gymnasiet (kan det kompetenceformuleres, skal der være et kernestof), hvordan skal det kvalitative og det kvantitative vægtes mm.
Jeg vil fremdrage de enkelte læreres holdninger med henvisning (sidetal:linienummer) til deres udsagn som de er udskrevet i bilag 14.

Lærer X

har ikke skullet ændre sin undervisning for at få den til at passe i autentisk fysik rammen; hendes uv-form var i forvejen udviklet i den retning (1:39-41). God undervisning handler om at få eleverne til at komme i dialog om emnet (2:34f), og dette kræver gruppearbejde (2:25f, 4:8ff). Hun mener ikke nødvendigvis der skal være kerneområder i fysik (5:28). Ikke fordi det er ligegyldigt, hvad eleverne arbejder med, men fordi fornuftig undervisning alligevel vil komme gennem de centrale områder. Hun mener at regnedelen af fysik er vigtig for forståelsen af begreberne (6:1f, 6:23).
Xs fagopfattelse ligger et sted mellem Kate Patricks to sidste kategorier (fysik som en samling teorier og fysik som forståelse af omverdenen). Begreberne er vigtige (2:34) og fysikforståelse ligger i høj grad i begreberne (6:22), men de skal udvikles i en dialog mellem eleverne (2:36).
Elevernes læring af faget er lige så vigtigt som hvad indholdet i faget er, og eleverne skal engageres i en faglig diskussion.

Lærer Y

har heller ikke skullet ændre sin undervisning væsentligt for at kunne deltage i AFU-arbejdet (1:31f), hun har gennem en lang årrække arbejdet med stor elevmedbestemmelse og elevaktivering (1:34), men hun er gennem projektet blevet mere opmærksom på hvad eleverne har svært ved (1:31). God undervisning engagerer eleverne og får dem til at turde (2:39). Den får hver enkelt til at opleve sig værdifuld og uundværlig i fællesskabet (2:39ff). Hun fremmer dette ved at tvinge eleverne til at lytte til hinanden og vise respekt for hinanden, selv om man ikke er faglig dygtig (3:4ff). Desuden skal undervisningen fremstå velstruktureret for eleverne (4:22f). Der er selvfølgelig noget stof der er bedre end andet til at strukturere elevernes forståelse (5:12), men de overordnede modeller er langt at foretrække for detaljerede nuancer (5:14, 40f). Y anser det ikke for særligt vigtigt at regne opgaver: *Jeg kunne godt undervise i obligatorisk fysik uden de*

regnede en eneste opgave (6:4f). En bog uden formler ville være ok (6:24), Ys formål med obligatorisk fysik er ikke at trække elever til højniveau (6:27f).
Ys fagopfattelse ligger tættest på Kate Patricks kategori: fysik handler om at forstå omverdenen. Fysik er en måde at beskrive verden på (5:18).
Den pædagogiske tilrettelæggelse og hensynet til eleverne er vigtig. Det er vigtigere at alle er med og får et overblik, end at få fordyber sig i faglige finesser. Det konkrete faglige indhold er ikke så vigtigt.

Lærer Z

har haft sværest ved at tilpasse sig projektet. Det *har været meget, meget svært at gøre det* (1:3), og det har været udfordrende, men også frustrerende (1:23), måske fordi Z oprindelig opfattede autenticitet som udelukkende omhandlende fagligt indhold, og det så kom meget til at handle om arbejdsformer (1:4ff). Det er karakteristisk at Z (som den eneste af de tre lærere) relaterer sine pædagogiske erfaringer til det faglige indhold der blev arbejdet med (1: 11ff, 2:28ff, 4:11ff). Det har især været svært at opfylde de fagligt teoretiske ambitioner inden for den anvendte undervisningstilrettelæggelse (1:11, 2:5f). De enkelte timer styres af den faglige debat som den udvikles ud fra elevspørgsmål og lærerudsagn (2:22ff). Z mener, at god undervisning er *når eleverne hører efter hinandens spørgsmål* (2:32), og han er opmærksom på at lærercentreringen kan være et problem ved klasseundervisning (3:8f), også hans egen. Han gør også noget ved det, men har problemer med at organisere en gruppebaseret undervisning så den fungerer (4:4f, 11f), især ved teoretiske emner (1:11, 4:16). Z har en præcis opfattelse af hvad det vil sige at lære fysik: *at kvalificere sin nysgerrighed i forhold til naturen* (4:39), og at give eleverne nogle skarpere begreber til angribe den med. Han mener nok at der skal være et kernestof, mest af hensyn til kulturen (5:30), så vi har en fælles referenceramme, men den skal også have et vist fagligt niveau, ikke kun en grønærtemodel for atomet, også med orbitaler (5:33ff). At regne opgaver *er enormt vigtigt* (6:3). Ys fagsyn vægter alle Kate Patricks kategorier højt.

Spørgeskemaer

I slutningen af 2.g bad jeg lærerne udfylde to spørgeskemaer. Det ene var det såkaldte ATI-skema (Bilag 15) og det andet det såkaldte RoLI-skema (Bilag 16).

Undervisningssyn

ATI står for *Approaches to Teaching Inventory*, altså en opgørelse over hvilken tilgang man har til undervisning. Det er et spørgeskema som er udviklet af Michael Prosser og Keith Trigwell (Prosser & Trigwell, 1999) (p. 176ff) med henblik på at måle hvorledes lærere griber deres undervisning an i specifikke situationer. Det består af 16 punkter som falder i to halvdele.

De otte udsagn beskriver en tilgang som har til hensigt at ændre elevernes begreber eller måder at se ting på ved at fokusere på eleverne – altså en elevcentreret/læringsorienteret position. Fire af disse udsagn omhandler hvilke intentioner man har om en sådan tilgang til undervisning og fire omhandler hvilken strategi man vælger.
Otte andre udsagn vedrører en tilgang som mere sigter på en lærerbaseret overførsel af viden – dvs. en lærercentreret/indholdsorienteret position. Også her er der fire udsagn som udtaler sig om intentionerne herfor og fire udsagn om valg af strategi for at udfri intentionerne.
Udsagnene kommer i tilfældig rækkefølge og svarpersonen skal angive hvor hyppigt (på en femtrinskala) vedkommende gør det udsagnet omhandler. Bilag 15 er en oversættelse af det engelske skema foretaget af Gitte Ingerslev, som også har hjulpet med scoringen af svarene. Gitte Ingerslev har brugt skemaet på en større gruppe (dansk)lærere og erfaringerne herfra har været en stor hjælp i tolkningen af de tre læreres svar.
Svarene kan arrangeres i følgende skema, idet jeg har sammentalt scoren for hver gruppe af fire udsagn.

Elevcentreret/læringsorienteret position					
Intention			Strategi		
Lærer X	Lærer Y	Lærer Z	Lærer X	Lærer Y	Lærer Z
17	19	8	15	14	9
Lærercentreret/indholdsorienteret position					
Intention			Strategi		
Lærer X	Lærer Y	Lærer Z	Lærer X	Lærer Y	Lærer Z
6	6	8	8	10	13

Før man ser på de konkrete tal skal man gøre sig klart at vi ser på lærernes holdninger til forskellige måder at undervise på. Vi har et udtryk for i hvor høj grad de har intentioner om den ene eller den anden tilgang og i hvor høj grad deres undervisningsstrategi peger i den ene eller den anden retning.
Det er lige så meget forholdet mellem scoren i de to positioner, der er interessant, som det er den absolutte værdi. Selv om 10 matematisk set er en gennemsnitlig værdi, vil ens værdier i de to positioners fx intentionfelt kunne tolkes som et udtryk for en ikke så gennemarbejdet eller bevidst forholden sig til feltet, hvad enten værdien så er høj eller lav. Har en lærer derimod en forskel i intention eller strategi mellem de to positioner

kan det tolkes som en bevidst holdning til hvilken faglighed læreren vil tage udgangspunkt i eller hvilken undervisningsstrategi læreren foretrækker.

Efter disse bemærkninger vil jeg udlede følgende af skemaet:

Lærer X

har en tydelig elevcentreret/læringsorienteret undervisningsposition og en strategi som i høj grad er i overensstemmelse hermed.

Lærer Y

har en tydelig elevcentreret/læringsorienteret undervisningsposition og en strategi som er i overensstemmelse hermed.

Lærer Z

underviser ikke ud fra nogen specifik formuleret position (i hvert fald ikke af de her mulige), men har en strategi som vægter det lærercentrerede og indholdsorienterede over det elevcentrerede og læringsorienterede.

Læringssyn

Jeg har anvendt et internationalt udbredt og accepteret skema til at undersøge lærernes syn på læring. Det såkaldte RoLI-skema (Reflections on Learning Inventory) er startet af (Meyer, 1995) og videreudviklet af (Meyer, 2000; Meyer & Boulton- Lewis, 1999), og jeg har anvendt en oversættelse af Gitte Ingerslev, som også har hjulpet med scoringen af besvarelserne.

Svarpersonerne skal angive grad af enighed med 50 udsagn om læring. Udsagnene er fra udviklernes side formuleret, så de fem og fem udtaler sig om samme overordnede udsagn om læring. Der er altså formuleret fem udsagn om hver af 10 forskellige holdninger til/opfattelser af læring. Udsagnene bringes i skemaet i tilfældig rækkefølge. Skemaet kan tælles sammen på mange måder, alt efter hvad man vil fokusere på. Jeg har samlet de 10 forskellige grundholdninger i to hovedgrupper:

	Lærer X	Lærer Y	Lærer Z
At lære er at akkumulere viden	11	8	11
At lære er at huske	18	11	15
Man lærer af pligt	11	5	5
At lære er at samle kendsgerninger	9	6	8
Man skal huske noget før man kan forstå det	14	9	9
Viden er faktuel og afgrænset	8	5	9
Sum af de 6 ovenstående kategorier	**71 (47%)**	**44 (29%)**	**57 (38%)**
Man skal forstå før man kan huske	25	21	15
At lære er at forøge og udvikle sin viden	13	17	15

At lære er at tænke selvstændigt	22	18	22
At lære er at se anderledes på ting	25	24	19
Sum af de 4 ovenstående kategorier	**85 (85%)**	**80 (80%)**	**71 (71%)**

Før vi ser på tallene er det vigtigt at gøre sig klart, at der er tale om en kvantificering af nogle holdninger, som næppe kan arrangeres på en lineær skala, og at validiteten kan være ret lille. De enkelte spørgsmål i spørgearket kan tolkes og tillægges ret forskellig mening, og ved bagefter at placere spørgsmålet i en grundkategori har man tillagt svarpersonen en holdning, som kan være forskellig fra hvad personen ville udtrykke under andre omstændigheder. Resultaterne skal altså tages med et vist forbehold.
De seks første hovedkategorier omtaler læring som en akkumulation af viden i form af kendsgerninger der skal huskes. Altså de første kategorier i Säljös læringshierarki (se s.26).
De sidste fire kategorier udtrykker et læringssyn som ligger inden for de sidste kategorier af Säljös hierarki.
Hver hovedkategori består af 5 spørgsmål, hvor fuld enighed tildeler 5 point til svaret, så fuld enighed inden for hver kategori vil give et tal på 25.
For de første seks kategorier ville fuld enighed give 150 point og fuldstændig uenighed 30 point (og altså ikke 0 point!). De tre lærere udtrykker altså en holdning tæt på "jeg er temmelig uenig, men lidt er der om det", og der er ikke nogen tydelig forskel mellem dem.
For de sidste fire hovedkategorier ville fuld enighed give 100 point og fuldstændig uenighed 20 point. De tre lærere ligger sammen, omkring svaret "jeg er næsten enig, men har et par forbehold".

Alle tre lærere kan altså siges at have et læringssyn som prioriterer forståelse og selvstændig tænkning frem for udenadslære og tilegnelse af facts. X har en relativ høj score i vægtning af at kunne huske. Dette skal ses i sammenhæng med den meget høje score i forståelseskategorierne. Hendes opfattelse er at man husker ved at forstå og når man forstår det, så husker man det også.

Eventuelle uoverensstemmelser mellem deres læringssyn og undervisningsintentioner eller undervisningsstrategier kan fx tilskrives følelsen af pres for at skulle opfylde bekendtgørelsen. Eksamenskravene og hensynet til højniveaufysik kan få lærere til at tilsidesætte deres idealer og i stedet arbejde på en instrumentel opfyldelse af de formelle krav.

KONKLUDERENDE LÆRERKARAKTERISTIK

De tre forskellige kilder til indsigt i de tre læreres holdninger til undervisning i fysik synes at vise et mønster med en vis overensstemmelse.

Lærer X

er orienteret mod elevernes læreprocesser gennem en engageret faglig dialog.
Det er en holdning til undervisning, som ligger tættest på den elevcentrerede/læringsorienterede position i figur 9.1. Forholdet mellem de tre størrelser i figuren kan måske skrives som

(elev + stof) ↔ lærer
(elev plus stof skal i dialog med lærer)

Lærer Y

er også orienteret mod elevernes læreprocesser, men de pædagogiske processer og elevernes engagement heri kommer før faget.
Holdningen til undervisning ligger tæt op ad den almenpædagogiske position i figur 9.1, og forholdet mellem de tre størrelser kan tilsvarende skrives

(lærer + elev) ↔ stof
(lærer plus elev skal i dialog med stof)

Lærer Z

tager i højere grad udgangspunkt i sit fag og føler sig forpligtet på det og arbejder pædagogisk på at eleverne tilegner sig stoffet. I figur 9.1 ligger holdningen til undervisning tættest på den lærercentrerede/indholdsorienterede position (men med mange aspekter af den elevcentrerede/læringsorienterede). Forholdet mellem elementerne i figuren kan angives som

(lærer + stof) ↔ elev
(lærer plus stof skal i dialog med elev)

Igen er det magtpåliggende at understrege, at der ikke er tale om en normsætning, men om en karakteristik til brug ved en analyse af sammenhænge mellem tilgange til undervisning på den ene side og elevtilgange til læring og elevholdninger til faget på den anden side. Dette er i fuld overensstemmelse med fx Prosser & Trigwell (1999) (s. 177).

Det er en grundlæggende antagelse – som vi har set bekræftet af en lang række forskningsresultater – at den undervisning, og dermed det læringsobjekt, som læreren kon-

struerer gennem sit valg af opgaver, samtaleform osv. er afgørende for hvad og hvordan eleverne lærer. Som Kember, 1997 udtrykker det (p. 273):

A study of teaching conceptions is seen as important because they have been shown to be related to measures of the quality of student learning. Conceptions are modelled as influencing teaching approaches which in turn effect student learning approaches and subsequently learning outcomes.

Jeg vil i det følgende kapitel se hvorledes de tre læreres holdninger og forestillinger (og disses gennemslag i undervisningen) har påvirket deres respektive elevers tilgange til og opfattelser af fysik.

LITTERATUR

Baird, J.;Northfield, J.;(dansk redaktion: Dolin, J. & Ingerslev, G. (Eds.). (1995). *Erfaringer fra PEEL projektet.* Århus: Klim.

Bjørgen, I. A. (1994). *Ansvar for egen læring. "Den profesjonelle elev og student".* Trondheim: Tapir Forlag.

Boulton- Lewis, G. M.;Smith, D. J. H.;McCrindle, A. R.;Burnett, P. C. & Cambell, K. J. (2001). Secondary teachers' conceptions of teaching and learning. *Learning and Instruction, 11*(1), 35-51.

Hetmar, V. (1996). *Litteraturpædagogik og elevfaglighed.* Unpublished Ph.d., Danmarks Lærerhøjskole, København.

Ingerslev, G. (2001). *Forestillinger om dansk.* Unpublished Ph.d.-afhandling, Danmarks Pædagogiske Universitet, København.

Kember, D. (1997). A reconceptualisation of the research into university academics' conceptions of teaching. *Learning and Instruction, 7*(3), 255-275.

Kember, D. (1998). Teaching beliefs and their impact on students' approach to learning. In B. Dart & G. Boulton- Lewis (Eds.), *Teaching and learning in higher education.* Melbourne: Australian Council for Educational Research.

Marton, F. & Booth, S. (1997). *Learning and awareness.* Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.

Meyer, J. H. F. (1995). A quantitative exploration of conceptions of learning. *Research and Development in Higher Education, 18*, 545-550.

Meyer, J. H. F. (2000, July 25th, 2000). *An overview of the development and application of the Reflections on Learning Inventory (RoLI).* Paper presented at the The RoLI Symposium, Imperial College, London.

Meyer, J. H. F. & Boulton- Lewis, G. M. (1999). On the Operationalisation of Conceptions of Learning in Higher Education and Their Association with Students' Knowledge and Experiences of Their Learning. *Higher Education Research & Development, 18*(3), 289-302.

Patrick, K. (1998). *Teaching and Learning: the construction of an object of study.* Unpublished Ph.d., The University of Melbourne, Melbourne.

Prosser, M. & Trigwell, K. (1999). *Understanding Learning and Teaching*. Buckingham: The Society for Research into Higher Education & Open University Press.
Säljö, R. (1979). *Learning in the learner's perspective. 2. Differences in awareness*. Göteborg: Göteborg Universitet: Pedagogiska Institutionen.

Kapitel 10
ELEVHOLDNINGER OG –UDBYTTE

Hvordan gik det så? Hvad fik eleverne ud af de to års fysikundervisning under overskriften autentisk fysik?
Jeg vil i dette kapitel forsøge at give nogle svar herpå inden for udvalgte områder, som ligger inden for afhandlingens problemfelt.

I indledningen til del III blev der argumenteret for at selv om der ikke er nogen enkel og entydig sammenhæng mellem undervisning og læring, så *gør* undervisning en forskel, og det er denne forskel der her skal forfølges. Formålet med AFU-projektet var at udvikle og afprøve en undervisning efter nogle bestemte retningslinier (som udfoldet i del III) bl.a. for at (Bilag 1)

- undersøge hvorledes man kan opbygge et åbent udforskningsmiljø i en gymnasiefysikklasse baseret på en autentisk, problemorienteret undervisning
- undersøge hvilke dele af fysikfaget der er mest egnet til en sådan undervisning og hvilke muligheder og begrænsninger der er for at gennemføre den

Dette udviklingsprojekt er som tidligere nævnt afrapporteret selvstændigt i rapporten *Autentisk Fysik* (Bangsgaard, Dolin, Rasmussen, & Trinhammer, 2001). Ærindet her er i forlængelse af denne rapport at undersøge hvilke konsekvenser projektet har haft for elevernes forholden sig til fysik og dermed for deres potentielle udbytte af undervisningen. Hypotesen er, at undervisning baseret på en undersøgende praksis giver eleverne nogle arbejdsredskaber og nogle indsigter, som påvirker deres opfattelse af hvad fysik er og deres holdning til det. Samtidig øges deres interesse for naturvidenskabelige problemstillinger og derigennem deres motivation for at arbejde med fysikken. Øget motivation giver øget læring.
Denne afhandling har ikke som sit primære formål at arbejde med den sidste sammenhæng mellem motivation og læring. Det har ikke været formålet at undersøge om de elever, der er blevet motiveret for at interessere sig for fysik, også er blevet dygtigere til fysik end de der ikke har opnået den samme motivation. Selv om en sådan sammenhæng synes ret oplagt. Det har i det hele taget ikke været hensigten at undersøge hvad eleverne *lærte* gennem undervisningen. Det ville have krævet et helt andet forskningsdesign at undersøge mulige sammenhænge mellem undervisning og læring. Læringsdimensionen er blevet inddraget i afhandlingen for at muliggøre en teoretisk indfangning af bestemte observerede træk ved den fysikundervisning, der blev analyseret i kapitel 2. Herved blev der etableret et grundlag for at udvikle en undervisning der var læringsteoretisk funderet, hvilket skete i del III, men uden garanti for et bestemt læringsudbytte. Det er de motivationsmæssige konsekvenser af den således udviklede undervisning dette kapitel har til hensigt at undersøge.
Før vi ser nærmere herpå, vil jeg, for at underbygge ovenstående betragtninger, gå lidt dybere ind i sammenhængene mellem arbejdsform – epistemologi – motivation – læring.

ARBEJDSFORM, EPISTEMOLOGI, MOTIVATION – OG LÆRING

Vi har her at gøre med begreber som ikke alle er baserede på almindeligt velkendte og accepterede definitioner, det er et felt hvor forskellige "skoler" og miljøer har udviklet forskellig sprogbrug. Selv om dette også gælder for både "arbejdsform" og "læring", er disse dog begreber som jeg føler der er mere konsensus om.
Arbejdsformen er de måder, elever arbejder med faget på, således som det beskrives i termer som gruppearbejde, projektarbejde, lærerforedrag osv. Naturligvis er der inden for disse arbejdsformer et bredt spektrum, men også nogle konstituerende træk som muliggør en ret entydig kategorisering. Fx forudsætter gruppearbejde at mere end én elev arbejder sammen, og hvis de arbejder problemorienteret og med en vis grad af selvstyring kan det kategoriseres som projektarbejde[1].
Læring er et meget bredere begreb, men i denne sammenhæng kan det ses som elevernes udbytte af arbejdet, hvilken form det end måtte have haft. Det er de "mellemliggende" termer "epistemologi" og "motivation" der er alvorligere uklarhed om. Jeg omtaler dem som mellemliggende fordi de udtaler sig om hvorledes den lærende som indgår i arbejdsformen forholder sig til dette arbejde, både hvad angår lysten til det konkrete arbejde og den mening man tilskriver arbejdet og det man arbejder med, og fordi dette forhold er afgørende for udbyttet (og i en vis forstand også udgør en del af udbyttet).
Jeg vil derfor kort forsøge at indkredse deres betydning.

Epistemologi

Epistemologi er tidligere (s. 91f) blevet brugt om erkendelsesform, den forståelse man har af hvordan man erkender. I megen uddannelsesforskning bruges ordet bredere. I *International Handbook of Science Education* (Fraser & Tobin, 1998) omtales i kapitlet *The Epistemologi of Students: 'The Thingified' Nature of Scientific Knowledge* (Désautels & Larochelle, 1998) elevers epistemologi som:

... *students' answers to the question of what science is* ... (p. 116)
herunder
... *students' conceptions of science,* ... (p. 116)
men lader det også omfatte spørgsmål vedrørende
... *students' attitudes with regard to science* ... (p. 116)

[1] Der er naturligvis andre definitioner, men pointen er at det rent faktisk defineres og at man er bevidst om at der er forskellige opfattelser.

I artiklen *Undergraduate Science Students' Images of Science* (Ryder, Leach, & Driver, 1999) tales der om

... *knowledge about the nature of science.* (p. 201)
som gøres synonymt med
... *students' views about the nature of science; their images of science.* (p. 201)
Disse "elevbilleder", eller elevopfattelser, beskriver
... *the ways in which an individual thinks about the purposes of science, the nature of scientific knowledge, the role of scientific investigation and the social processes of science* (Driver et al., 1996 her efter (Ryder & Leach, 1999) p.945-46)

Dette kan også opfattes som en *repræsentation* af faget:

Social representations capture the collection of insights which we use to make sense of unfamiliar objects or activities. These enable communication about the unfamiliar within communities. Social representations are constructed, shared, maintained and changed through social processes; particularly dialogue within communities. They have an important, yet often tacit, role in guiding our thoughts and actions: they are the 'governing principles of our actions' (Moscovici 1993, p. 366) (Ryder & Leach, 1999) (p. 946)

Som alle andre repræsentationer er de det grundlag vi handler ud fra når vi skal foretage os noget inden for faget, så derfor er de også bestemmende for hvilke læreprocesser der sættes i gang – eller ikke sættes i gang. Hvad enten disse repræsentationer af faget er bevidste og åbne eller ubevidste og skjulte har de indflydelse på hvordan elever tolker det der sker i klasserummet. Men de er omvendt også (i hvert fald i en vis udstrækning) et resultat af den undervisning eleven har fulgt, ja vel i virkeligheden en del af det man ønsker eleven skal lære.
Denne erkendelse har været bærende for indeværende projekt, således som det også kommer til udtryk i figur 1 (s. 6).
Måske vil den bedste danske oversættelse være elevers *forestillinger* om faget, dvs.

- det elever mener er fagets formål
- den (ontologiske) status de tildeler fagets viden
- den måde de mener man arbejder i faget på.

Når jeg har valgt ikke at kalde disse forestillinger for elevernes "begreb" om faget, så skyldes det at begreb indicerer noget stabilt, noget uforanderligt i rum og tid. Men det er langt fra sikkert at elever har en sådan fastlåst opfattelse af fagets metaaspekter. John Leach m.fl. har således analyseret de svar som 731 science-elever på gymnasialt niveau giver på to spørgeskemaer med spørgsmål af epistemologisk art. De konkluderer:

... there is no evidence ... to suggest that students hold unique epistemological positions that they use across a wide range of contexts. (Leach, Millar, Ryder, & Séré, 2000)(p. 521)

Dette hænger naturligvis sammen med at nok vil elever bruge deres forestillinger om faget når de handler i faget, men de vil kun sjældent blive tvunget til at reflektere bevidst om de involverede forestillinger. Forskellige situationer vil derfor kunne give og/eller aktivere forskellige forestillinger.
Dette er vigtigt at være bevidst om når man udarbejder og analyserer spørgeskemaer der indeholder spørgsmål om elevers forestillinger.

Motivation

Når man taler om elevers motivation til at gøre noget, er der tale om endnu større begrebsforvirring end ved epistemologiske forhold.
Hvor forestillingerne om faget er et kognitivt forhold, har vi her at gøre med de *affektive* faktorer, der omfatter hele det ikke-kognitive spektrum af følelser, stemninger, interesser, holdninger mm. Karin Beyer har foretaget en systematisering af feltet, som jeg vil følge (Beyer, 1992)(s. 122-125):

I. *Følelser, stemninger og humør*: udtryk for personens tilstand i den givne situation. Dvs. det er umiddelbare reaktioner på og i specifikke, tidsafgrænsede sammenhænge.

II. *Holdninger*: mere vedvarende træk, der karakteriserer personen ud over den givne sammenhæng. Baseret på selvopfattelse og identifikation.
Indeholder nogle overlappende kategorier:
Interesser: Personens præferencer for noget, lyst til det og valg af det, fordi det er i overensstemmelse med fx ønsker, behov eller tidligere erfaringer.
Opfattelser: Personens mening om (forstået som subjektive forståelse af) fænomener og ideer.

III. *Konationer*: drivkræfterne bag personens handlinger. Den viljen og stræben personen har fx til læring.

Der er en stigende grad af engagement og personlig involvering ned gennem kategorierne.

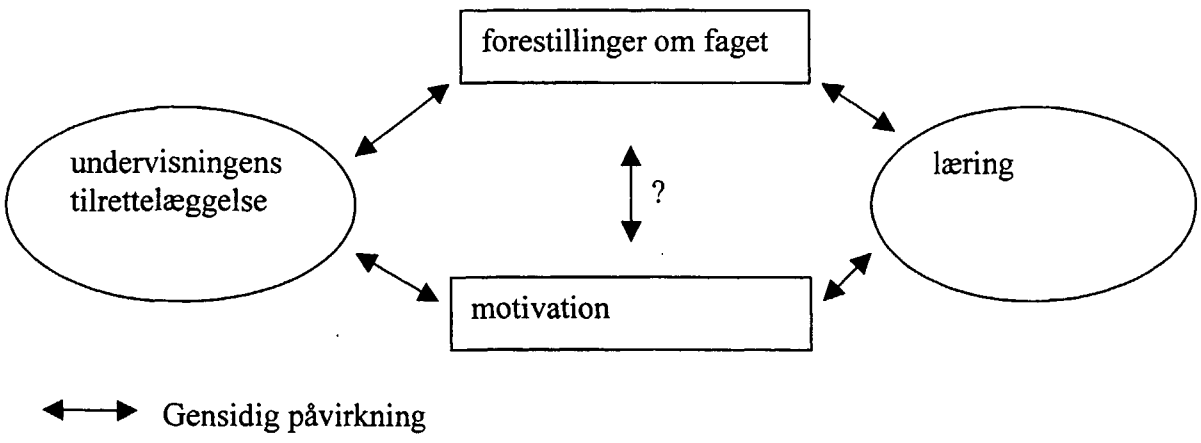
Motivation anvendes om hele det affektive spektrum, fra den umiddelbare, stemningsbaserede lyst til noget, over mere vedvarende interesse i det, til det dybtliggende engagement. Man kan således være mere eller mindre motiveret for noget (evt. direkte negativt motive-

ret) alt efter hvor dybt "følelserne stikker", hvor langt man er i det affektive spektrum i relation til det man skal beskæftige sig med.

Sammenhænge

Hvilke(n) sammenhæng er der så mellem de forestillinger elever har om fysik og deres motivation til at arbejde med fysikfaglige problemstillinger? Og mellem disse størrelser og den læring der er resultatet af arbejdet?
Det er svært at se nogle umiddelbare relationer mellem forestillinger og motivation. Uanset hvilke ontologiske og epistemologiske opfattelser man har af faget kan man være mere eller mindre motiveret for at arbejde med dets problemstillinger. Og uanset hvor motiveret man er, hvor engageret man kaster over fagets problemer, kan man få forskellige opfattelser af faget. Der er dog aspekter af elevforestillinger om fysikken, der kan have indflydelse på motivationen, nemlig når elever føler de kan knytte fysikken til deres hverdag eller til deres egen erkendelsesmæssige udvikling.

Derimod er der mange eksempler på at både forestillingerne og motivationen hver især har forbindelser til undervisningens tilrettelæggelse (forstået som både den valgte arbejdsform og det valgte indhold) og læring. Det kan skitseres således:



Forestillingerne om faget vokser ud af den måde man arbejder med faget på (både hvad angår indhold og form) og den grad af bevidsthed der er om arbejdet. Forestillingerne kobler til arbejdsformer og fagopfattelser som de viser sig i undervisningen, fx den måde læreren tilrettelægger øvelserne på, de spørgsmål der arbejdes med i timerne, de tekster der vælges, den plads der gives til elevinitiativer og elevdiskussioner osv. Omvendt vil forestillingerne have betydning for hvordan man griber arbejdet an. Og de vil have betydning

for hvilken læring der finder sted. Dels i den forstand at forestillingerne kan opfattes som en del af det lærte, men også således at forestillinger kan hindre eller fremme læring. Hvis fx elevens forestillinger om faget ikke stemmer overens med lærerens kan der opstå modsætninger og misforståelser, som hindrer læring. I den tidligere citerede artikel af Jim Ryder og John Leach undersøges hvorledes elevers forestillinger om science påvirker deres handlinger i forskellige undervisningssammenhænge, specielt projektorienterede eksperimentelle sammenhænge. De konkluderer

... for students in a range of teaching contexts, views about the epistemology of science can have a significant impact on student activity. (Ryder & Leach 1999, p. 953)

Tilsvarende sammenhænge mellem arbejdsform/fagopfattelse, motivation og læring er mere veletablerede og anerkendte.
Nogle vigtige variable er i denne sammenhæng:

- De *krav* der stilles i faget. Er det for svært eller for let? Er kravene rimelige?
- Den oplevede *relevans*. Føler jeg at jeg kan bruge faget til noget?
- Undervisningens *tilrettelæggelse*. Kommer eleverne til orde, taler læreren elevernes sprog, er der tid til refleksion?

Hvis fx kravene er for høje (til at eleverne kan opfylde dem), faget opfattes som irrelevant (af eleverne) og læreren ikke taler med, men til eleverne, vil resultatet blive umotiverede elever og en ringe læring (Bolte, 1999).
En række nyere undersøgelser af danske forhold belyser dette felt. (Broch & Egelund, 2001) undersøger elevholdninger til naturfagsundervisning i folkeskolen. De fremhæver, at

... undervisningsformen i de naturvidenskabelige fag betyder meget for, om de kan lide faget, og eleverne fremhæver netop deres egen aktive deltagelse i undervisningen som noget, der gør undervisningen mere spændende. (s. 87)

Men

... at det ikke alene er selve undervisningsformen, der har betydning for elevernes måde at forholde sig til undervisningen på, idet det også ser ud til at have stor betydning, om de opfatter undervisningen som relevant og vedkommende. (s. 90)

Betydningen af at kunne se formålet med undervisningen findes dog i en vis udstrækning at være kønsspecifik (Broch & Egelund s. 98) (se s. 313).

Ayoe Hoffs analyse af TIMSS undersøgelsen fra 1995, om hvilke holdninger elever fra 7. – 9. klasse har til fysik/kemi (Hoff, 2001), kobler en række aktiviteter i fysik/kemi i folkeskolen med elevernes forhold til faget og nogle baggrundsvariable for eleverne. Hun konkluderer at det

Endvidere gælder generelt, uafhængigt af klassetrin, køn og evner, at det, om eleverne kan lide at lære om fysik/kemi, for det første indgår i et positivt samspil med to aspekter, der vedrører selve undervisningen i fysik/kemi, nemlig om selve fagets indhold er spændende/inspirerende, og om eleverne kan forholde dette indhold til deres egen omverden ("vigtigt for alle mennesker"). For det andet indgår det, om eleverne kan lide at lære om fysik/kemi, i et positivt samspil med to mere personlige aspekter, nemlig om eleverne selv synes, de klarer sig godt i fysik/kemi, og om eleverne kan forestille sig at arbejde med fysik/kemi i fremtiden.
I forbindelse med det undervisningsmæssige aspekt gælder endvidere, at der specielt for drengene, og kun til dels for pigerne, er positivt samspil mellem om de kan lide fysik/kemi, og hvor let de finder faget fysik/kemi. (s. 18f)

En positiv holdning til faget fremmes altså ved en undervisning der er såvel personlig som samfundsmæssig autentisk, og hvor eleverne føler de kan magte faget og klarer sig godt.

ELEVERNE I SLUTNINGEN AF 2.G

Denne del af afhandlingen omhandler eleverne i de tre klasser der deltog i AFU-projektet. Dvs. de samme klasser som i kapitel 1, og klasserne har hver især samme benævnelser som i kapitel 1, nemlig x, y og z, så det er muligt af følge klassernes udvikling.
De tre klasser var forskellige. De var fra gymnasier som ligger forskellige steder i landet, eleverne kom med forskellige forventninger til fysik og til gymnasiet, de havde forskellig faglig ballast og de kom med forskellig hjemmebaggrund. Alt dette har præget deres gymnasieforløb.

X-klassen var på et gymnasium centralt placeret i Københavnsområdet og 1/3 af eleverne i klassen var to-sprogede. Den sociale baggrund var meget sammensat. En del af eleverne havde ret dårlige danskkundskaber. Vi så i kapitel 1 at rigtig mange fra klassen kunne lide fysik i folkeskolen (kun 4 % under middel).

Y-klassen var fra et provinsgymnasium med elever med en typisk mellemklassebaggrund. Også her havde eleverne positive oplevelser fra folkeskolens fysik/kemi-undervisning (11 % under middel).

Z-klassens gymnasium ligger i den socialt bedst stillede del af Hovedstaden, så eleverne kommer for langt de flestes vedkommende med en skolevant hjemmebaggrund. De fleste elever kom med en positiv indstilling fra folkeskolen, men dog færre end i de to andre klasser (18 % kunne lide faget under middel). Gymnasiefrekvensen i området er meget høj.

I slutningen af 2.g udfyldte eleverne et spørgeskema (Bilag 17) som omhandlede

- deres *forestillinger om fysik* (spm. 1-5). Der blev specielt spurgt om deres forestillinger om modeller i fysik, da der var særlig vægt herpå i undervisningen
- *motivationelle forhold* (spm. 6-12)
- *generelle forhold* (spm. 13-15) såsom læringsopfattelse og planer efter studentereksamen.

Efterfølgende interviewede jeg elevgrupper fra hver af de tre klasser. De blev udvalgt i samråd med de respektive lærere, så de udgjorde en homogen gruppe med hensyn til nogle for klassen relevante forhold. Disse interview vil jeg bearbejde efter spørgeskemaerne.

Spørgeskemaet bestod af en blanding af åbne og lukkede spørgsmål, de sidste typisk i form af en femtrins Likertskala. Skemaet var udformet i programmet Pinpoint, og alle svarskemaerne blev indtastet i programmet. Dette gav mulighed for at kategorisere svarene på de åbne spørgsmål og efterfølgende sammenligne mellem alle spørgsmål.

Elevernes forestillinger om fysik

Vi er har ude i et område som det er vanskeligt at få pålidelige oplysninger om gennem et spørgeskema. Men dels kender jeg eleverne ret godt efter at have fulgt dem gennem to år, så jeg kan i en vis udstrækning tillade mig at tolke deres svar, og dels var nogle af spørgsmålene her de samme som blev stillet ved indgangen til 1.g, så det var nærliggende at undersøge om man kunne spore nogle ændringer.

Hvad er fysik?

Ved starten af 1.g ligestillede knap en fjerdedel fysik med et eller flere konkrete emner, ca. 40% så fysik som et alment erkendelsesfag og ca. 15% satte fysik lig arbejdsformer eller holdninger.
Efter de to års gymnasiefysik er der sket en stor ændring. Næsten ingen henviser til konkrete emner, men et par procent kan tolkes lidt derhenimod med udtalelser som

> *Fysik er læren om naturens love*
> *En udforskning af naturens love*

Men de kan også tolkes som tilhørende det store flertal på ca. 70% der ser fysik som et alment erkendelsesfag, beskrevet i mere udfoldede vendinger end to år tidligere:

> *For mig er fysik den naturlige forlængelse af filosofi, og det adskiller sig fra matematik ved at være et fag hvor formuleringsevne og forståelse af facit er meget vigtig.*
> *En måde ved hvilken man forstår logikken i naturen.*
> *Fysik prøver at beskrive (den fysiske) verden omkring os på den mest logiske måde. Fysik prøver at løse livets store spørgsmål v.h.a. matematik og forsøg.*
> *Beskrivelsen af verden ud fra hypoteser, forsøg og matematiske formler.*
> *Fysik er et fag, der omfatter menneskets måde at opfatte virkeligheden på, og prøver at sætte det ind i et system som man kan forstå.*
> *Fysik er en matematisk måde at beskrive verden på.*
> *Fysik er at forenkle opfattelsen af ens omgivelser, dele den op i mindst mulige bestanddele, og derefter "oversætte" den til matematik, så beregningerne kan bruges til at forudsige virkeligheden.*
> *Et redskab til at beskrive verden.*

Der er tydeligvis kommet et begrebsapparat til, som giver udtryk for en forståelse af nogle grundlæggende træk i fysikken som videnskab og som erkendelsesredskab. Elever med disse forestillinger udgør nogenlunde den samme andel i alle tre klasser.
Der en uforandret andel som stadig identificerer fysik med de arbejdsformer der bruges eller om de kan lide faget eller ej.

Modellering i fysik

Ca. halvdelen af eleverne kan give en nogenlunde forklaring på hvad en model er, dvs. mindst som niveau 2 i kapitel 7 (s. (6)). Det drejer sig om godt halvdelen i x-klassen, næsten alle eleverne i y-klassen og meget få elever i z-klassen. Typiske udsagn:

> *En fysisk model er en opstilling i fysik der beskriver nogle forskellige faktorers sammensætning.*
> *En model i fysik er en beskrivelse af noget man har iagttaget fra virkeligheden, sat ind i en forståelig og logisk formel.*
> *En model er når man tager et stykke virkelighed og beskriver det matematisk.*
> *En model er når man tager noget fra virkeligheden og forsimpler det til fx en graf.*
> *En formel der prøver at tilstræbe virkeligheden.*
> *En simplificering af et eller andet/visualisering af noget.*

Ca. 15% kommer med ret uudfoldede udsagn:

En model af den virkelige verden
En teoretisk opstilling

og ca. en fjerdedel svarer ikke.
Typiske eksempler på modeller er

Model over hvordan molekyler opfører sig i varme og kulde.
Svingende streng med vibrator.
Henfaldsloven, hvor man får et udtryk for antallet af kerner udfra stoffets halveringstid og den forløbne tid.
Atommodeller.

Hvad kræver det at lære fysik?

Dette er også en genganger fra det første spørgeskema. Der spørges om hvilken vægt man tillægger forskellige forhold der kan have betydning for evnen til at lære fysik.
Jeg har sammenholdt svarene fra begyndelsen af 1.g med svarene fra slutningen af 2.g for de enkelte klasser og for gennemsnittet.

%		x.klasse		y.klasse		z.klasse		Gnst alle	
		1.g	2.g	1.g	2.g	1.g	2.g	1.g	2.g
Have gode evner	Helt enig	19	8	15	21	15	17	16	15
	Enig	52	46	70	68	75	78	65	62
	Uenig	30	42	15	11	10	6	19	21
	Helt uenig	0	4	0	0	0	0	0	2
Være heldig	Helt enig	0	0	0	6	5	0	1	2
	Enig	0	0	14	17	15	11	9	8
	Uenig	57	71	57	61	35	44	51	60
	Helt uenig	43	29	29	17	45	44	38	30
Have særlig matematisk begavelse	Helt enig	11	4	11	16	5	5	9	8
	Enig	36	54	50	63	60	74	47	63
	Uenig	46	42	39	21	30	21	40	29
	Helt uenig	7	0	0	0	5	0	4	0
Arbejde hårdt hjemme	Helt enig	39	29	18	6	52	32	35	23
	Enig	46	54	68	42	38	68	52	55
	Uenig	14	13	14	47	10	0	13	19
	Helt uenig	0	4	0	5	0	0	0	3
Lære udenad fra lærebog eller noter	Helt enig	11	8	4	11	5	6	7	8
	Enig	63	29	50	67	65	56	59	48
	Uenig	26	54	43	22	25	28	32	37
	Helt uenig	0	8	4	0	5	11	3	7

Der tegner sig et ret komplekst billede. For at få et overblik har jeg tegnet pile som angiver ændringsretninger, hvis der er en ændring mellem de to tidspunkter på 5 procentpoint eller derover.
Hvis vi først ser på alle elever i gennemsnit, er der stadig konsensus om at det er et spørgsmål om at have gode evner, og der er ikke mange der tillægger heldet betydning. Derimod er der nu øget enighed om vigtigheden af at have en særlig matematisk begavelse. Fysik er i højere grad end folkeskolen baseret på matematik, og det er også her mange har givet udtryk for at have problemer. Man mener stadig at hårdt arbejde er nødvendigt, men i mindre grad end ved gymnasiets start. Nogle har kunnet klare sig med en mindre arbejdsindsats end de troede. Endelig er der større uenighed om nødvendigheden af at lære udenad. Erfaringen har åbenbart vist at udenadslære ikke er nok.
Det overordnede billede dækker over ret store forskelle mellem de tre klasser, både hvad angår holdningsmønster og udviklingstendenser. Jeg vil kort ridse dem op her for at bruge dem i et senere klasseportræt.

x-klassen

X-klassen skiller sig ud fra de to andre ved at størst uenighed i nødvendigheden af at have gode evner, en uenighed der er øget gennem de to år. De tildeler også heldet mindre betydning end de andre klasser, og endelig er der sket et skift fra overvejende enighed i nytten af at lære udenad til overvejende uenighed heri, hvilket de også er den eneste klasse der mener.

y-klassen

Y-klassens elever har fået øget tiltro til betydningen af de gode evner, til matematisk begavelse, til heldet og til at lære udenad. Derimod har det hårde arbejde fået mindre betydning. At held og udenadslære tillægges øget betydning tyder på en manglende orientering i forhold til faget, hvilket kan forklares ud fra lærer Ys almenpædagogiske undervisningsposition der måske kan sløre de faglige krav. Den mindre vægt på hårdt arbejde kan skyldes den pædagogiske tilrettelæggelse med fokus på den enkelte elevs følelse af selvværd og selvtillid.

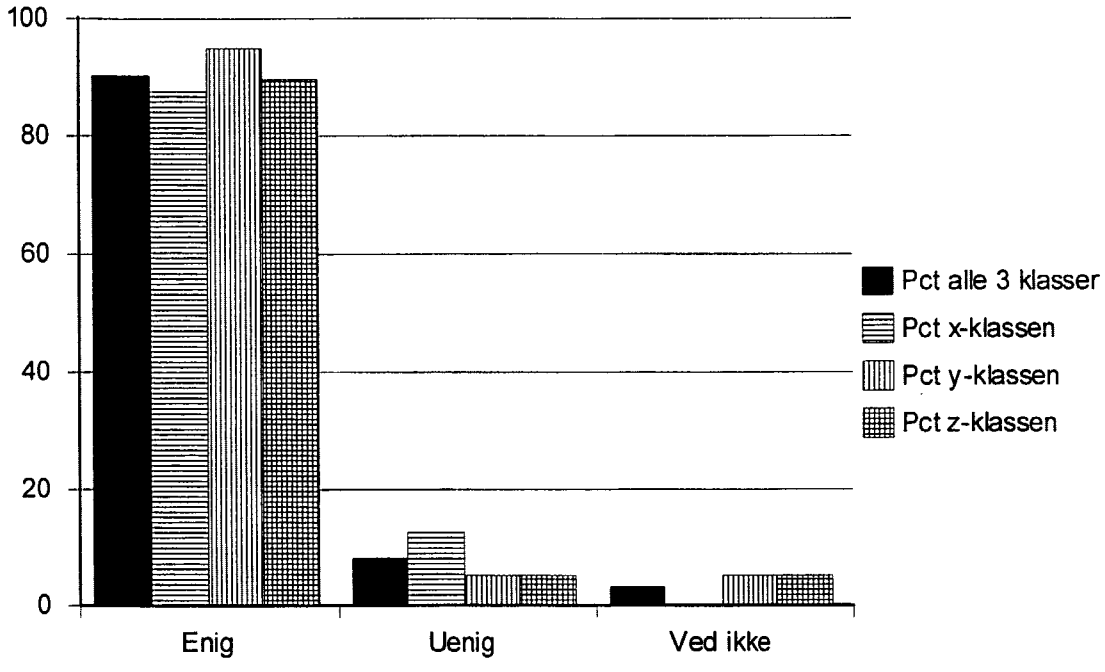
z-klassen

Z-klassen har fastholdt en høj tiltro til de gode evner og tillægger også det hårde arbejde større betydning end de andre klasser. Der er kommet større respekt for den matematiske begavelse og samtidig har flere indset at udenadslære ikke er nok. Også her ses prægningen fra lærerens undervisningsposition med dens vægt på faglig tyngde, herunder matematisk stringens.

Fysikken som virkelighedsbeskrivelse

Dette er naturligvis et ret umuligt udsagn, som der er bred enighed om at være enig i.

Fysikken er en så god beskrivelse af virkeligheden (som den er) som det er muligt at lave



Kun x-klassen skiller sig lidt ud ved en lidt højere grad af uenighed end de to andre klasser. Hvis man sammenligner med udsagnene i starten af 1.g er der sket et stort skred. Dengang var knap halvdelen enige og knap halvdelen vidste ikke. Denne sidste store gruppe har alle fået en holdning til fysikken som en virkelighedsbeskrivelse. Men kommentarerne viser, at denne opfattelse for de fleste elevers vedkommende er koblet med en rimelig forestilling om fysikkens muligheder og begrænsninger:

> *Fysik er meget "sort/hvidt". Virkeligheden kan være mere "grå", med uforklarlige hændelser.*
> *Men ikke den eneste!*
> *Hvordan verden fungerer, men ikke socialt.*
> *På det fysiske plan ...*
> *Det giver en masse forklaringer som den er nu, men der vil i fremtiden sikkert blive tilføjet en del, ligesom det er blevet gjort gennem mange år.*

Der vil nok gå et langt stykke tid før vi får 100 % nøjagtige modeller, hvis vi nogensinde får det.
Alle beskrivelser af naturen er kun tilnærmelser – altså ikke helt korrekte.

Sammenfattende om elevernes forestillinger om fysik

Jeg vil konkludere at eleverne i alle tre klasser har opnået nogle realistiske og relativt komplekse forestillinger om fysikkens erkendelsesmæssige muligheder og begrænsninger.

Motivationelle forhold

Alle elever på nær tre har svaret på det åbne spørgsmål om hvorledes de har oplevet fysikundervisningen i de to år. Der tegner sig et meget overbevisende billede af tilfredse elever. Jeg har kategoriseret svarene som positive, negative og neutrale.
I x-klassen er der 23 positive og et neutralt svar.
I y-klassen er der 13 positive, 2 negative, 2 neutrale og 2 der ikke har svaret.
I z-klassen er der 11 positive, 2 negative , 5 neutrale og 1 der ikke har svaret.
De positive svar har meget forskellig karakter:

Spændende, motiverende og hyggeligt pga det meget gruppearbejde.
Meget god, varieret uden for meget tavleundervisning. Inspirerende med mange gode gruppeforløb, hvor man kan snakke, spørge og diskutere indbyrdes - afslappet; så man bliver mere rolig og koncentreret.
Det er nok det fag, der har vagt størst interesse hos mig. Det skyldes hovedsageligt min lærer og min gruppe, ved at ha' det sjovt i timerne hjælper det mig at holde på interessen.
Brændende godt, sjov, spændende fordi undervisningen overhovedet ikke har været ensformig.
Spændende, udfordrende, sjov og lærerigt.
Fysik undervisningen i gymnasiet har været positivt overraskende. Vi har lavet forholdsvis meget og vi har rent faktisk lært en masse.
Anderledes og varierende.
Lærerigt og en bedre forståelse for faget.
God, med vægt på forståelse frem for karakter mv.
Lærerige - jeg har fået bedre forståelse af ting der sker i hverdagen.
Det har været spændende – men hårdt og svært. Jeg kan godt lide at lave en masse forsøg og så udregne en masse om forsøget.
God, da den har været afvekslende, vi har fået lov til at arbejde selvstændigt.
God, men jeg synes det er svært. Den er varieret, hvilket er utroligt vigtigt.

Disse mange positive tilkendegivelser bekræfter det indtryk jeg som observatør har fået af undervisningen. Der har hos langt de fleste elever været en motivation for arbejdet som har været dybere end en umiddelbar lyst. Interesse og engagement har været båret af en kombination af faglige udfordringer og gode arbejdsformer, der har givet en god stemning i klassen.
De neutrale kommentarer lyder:

Spændende, men med mange rapporter og for meget gruppearbejde.
Anderledes undervisning.
Anderledes undervisning.
I starten synes jeg det var svært at forstå, hvilket skyldes for meget hjælp af min bedste ven. Han er ikke på holdet længere hvilket har givet mig mulighed for at tænke selv og afprøve min egen viden, det er derfor blevet meget lettere.
Meget svingende. Nogle gange er det utroligt interessant og andre gange ret kedeligt.
Meget svingende.
Meget eksperimenterende.
Svingende.

De negative lyder:

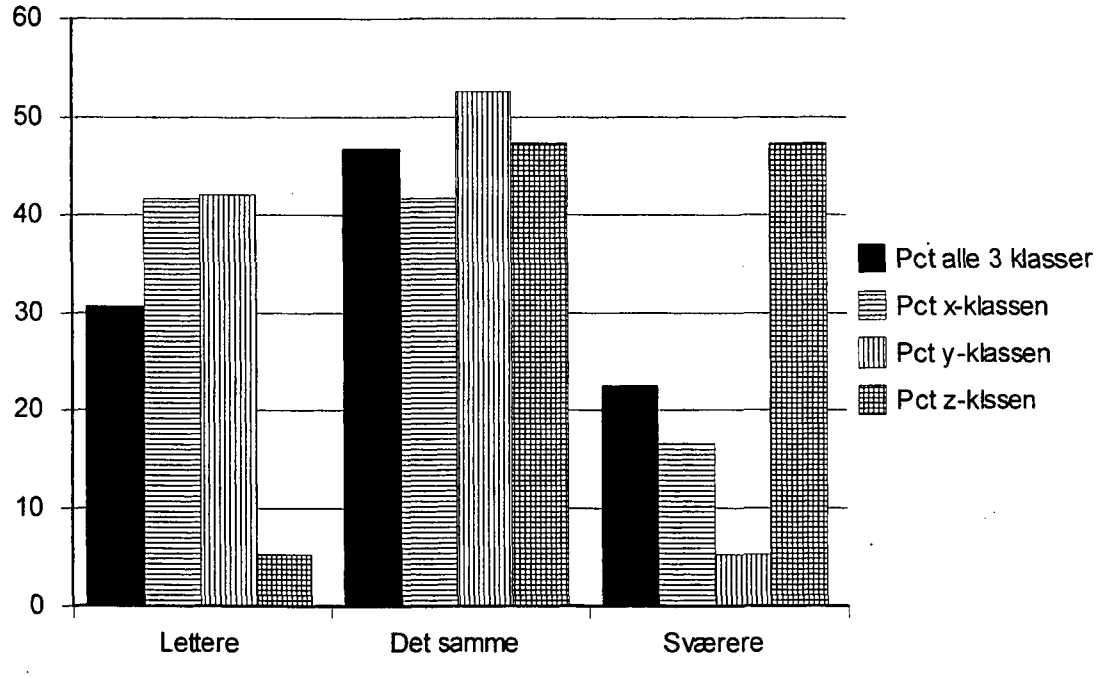
Triviel.
Lidt kedelig.
Forvirret, ustruktureret, til tider uforståelig.
Jeg vil mene at den har været lidt for afslappet! og at læreren ikke har evnen til at få os til at lave lektier! -> altid.

Sværhedsgrad

Kun godt 20 % af eleverne i de tre klasser oplever fysik sværere end andre fag. For knap halvdelen er det det samme og for knap en tredjedel er det lettere. At eleverne har ikke har opfattet fysik som sværere end andre fag har sikkert bidraget til den positive opfattelse af faget.
I dette generelle mønster skiller z-klassen sig dog markant ud ved at knap halvdelen af klassens elever finder fysik sværere end de andre fag og kun 5 % finder der lettere. Dette hænger utvivlsom sammen med at kravene til matematisk beherskelse af fysikken har været størst i z-klassen, men også elevernes baggrund kan have haft indflydelse herpå (høj gymnasiefrekvens i området kan betyde at flere fagligt svage elever kommer i gymnasiet).

Flere fra x-klassen end fra y-klassen opfatter fysik som sværere end andre fag. Dette kan tolkes som et resultat af lærer Ys almenpædagogiske undervisningsposition, der netop har haft som hensigt at styrke elevernes selvværd og følelse af at kunne magte faget.

Opfatter du fysik som let eller svært i forhold til dine øvrige fag?



Der er en række kommentarer til sværhedsgraden:

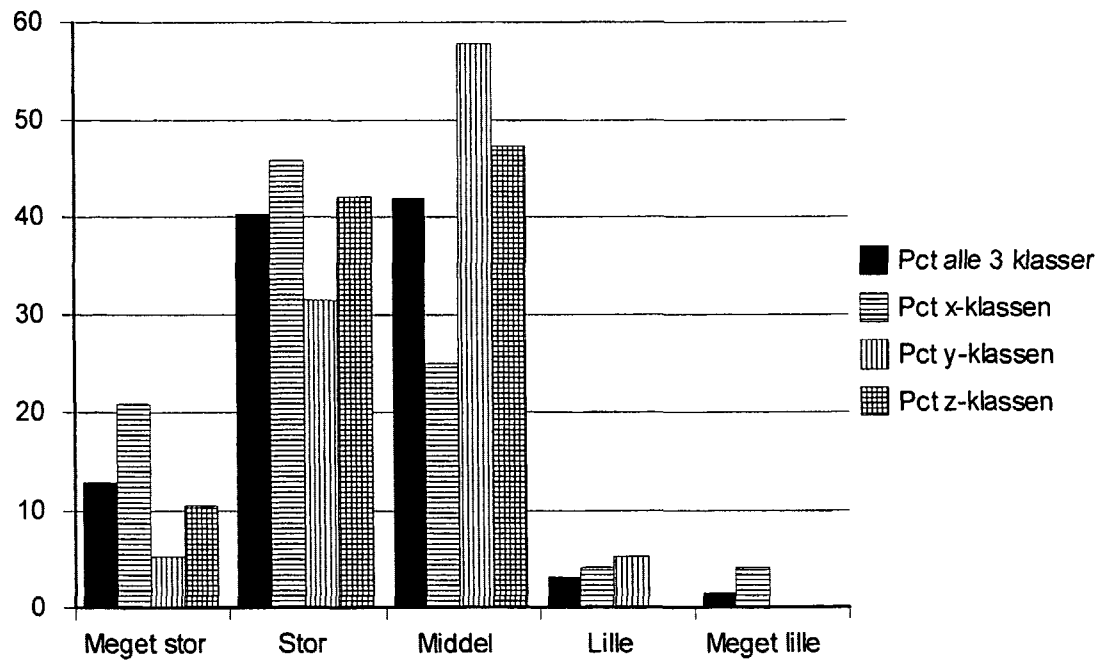
> *Når det kommer til fysik og mat føler jeg at jeg er nødt til at sætte mig mere ind i tingene og lave mere for at forstå det - Det er mere spændende, men langt mere arbejdskrævende.*
> *Det er ikke sværere end andre fag men jeg ville nok foretrække fysik fremfor matematik - fordi matematik kan være lidt "tørt" en gang imellem.*
> *Jeg får de bedste karakterer i fysik. Men det er blevet sværere i 2g eller også er det fordi der er så meget man skal ha' så man ikke bliver sat ind i tingene ordentligt.*
> *Lettere fordi det er noget jeg kan lide, selvom det kan blive svært så er det alligevel godt.*

Fordi den arbejdsform som vi bruger gør at tingene er lettere at forstå.
Man skal tænke mere over tingene.
Jeg har sværere ved at sætte mig ned og læse en masse og huske det! man da vi også laver forsøg gør det faget nemmere!
Det meste fysik kræver en logisk tankegang og en evne til at se en sammenhæng.
Fysik er lettere end andre mat-nat fag, men sværere end sproglige fag.

Hvad er sværest?

I x-klassen nævner de fleste (12 elever) konkrete emner og det hyppigst nævnte er kernefysik. 6 elever nævner faglige aspekter: 3 rapportskrivning og 2 teoretisk forståelse.
I y-klassen nævner 6 konkrete emner, mest ellære, og 2 faglige aspekter (rapportskrivning og teori).
I z-klassen nævner 9 konkrete emner, flest solceller (som var et fagligt meget ambitiøst forløb). 8 har det sværest med faglige aspekter, heraf 4 med matematikken ("en masse svære udregninger") og 2 med opgaveregning. To nævner pædagogiske problemer.

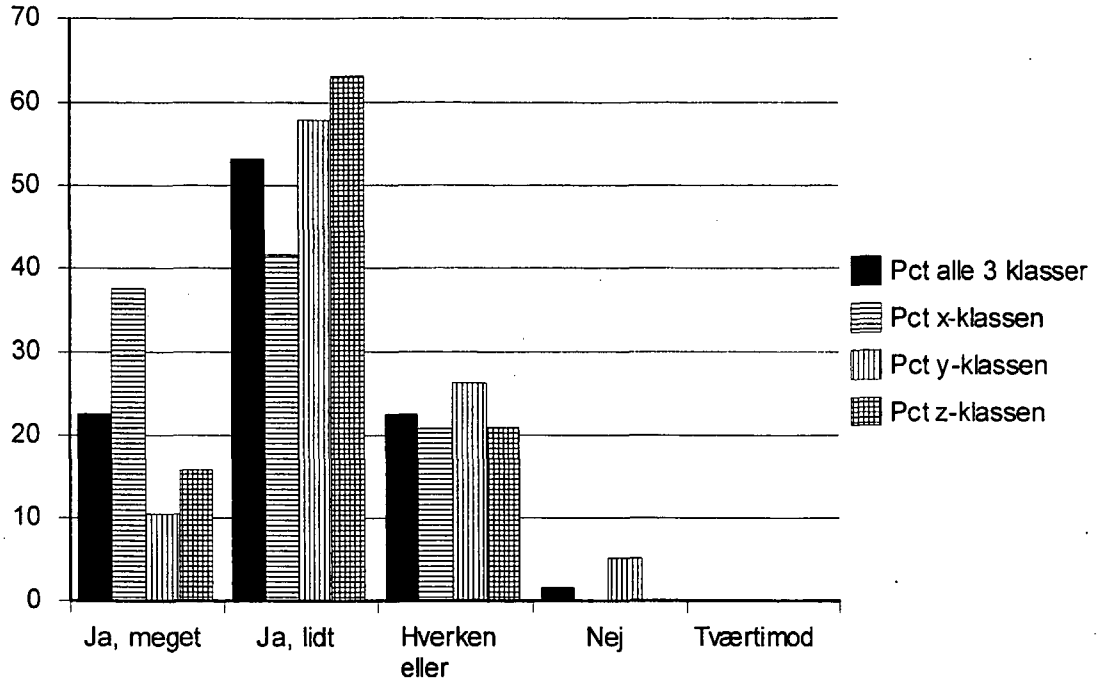
Hvordan er dit engagement og din lyst til fysik på nuværende tidspunkt?



Figuren viser jo en stor positiv motivation for at arbejde med fysik. Kun 5 % har lille eller meget lille engagement i fysik, og over 50 % har stort eller meget stort engagement. Billedet er meget positivt for alle klasser selv om x-klassen igen skiller sig ud med 2/3 over middel (men til gengæld også 10 % under middel).

Samme mønster går igen når spørgsmålet er om fysikundervisningen har fremmet elevernes interesse for naturvidenskab i al almindelighed:

Har fysikundervisningen i de 2 år fremmet din interesse for naturvidenskab?

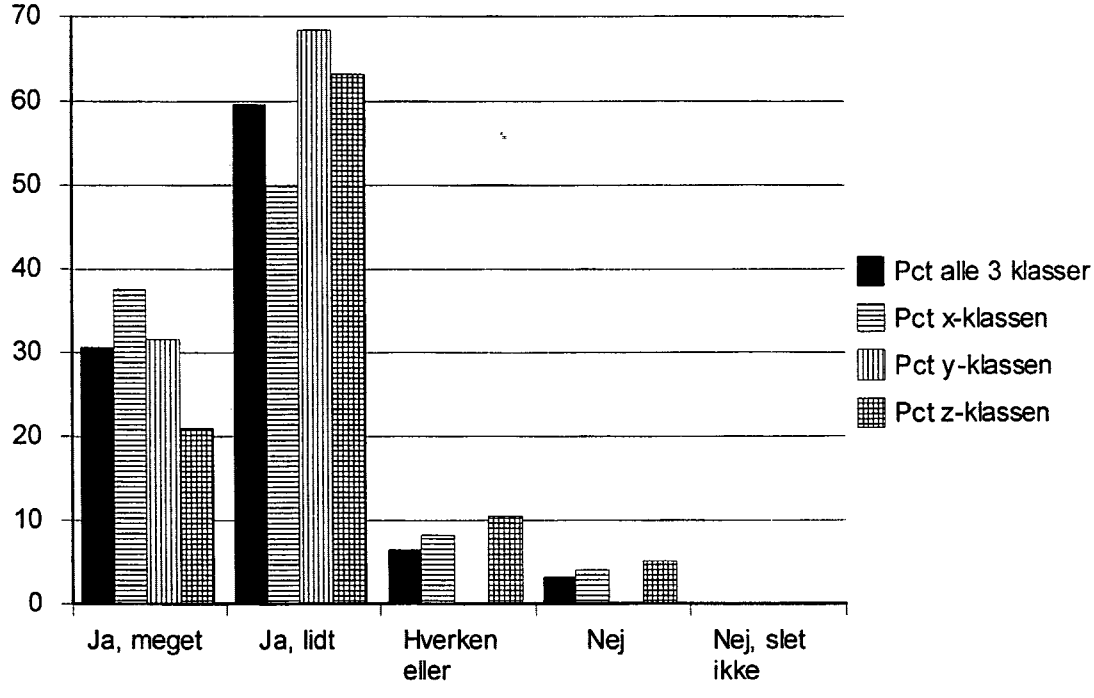


Praktisk taget ingen har fået mindsket interessen for naturvidenskab, og for langt de flestes vedkommende gælder det at de har fået øget den! For knap 40 % af x-klassens elevers vedkommende endda meget.
Kommentarerne vidner også om interesse og engagement:

Højniveau nu!! Og en uge på Kopernikursus i sommerferien!
Mest her det sidste år fordi de matematiske ting jeg har lært kan kobles sammen med fysik og det giver et større helhedsbillede.
Min interesse har ikke ændret sig, da jeg altid har haft en stor interesse for naturvidenskab.
Det får mig til at få mere lyst til at lære om naturvidenskab i fremtiden.
I starten kunne jeg ikke lide fysik, hvilket har ændret sig drastisk.
Solceller virker utrolig spændende.
Problemer kan løses med logik, man ser tingene på en anden måde.

Engagementet skyldes i vid udstrækning det indhold, der er arbejdet med i timerne:

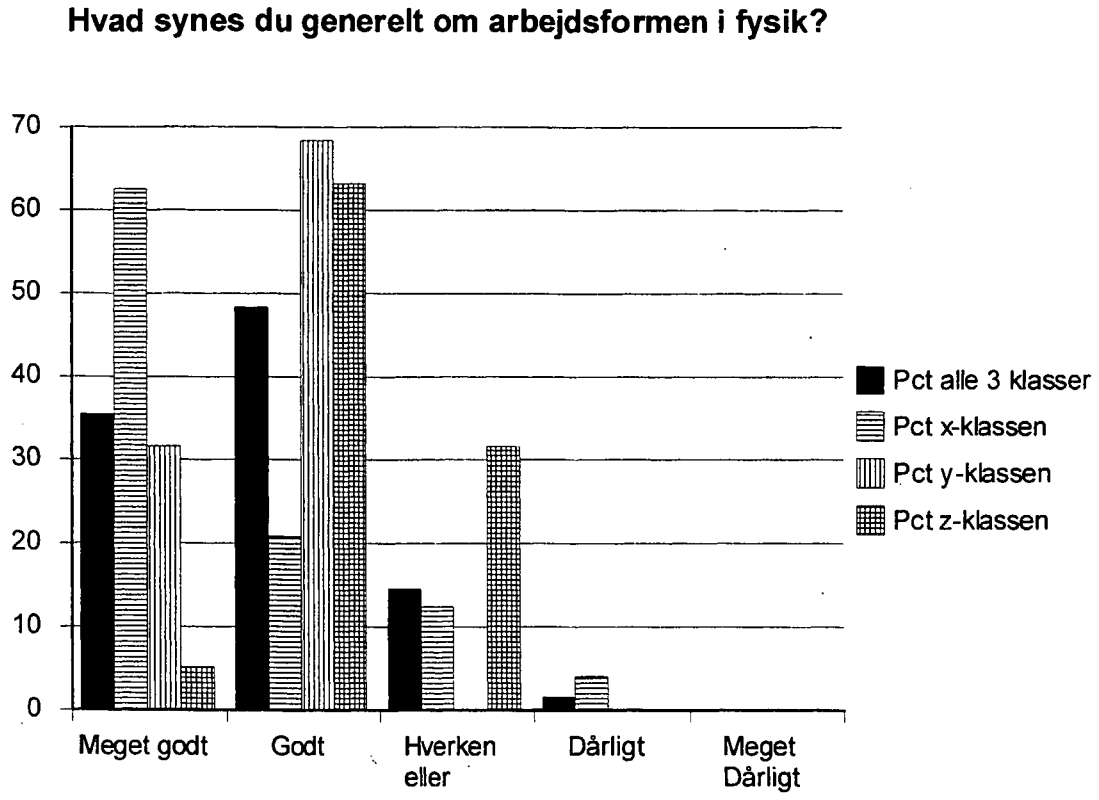
Opfatter du det I har arbejdet med i fysik som alt i alt vedkommende?



Kommentarer:

> *Undervisningen tager udgangspunkt i noget håndgribeligt og kobler derefter teorien på - ofte kan man relatere fysikken til noget bekendt.*
> *Jeg har fået en bedre forståelse for tingene i mine omgivelser.*
> *Ja, jeg synes at meget som vi har arbejdet med er noget som jeg kan bruge i "hverdagen" eller livet!*
> *Fysik er et interessefag. Noget af det vi har gennemgået er et billede af virkeligheden som vi aldrig lægger mærke til i hverdagen.*
> *Meget kommer man ikke til at bruge, men giver en større helhed.*

Nogle synes de har lært noget de direkte kan bruge i deres hverdag, andre har fået en bedre forståelse for deres omgivelser og atter andre mener ikke de kan bruge det lærte til noget direkte, men at det alligevel tilføjer en nyttig dimension til tilværelsen.
Det store engagement i fysik og den øgede interesse for naturvidenskab kan også tilskrives arbejdsformen i klasserne og det gode klassemiljø:



Også her er det et tydeligt mønster der tegner sig, understøttet af kommentarer som:

> *Det er genialt med gruppearbejde da man lærer af at forklare andre de ting man selv har forstået, og som de ikke har forstået. Man bliver gode til at arbejde sammen, hjælper hinanden og lærer af hinanden.*
> *Generelt synes jeg at der er alt for lidt tavleundervisning. Det kunne jo fremme en del af elevernes forståelse med mere tavleundervisning.*
> *Timerne er velforberedte og godt organiserede så det ikke bliver en sovetime men det er også forskelligt hvor meget de forskellige lærere lægger i det. (vores lærer) serverer tingene på et sølvfad og gør det let når hun underviser.*
> *Det at vi arbejder selv gør at vi får mere ud af undervisningen end vi ville få hvis det var ren tavleundervisning.*
> *Når vi bliver delt i grupper og prøver at laver opgaver eller rapport er det mest spændende, fordi det lader os at undersøge og beregne nogen ting som vi ikke kendte i forvejen.*
> *Nogle gange for meget gruppearbejde, idet jeg synes at jeg lærer mere, når det gennemgås på tavlen.*

Gruppearbejde udgjorde en bærende arbejdsform i x- og y-klasserne, og selv om der var enkelte elever der gerne ville have mere traditionel klasseundervisning, var langt de fleste meget tilfredse med arbejdsformen.

Andre forhold

Af andre forhold blev eleverne spurgt om de havde forslag til forbedringer af fysikundervisningen, om deres læringsopfattelse og om deres planer efter studentereksamen.
De fleste havde ingen forslag til forbedringer, men de der havde efterlyst tavleundervisning foreslog naturligt nok mere af det. Et par få (kommende højniveau drenge) foreslog mere teori og der blev foreslået mere ny fysikvidenskab.
Jeg vil ikke gennemgå deres læringsopfattelse.
I x-klassen havde 10 elever faste planer for hvad de ville lave efter studentereksamen, og for de 8's vedkommende indebar det viderestudier inden for det naturvidenskabelige område (flest DTU). Dette kan næppe udelukkende tilskrives fysikundervisningen. Selv om det var den klasse hvor eleverne udtrykte størst engagement i fysik og størst interesse for naturvidenskab, skal det med i billedet at en del elever allerede i starten af 1.g havde udtrykt interesse for naturvidenskab. Men denne interesse var i hvert fald holdt vedlige eller øget. Af de resterende elever i x-klassen havde 4 løse planer (evt. læse til statsautoriseret revisor, måske starte på en ingenøruddannelse), 7 ville have et sabbatår og 5 vidste ikke hvad de ville.
I y-klassen havde 6 elever faste planer og heraf 5 inden for naturvidenskab (de fleste på DTU). 3 havde løse planer (universitetet, at læse videre måske til datalog), 4 ville tage sabbatår og 7 vidste ikke hvad de ville.
I z-klassen havde 10 elever faste planer og ingen inden for naturvidenskab (dog tæt på: veterinær, medicin; ellers: jura, arkitektur, ejendomsmægler). Det skal dog nævnes at tre elever gik fra 1.g over i 2.g fysik højniveau pakkehold og derfor ikke indgår i den afsluttende spørgeskemaundersøgelse. Dette forhold har sandsynligvis også haft en vis indflydelse på z-klassens gennemsnitsscore på andre spørgsmål. 4 havde løse planer (måske ingenør eller arkitekt, enten noget med biologi eller matematik), 2 ville tage et sabbat år og 4 havde ingen planer.

Kønsaspekter

Fysik er et af de fag i gymnasiet der er kendt for at have store kønsforskelle med hensyn til engagement og valg af højniveau. Generelt er piger mindre interesseret i fysik end drenge. Nogle af de første der fremhævede disse kønsspecifikke forhold i fysik var gruppen bag rapporten *Piger & Fysik*, som allerede i 1988 konstaterede:

... at pigerne i sammenligning med drengene:

1. *klarer sig dårligere i dette fag ved tests og eksaminer,*
2. *interesserer sig mindre for faget, ja, til tider har negative følelser forbundet hermed, og*
3. *i højere grad fravælger fysik, hvor det kan lade sig gøre.*

Den samlede virkning heraf er, at fysik formodentlig er det skolefag, som i højeste grad virker kønspolariserende!
(Beyer, Blegaa, Olsen, Reich, & Vedelsby, 1988)(s. 11)

Dette gælder også i folkeskolen, hvor Ayoe Hoffs undersøgelse af TIMSS materialet konkluderer

For det første gælder, at der generelt er en større andel af drenge end af piger, der kan lide at lære om fysik/kemi. (Hoff 2001, s. 18)

Dette mønster forstærkes i det almene gymnasium. Selv om mange af de drenge, der har en eksplicit formuleret interesse for naturvidenskab, har valgt htx, er det stadig drengene der dominerer arenaen i traditionelle fysikklasser, og det er drengene der vælger fysik på højniveau. I skoleåret 2000/2001 var således knap 30 % af eleverne på højniveau fysik piger[1], mens pigerne udgjorde 48 % af eleverne på matematisk linie[2]. Pigerne klarede sig heller ikke så godt ved eksamen, som drengene gjorde. De fik i snit 0,8 karakterpoint lavere end drengene[3]. Dette er sikkert en medvirkende grund til den lave andel piger i højniveaufysik. Som en pige udtrykte det i et interview i starten af 1.g, da hun blev spurgt om hun havde planer om at vælge fysik højniveau i 3.g:

Nej! Som det går nu vil jeg ikke kunne klare mig i 2.g. det er spændende nok, men jeg vil godt have et godt gennemsnit

Disse kønsforskelle kan ikke genfindes i de tre klasser. Tværtimod. Tabellerne på følgende side krydser køn med holdning til arbejdsform, engagement, interesse og vedkommenhed.

Det eneste område hvor der er kønsforskelle er i holdning til arbejdsformen. Her er der større tilfredshed blandt pigerne end blandt drengene. På alle andre områder har drenge og piger samme holdning – hvilket vil sige at pigerne i de tre klasser er relativt mere engagerede osv. end pigerne i andre fysikklasser.

[1] Materiale tilsendt censorkorpset i skriftlig fysik i det almene gymnasium.
[2] Dette tal er fra skoleåret 1997/98, som er de nyeste tal tilgængelige på www.uvm.dk/pub/1998/noegletal. Pigeandelen har været svagt stigende siden.
[3] Samme materiale som note 1. Der er den yderligere pointe, at pigerne klarer sig relativt dårligere i de opgaver, der anses for sværest (dvs. de sidste delspørgsmål i opgaverne, der typisk kræver større matematisk beredskab og abstraktionsevne).

køn counts %rows	Hvad synes du om arbejdsformen? Meget godt	Godt	Hverken eller	Dårligt	Total
d	6 21%	16 55%	6 21%	1 3%	29
p	16 48%	14 42%	3 9%	0 0%	33
Total	22 35%	30 48%	9 15%	1 2%	62

(hvad synes du generelt om arbejdsformen i fysik?)

køn counts %rows	engagement Meget stor	Stor	Middel	Lille	Meget lille	Total
d	4 14%	14 48%	9 31%	1 3%	1 3%	29
p	4 12%	11 33%	17 52%	1 3%	0 0%	33
Total	8 13%	25 40%	26 42%	2 3%	1 2%	62

(Hvordan er dit engagement og din lyst til fysik på nuværende tidspunkt?)

køn counts %rows	Fremmet interessen? Ja, meget	Ja, lidt	Hverken eller	Nej	Total
d	7 24%	16 55%	5 17%	1 3%	29
p	7 21%	17 52%	9 27%	0 0%	33
Total	14 23%	33 53%	14 23%	1 2%	62

(Har fysikundervisningen i de 2 år fremmet din interesse for naturvidenskab?)

køn counts %rows	Vedkommende Ja, meget	Ja, lidt	Hverken eller	Nej	Total
d	9 31%	16 55%	3 10%	1 3%	29
p	10 30%	21 64%	1 3%	1 3%	33
Total	19 31%	37 60%	4 6%	2 3%	62

(opfatter du det I har arbejdet med i fysik som alt i alt vedkommende?)

At det netop er arbejdsformen der værdsættes mest af pigerne er ikke overraskende. En række undersøgelser viser at netop undervisning som giver plads til personlig meningssættelse, samtale og dagligdagsrelatering i højere grad aktiverer og engagerer piger. Tordis Broch og Niels Egelund refererer danske undersøgelser som viser, at det betyder mere for piger end for drenge at de kan se den direkte anvendelsesværdi af undervisningen, og fortsætter

En lignende tendens kan tænkes at være gældende i vores materiale, idet det netop er blandt nogle af drengene vi har set eksempler på elever, der synes undervisningen er interessant og spændende, selv om de ikke umiddelbart kan se, hvad de kan bruge den til.
(Broch & Egelund, 2001)(s. 98)
(Stadler, Benke, & Duit, 1999) konkluderer på baggrund af andres og deres egne studier af drenge og pigers holdninger til fysik, at

- piger er mere procesorienterede end drenge, der er mere produktorienterede,
- piger relaterer fysik til deres hverdagsviden (bruger hverdagssprog), mens drenge mere relaterer til fysikkens kontekst (anvender naturvidenskabens sprog)
- piger søger efter fysikkens relevans uden for faget, mens drenge accepterer fysik og teknologi for deres egen skyld.

Undervisningen i de tre klasser må siges at have tilgodeset disse specifikke pigetilgange til fysik. Dette har da også resulteret i de viste positive holdninger til fysik i de tre klasser samt i at flere piger valgte højniveau end normalt. Mest markant i x-klassen hvor 11 valgte højniveaufysik og heraf 6 piger.

Opsummering

Spørgskemaundersøgelsen giver et billede af hvorledes eleverne i de tre klasser har oplevet undervisningen i fysik, som den har været formet af arbejdet med autentisk fysik, og nogle aspekter af de spor undervisningen har sat i eleverne.
Overordnet set må det siges at være et meget positivt billede. Eleverne har gennem undervisningen udviklet hvad der synes at være nogle realistiske og velafbalancerede forestillinger om fysikkens natur. De har været særdeles tilfredse med undervisningens form og indhold, hvilket har været medvirkende til at øge deres engagement i fysikken og i naturvidenskabelige problemstillinger generelt.
Der er nævnt forskelle mellem de tre klasser som diskuteres yderligere i opsummeringen.

Elevinterview

Efter at undervisningen var slut gruppeinterviewede jeg udvalgte elever fra de tre klasser. Grupperne var udvalgt så de tematiserede forskellige problemstillinger som jeg aftalte med de respektive klassers lærere og som vi anså som specielt interessante for dén klasse. Dette betyder naturligvis ikke at disse forhold og holdninger ikke kunne findes i alle tre klasser.

I *x-klassen* var der en meget stor andel af eleverne som valgte fysik på højniveau. Nogle af disse (blandt drengene) havde ved starten af 1.g udtalt interesse for fysik (uden dog at have besluttet sig for at ville vælge fysik højniveau), men de fleste havde fundet interesse for fysikken gennem de to års undervisning. Det drejede sig dels om en gruppe drenge som man nok venligt kunne kalde "nørdede". De var indfanget af matematikken og fascinerede af fysikkens faglige udfordringer. De repræsenterer en gruppe elever der nok altid har været og vil være i gymnasiet, og hvis interesse for fysik det er svært at dræbe, men som ikke længere automatisk vælger højniveau fysik. Dels var der tale om en gruppe piger, som udelukkende valgte højniveau på grund af den undervisning, de havde været igennem. De kunne lide arbejdsformen og den relevans de syntes fysikken havde for dem.
Y-klassen var den klasse der arbejdede mest projektorienteret og som i høj grad blev inddraget i planlægningen af undervisningen. Denne undersøgende, søgende og ansvarliggørende arbejdsform tiltalte mange og gav rum til eftertænksomhed og forfølgelse af individuelle interesser. Her interviewede jeg fire piger, som ikke havde haft gode oplevelser med naturvidenskab i folkeskolen og som man ikke ville opfatte som potentielt fysikinteresserede (og det ville de heller ikke selv ifølge egne udsagn), men som havde fundet sig tilrette i y-klassens fysikundervisning.
Z-klassen var meget sammensat. Der var elever med meget forskellige holdninger til fysik ved starten af gymnasiet og med meget forskellige opfattelser af hvad de forstod ved god undervisning. Der var mange individualister og ikke så stor vilje til at indordne sig under fælles (eller lærerens) beslutninger. Det betød at der var flere konflikter om undervisningen, hvilket på den anden side også gav anledning til mange overvejelser over både pædagogisk tilrettelæggelse og fagligt indhold. Vi valgte nogle elever ud som havde holdninger til fysikundervisningens erkendelsesmæssige og personlighedsudviklende aspekter og om dens pædagogiske tilrettelæggelse.

X-klassen: Højniveau af forskellige grunde

Her interviewes ni af de tolv elever, der havde valgt højniveaufysik (én sprang dog fra i begyndelsen af 3.g). Der samles op på alle interviewene efter det sidste.

Interview med Bue, Jacob og Kasper

Hvordan oplevede I de 2 år, og hvorfor vil I godt have det på højt niveau?

***Bue**: Fordi det er et spændende fag, det var det også i folkeskolen. Det er blevet mere spændende, også fordi det bliver mere teoretisk i gymnasiet. Det savnede jeg i folkeskolen. Man fik aldrig indblik i hvordan tingene hang sammen. Naturlig interesse i det. Jeg bryder mig ikke om at sidde med noget og sige, det her det virker, men ikke have nogen ide om hvorfor det virker. Medfødt nysgerrighed.*
***Kasper**: Jeg tog fysik, fordi jeg ikke vidste, hvad jeg ellers skulle tage. Jeg tog efter de fag, der interesserede mig mest, matematik bl.a. Ikke i forhold til hvad jeg skal bruge senere, jeg ved ikke hvad jeg vil være. Kun ud fra hvad der interesserer mig.*
Jacob: Jeg har taget det bl.a. fordi jeg skal ud på DTU efter gymnasiet. Jeg hadede fysik i folkeskolen, og var dårlig til det. Men det sjove ved fysik i gymnasiet er at det er blevet mere matematisk, man ser hvordan man forenkler virkeligheden og oversætter den til matematik. Det giver en hel masse muligheder. Det er spændende.

Hvad har I ellers valgt på højt niveau?
***Alle 3**: Matematik*

***Kasper**: Som Jacob siger er det ikke forsøgene der er sjove. Det er den forenklede beskrivelse af det. Det har været godt ved fysik i gymnasiet. Man kan sige mange ting præcist om en begivenhed uden at have set den, kun ved hjælp af logisk tænkning. Vi får formlerne, men det er fascinerende at man derfra selv kan tænke sig hele vejen igennem.*
Især det med kræfter og vektorer. Før vi blev introduceret til kræfter og vektorer, var det svært at forestille sig, at en klods som var påvirket forskellige kræfter i alle mulige retninger, hvad der skulle ske med den. Det kan man jo meget nemt med vektorer.
***Bue**: Jeg ser på min dagligdag på en anden måde. Min lillesøster brokker sig over noget – hvorfor er den så langsom – eller noget andet, så kan man sige, at den har i virkeligheden nok svært ved at være hurtigere, medmindre man gik over til en anden teknologi. Hvis man forestillede sig, hvordan dagligdagen fungerer, fordi vi er jo omgivet af alle de her fysiske begreber, vi arbejder med hele tiden.*

I var alle sammen kede af undervisningen i folkeskolen. Har undervisningen i gymnasiet fremmet interessen?
***Kasper**: Jeg var ikke ked af det, der skete i folkeskolen, men det var både fysik og kemi som et fag, og det er klart bedre, at de er adskilt. Fysik i gymnasiet er meget mere spændende, det kommer meget an på emnet. Nogle emner er kedelige, fx kernekraft. Det vi har nu, bevægelse og kraft, kan jeg godt lide. Også det med bølger. Det er spændende, når ens øje ikke opfatter lys. Kun nogen bølgelængder.*
***Jacob**: I starten af gymnasiet var jeg stensikker på, at jeg skulle have højniveau i matematik. Jeg blev lidt usikker undervejs. Men til sidste endte det med, at jeg holdt fast i den beslutning. Jeg havde mine tvivl med fysik, fordi det havde været lidt en ørkenvandring i folkeskolen, jeg havde haft interessen, men den var på en måde blive aflivet, fordi man skulle*

have hele klassen med og det var lidt med at du kan regne volt ud på den her måde, men hvorfor? Nu tager jeg både matematik og fysik.
***Kasper**: Det har det også båret præg af i 1.g., at hele klassen skulle være med, men det ændrer sig nok markant.*
***Bue**: Det har det også gjort i år, både nu hvor vi har valgt, men også at vi kan løse opgaverne på flere forskellige niveauer.*

I har fået et ark med flere forskellige typer opgaver at vælge imellem?
***Bue**: Ja, og fordi på højniveauholdet[1] kan vi integrere i hånden. Det giver også en anden dimension. De andre tager bare lommeregneren frem med det samme.*
Man finder sin egen sværhedsgrad. Men jeg har været glad for [lærerens] måde at undervise på, og jeg havde ikke fået de samme resultater med en traditionel undervisningsform. Jeg havde nok taget fysik på højniveau alligevel, tror jeg. Det har været spændende hele tiden. Men jeg har været utrolig glad for [læreren] som lærer.
***Jacob**: Min interesse for matematik og fysik er først kommet i gymnasiet. I folkeskolen tænkte man slet ikke i de baner. At skolen egentlig kunne være sjov. Her i gymnasiet er det blevet fedt.*

Hvilke emner var mest spændende, hvilke mest kedelige?
***Jacob**: Jeg synes, at det med brintatomet kan næsten være lige meget. Fordi et atom ud af mange .. det havde jeg lidt svært ved at tage alvorligt. Kernekraft, kernefysik – det var dræbende.*
***Kasper**: Vi kan godt blive enige om at det med atomfysik og kerne – det har været ret kedeligt.*

Der var noget med at I var inde og se et teaterstykke?[2]
***Jacob**: For fysikken betød det ikke så meget.*
***Bue**: Alligevel gav det nogle ideer om, hvordan sådan en teori bliver til. Der var noget fysik, hvor de diskuterede lidt om matrixmekanikken, men det var mere på et filosofisk plan.*

Hvis I skulle lave en ideel undervisningsform i fysik, hvordan skulle den så være?
***Bue**: Den vi har nu ... der er for lidt teoretisk tavleundervisning.*
***Kasper**: Det er lagt for meget ud til den enkelte. Det gør, at nogen ikke kan gennemskue det, så kommer [læreren] ind og siger, prøv at se, når du betragter det sådan her. Nå, ja .. man får aldrig den der ide selv, og man bliver hjulpet for meget igennem, hvis ikke man selv er der med det samme. Det er fint nok, hvis du ikke skal have det på højt niveau, men*

[1] I forårssemestret i 2.g blev klassen delt i to hold: de, der havde valgt højniveaufysik, og de, der ikke havde. Undervisningen blev således i en vis udstrækning niveaudelt og tilpasset elevernes ønsker og behov.
[2] Stykket *København*

for dem, der vakler lidt, er det farligt. Jeg kunne godt bruge lidt mere matematikpræget undervisning, hvor man får beviser eller gennemgange på tavlen.
***Jacob**: Ja, det siger hun, vi selv skal læse, og det er der mange der godt kan, men mange kan ikke. I hvert fald savner jeg, at hun introducerer et begreb på tavlen for hele klassen i stedet for at introducere det på et ark. Så kunne hun derefter give os arket, fordi det er også godt at man har en enkel definition af nogle begreber på et ark, som man kan læse. Hun skulle introducere begreberne og så måske regne nogle eksempler ud på tavlen.*
***Bue**: Det koncept hun kører med at man får et ark, det synes jeg også er rigtig godt, men jeg synes ligesom Kasper, at det kan være lidt farligt. Lidt mere gammeldags terpet introduktion til emnet, hvor alle følger med, derfra kan man lægge det ud til den enkelte. Sørge for at alle kommer med fra starten.*
***Jacob**: De gange, hun har gjort det, har hun været skidegod til det. Alle har forstået det. Dyb koncentration. Det kan blive lidt anarkistisk i de der arbejd-selv grupper.*

Det er ret krævende?
***Alle**: Ja.*

Det eksperimentelle var kedeligt, synes I?
***Bue**: Ja, fordi konklusionerne på sådan et forsøg plejer at være at det blev ekstremt upræcist.*
***Jacob**: Der mangler de rigtige instrumenter.*
***Bue**: Hvis man er forsker i en doktorgrad, har man vel dyrt forsøgsudstyr. Vi har et eller andet .. Fx vores forsøg med et hop. Vi får sådan en strimmel bundet på halen og så skal vi hoppe og så skal vi måle. Det er sgu da dødssygt.*
Det ender bare altid med at være vildt besværligt .. grafer over strækninger over fart .. vi skal måle på hver enkelt prik fremfor på hver 10. prik. Principielt kunne man have droppet det andet og have lavet det helt præcist fra starten. Meget af det virker som arbejde for arbejdets skyld. Man noterer uden at kunne bruge det til noget.

Hvad med at have 3 timer i træk?
***Kasper**: Det er elendigt. De skulle være delt ud på to dage, fx to timer en fredag og en time tirsdag el. lign.*
Vi havde det også i 1.g. det holder ikke.
***Jacob**: Jeg har et lidt ambivalent forhold til det – nogen gange fungerer det fint, andre gange ad helvede til.*
***Bue**: Principielt er det fint med 3 timer i et fag som fysik/kemi. Så får man mulighed for at lave nogle af de ting, man ikke kan på 45 min. Som vi havde i biologi sidste år. Man skulle lave et omfattende forsøg på 3 kvarter, så havde man to gange på en uge, og det er svært at sætte sig ind i det hele igen. Jeg synes det er godt at have 3 timer, men nogle gange ville det have været bedre for mig at have 2 timer en dag og 1 time en anden dag. Men det*

kommer meget an på hvor meget energi jeg har tilbage om fredagen. Hvis jeg ikke er ovenpå, kan det være svært at koncentrere sig, så vinker weekenden..
***Kasper**: Man mister det daglige dryp, når vi kun har det en gang om ugen. Til gengæld får vi virkelig tid til at fordybe os meget i fysik, så når vi gennemarbejder nogle opgaver, har vi tid til at få [læreren] til at forklare os det. Det er en fordel med ro på det.*
***Jacob**: Det er eleverne der bestemmer, om det er godt med de 3 timer. Det kommer an på, hvordan klassen er som arbejdsenhed den dag. Hvis vi har kedet os de 3 første timer, kan det være svært, også for [læreren]. På den anden side er det også smart at vi arbejder i de der grupper, fordi så kan man sætte sig sammen – har du tænkt dig at lave noget, kan man sætte sig sammen med folk, der laver noget, ellers kan man tage den mindre seriøse linie.*

I tager i høj grad højniveau på grund af matematikken?
***Bue**: Ja. Fysik er først rigtig sjovt, når der er masser af matematik.*
***Jacob**: For mit vedkommende bliver fysik først rigtigt interessant, når man kommer ud over – i 1.g. brugte vi mest de elementære regnearter, vi kom aldrig ud over gange og dividere. Det bliver først rigtig sjovt, når det bliver lidt mere indviklet, når man kan beskrive nogen anderledes ting, end hvor hurtigt smelter en isterning, eller hvor meget varme skal den have før den bliver så og så lille ..*
Det bliver først interessant, når man kan hæve sig lidt over det, og så er matematik altså en naturlig del af det, fordi den må være mere avanceret, hvis man skal beskrive mere avancerede fænomener.
***Kasper**: Fysikkens matematik er lige i halen på den matematik vi lavede i matematiktimerne–*
***Jacob**: De supplerer hinanden godt.*

I har også brugt meget graflommeregner. Det er I også ret gode til.
***Kasper**: Det jeg bruger det mest til er regression, det er også et godt værktøj.*
***Bue**: På den anden side er der folk i klassen, der bruger den mere end vi gør.*
***Kasper**: Folk som er interesserede i matematik vil selvfølgelig gerne differentiere og integrere, prøve at lave så meget som muligt med håndkraft. Det giver også en bedre forståelse. Nogen er mere tilbøjelige til at gribe til lommeregneren med det samme.*

Interview med Jesper og Rasmus

Hvorfor har I valgt højniveau fysik? I det hele taget jeres holdning til fysik?
***Rasmus**: Det er sjovt. Det giver en bredere forståelse af, hvordan verden ser ud. Der er også meget matematik med i det.*

***Jesper**: Det har fascineret mig siden folkeskolen. Teori. I gymnasiet får man mere at vide om det, en lidt anden form. Forsøg. Fordi jeg skal bruge det senere. Læse videre til ingeniør.*
***Rasmus**: Jeg tager også samme retning.*

Hvad siger I til selve undervisningsformen?
***Rasmus**: Der er lidt for meget gruppearbejde, lidt mere teori.*
***Jesper**: Mere tavleundervisning. Meget af teorien skal vi selv opdage – det er også fint nok, men nogle gange kunne det være fedt at få det hele gennemgået på tavlen. Det er sjældent at vi gør det.*

Hvad med de 3 timer i træk?
***Jesper**: Det er til gengæld rigtig godt.*
***Rasmus**: Det ligger fredag eftermiddag. De 3 sidste timer ...*
***Jesper**: ... det kan godt være lidt svært at koncentrere sig. Det er så igen ens egen skyld. ... 2 timer, hvor man måske kunne have noget eksperimentelt. 1 time, hvor man kunne samle det hele op. 3 timer er måske lige i overkanten.*
***Rasmus**: Jeg synes det er rart at have noget sammenhæng. Hvis man kun har en enkelt time, så bliver det meget opdelt. Brudt op.*

Interview med Amelia (a1), Japta (a2) , Amina (a3)

Hvad synes I om fysik, hvorfor har I valgt højniveau?
***a1**: Fordi vi har en god lærer, fysik er spændende, jeg vidste ikke hvad jeg skulle vælge.*

Hvad har du ellers valgt som højniveau?
a1: Matematik.
Hvad valgte du imellem, da du tog fysik?
a1: Højniveau – engelsk og sprog.

***a2**: Fysik, det er fedt. Sprog det er ikke lige mig. Måske kan jeg bruge det i fremtiden.*

Du har også matematik som det andet højniveau?
a2: Ja.
Havde I det alle sammen?
Alle: Ja.

***a3**: Jeg er stort set enig. Jeg har valgt fysik af 3 grunde: det er spændende, det er nemt, nemt at forstå, man kan sammenholde det med hvad der sker ude i verden rent fysisk, og*

jeg fik at vide at hvis man havde matematik på højniveau – hvilket jeg har ekstremt svært ved – og fysik på højniveau – som jeg har nemt ved - ville det udligne hinanden. Fagene støtter hinanden.
I fx kemi har vi også meget tavleundervisning. Næsten ikke andet. En gang imellem laver vi nogle forsøg. I fysik er der stort set ingen tavleundervisning hos [læreren], hvorimod vi har gruppearbejde i faste grupper – med dem vi arbejder bedst sammen med – så får vi udleveret et stykke papir med dagsordenen og hvordan vi skal konkludere os frem til tingene, og så sidder vi selv og prøver det. Så kommer [læreren] rundt og hjælper os.
***a1**: Det er mere afslappende.*

Mere afslappende. Lærer I også noget af det?
***Alle**: Meget.*
***a2**: Man sover ikke i timerne i fysik. Man arbejder.*
***a3**: Man kan på en måde selv strukturere sine pauser. Hvis samtalen kommer ind på noget andet, kan man sige, nu holder vi frikvarter nu i stedet. 10 min. efter kan man gå i gang igen og være produktiv.*

Hvad er det ved [læreren] som lærer I godt kan lide?
***a1**: Hvis jeg har svært ved at forstå læreren, har jeg også svært ved at forstå timen/faget.*
***a3**: Men i gruppearbejdet sørger man selvfølgelig for at arbejde sammen med nogen på samme niveau som en selv. Når [læreren] så kommer ned og hjælper – det har hun tid til – kan man spørge om noget som måske ligger over niveauet, måske noget helt andet, og hun gider at svare. Det er med til at give en helt anden forståelse.*
***a2**: Når hun forklarer, er det rigtig godt. Hun siger ikke bare hvad resultatet er. Det er nemmere at forstå.*

Hvordan har I det med at have 3 timer i træk?
***Alle**: Det er fedt.*
***a3**: Man skulle tro, at det var hårdt. Men de flyver af sted. I dag har vi 6 timer, og jeg har set frem til i dag.*

Da I havde om atomfysik, var I også inde og se et teaterstykke? Hvordan var det?
***a3**: Det var rigtig godt. Tværfagligt med dansk. Gav et helt andet indblik, den historiske vinkel var med. En dag sagde [læreren]: I dag skal vi lege, at vi er studerende fra 1913. Det er rigtig godt.*

Interview med Kameline og Miriam

Hvorfor har I valgt højniveaufysik? Hvad synes I om fysik i det hele taget?

***Kameline**: Fysik har været et rigtig godt forløb, fordi vi har bl.a. gruppearbejde, og vi gennemgår tingene på en anden måde end matematik el. lignende fag. Der er ikke så meget tavleundervisning. Der er mulighed for individuel hjælp i grupperne.*
Eksamensformen er også god.
***Miriam**: Det samme. Behagelig måde at arbejde på. Det er noget andet end i de andre fag. I fysik går tiden hurtigt.*

Lærer I mere eller lige så meget som ved klasseundervisning?
***Miriam**: Man får mere styr på begreberne, når man får lov til at diskutere dem i grupperne. Det er godt, at der er en anden kontakt mellem lærer og elever og eleverne iblandt, når man sidder i grupper. I stedet for når læreren står ved tavlen, hvor det tit bliver envejskommunikation. Det får man ikke lige så meget ud af.*

Hvad med fysik og øvelser. Kan I lide det?
***Kameline**: Det er godt at få en praktisk vinkel på det. Specielt i fysik, hvor der er noget at forholde sig til. Det er vigtigt at bruge det. Giver en bedre forståelse.*

Føler I også I lærer noget teori, når I laver øvelser, eller er det bare afveksling?
***Miriam**: Bedre baggrund for at forstå teorien. Du bruger også teorien, når du laver øvelserne. Man får begreberne ind på en anden måde.*

Hvilke emner har været mest spændende i fysik?
***Kameline**: Ikke nogen specielle emner*

I virkeligheden ville du kunne arbejde med hvad som helst, bare det foregår på denne måde?
***Kameline**: Ja. Det er meget hyggeligt at gå til fysik. Ikke så meget det man arbejder med.*

Opsummering x-klassen

Det er tydeligt at de fire elevgruppers glæde ved fysik har forskellig baggrund og deres krav til undervisningen også er forskellig.

De to drengegrupper består begge af elever der er fascinerede af matematikken og faget for dets egen skyld. De er dygtige til de matematiske abstraktioner og nyder de faglige udfordringer – jo sværere jo bedre. De stiller krav om faglig autenticitet (øvelser skal udføres med de rigtige instrumenter) og de accepterer de tre timer fysik i træk fordi det kræver stor selvstændighed. Nogle af dem vil gerne have mere tavleundervisning så de i højere grad kan trække på lærerens faglige kompetence, og de ville utvivlsomt også kunne følge med og få glæde af det, men kan også godt se styrken ved det meget gruppearbejde.

Disse drenge er de traditionelle, potentielle højniveauelever og også potentielle kommende studerende inden for et naturvidenskabeligt fag.

De to pigegrupper er blevet indfanget af fysikken fordi undervisningen har gjort det spændende. Det er læreren og klassemiljøet med dets muligheder for at udfolde sig i gruppearbejdets socialitet og med dets læringspotentiale der er bærende, nok så meget som det konkrete faglige indhold. Ingen af pigerne skal bruge de konkrete, faglige kvalifikationer senere. Men på grund af lærerens måde at tilrette lægge arbejdet på har de alle følelsen af at kunne følge med, de har ejerskab til det der sker i timerne. Og mærker at når de arbejder med stoffet så kan de lære det.

Y-klassen: Projektarbejde og medbestemmelse

I y-klassen interviewes fire piger som selv var interesserede i at fortælle om deres oplevelse af arbejdet. Da jeg spurgte i klassen hvem der havde lyst til at tale med mig viste mange elever interesse, og de fire blev udvalgt helt tilfældigt som de nærmeste.

Interview med Marie Louise, Mette, Katrine og Signe

Fysikundervisningen her, hvordan opfatter I den?
***Marie Louise**: Det er lidt mere frit her.*
***Mette**: Det er godt, at vi arbejder selvstændigt, at det ikke altid er tavlegennemgang. Vi lærer det gennem forsøg.*
***Katrine**: Først laver vi øvelser, derefter får vi teoretisk viden om det.*
***Signe**: Det er godt at det er i grupper.*

Det er meget arbejdsformen, I er glade for?
***Alle**: Ja.*

Hvordan opfatter I jeres indflydelse på undervisningen?
***Alle**: Den er stor.*
?: Vi må også selv bestemme, hvordan vi vil gøre det.
***Marie Louise**: Normalt får vi lov til at bestemme, hvad vi skal lave i resten af forløbet. Det er meget godt.*

Hvad betyder det for jeres motivation for faget, tror I?
***Mette**: Det er sjovere. Dem, der er mere slappe i det, har det med at falde af.*

Hvad med indholdet i fysik?

***Katrine**: Det er ret spændende. Vi har sådan om lyd, og så hører man om øret og sådan nogle ting.*
***Mette** : Meget nemt at relatere til virkeligheden. Nogen gange bliver det dog lidt kedeligt, men det er fordi jeg ikke er så meget for fysik.*

Hvad er det der er kedeligt?
***Katrine** : Der bliver for meget af det, man gennemgår den ene, den anden og den tredje slags bølger, og det er alt sammen det samme.*

***Marie Louise**: Da vi havde om energi, var det svært at skabe sig et stort overblik over det hele, fordi det hele hænger sammen. Det er nemmere at forstå og arbejde med en undergruppe, men den store sammenhæng kan nogle gange godt være svær at finde.*
***Signe**: Det er rimelig spændende.*

Sammenlignet med folkeskolens undervisning?
***Katrine**: Her lærer man noget. Vi havde kun noget om, at man skulle bygge et hus og få sikringer og el til at fungere. Her får man også det teoretiske bag. Der var det meget det fysiske vi lavede.*
***Mette**: Jeg har ikke haft så meget fysik, fordi vi var en forsøgsklasse og var i praktik, og min lærer var der aldrig.. Jeg har ikke rigtig haft noget undervisning før. Det jeg har haft har været meget kemisk.*
***Signe**: Det var noget af det samme, som vi laver nu, men nu er det meget mere uddybet.*

Sammenlignet med andre fag, hvordan vil I så beskrive fysik?
***Katrine**: Ikke så fastlåst. Sammenlignet med historie, hvor man sidder fastlåst på stolen og lytter og kigger – ikke så meget tænkearbejde i det (historie altså).*
***Mette**: Fysik virker meget mere logisk end matematik og kemi. Du ved ikke rigtigt hvad alt det du sidder og regner skal bruges til, her er det nemmere at finde ud af, hvad det handler om.*
***Signe**: Det er også godt man laver projekter i grupper, det lærer man mere af end at høre på en lærer, der står og snakker.*

Hvad betyder øvelserne?
***Marie Louise**: Man kan se, hvordan det fungerer.*
***Katrine**: Ved at diskutere kan du finde ud af hvordan det sker, og det er det du lærer noget af.*

Hvis I kunne sikre jer en undervisning som denne, ville I have noget imod at vælge fysik på højniveau?
***Alle**: Nej*

Hvad har I valgt nu?
***Marie Louise**: Kemi, overvejer fysik el. matematik.*
***Katrine**: Jeg har kemi og matematik på højniveau. Jeg skal ikke have flere højniveaufag.*
***Mette**: Jeg har biologi og hælder nok mest mod engelsk eller matematik, men det er mest eksamensformen jeg ikke gider, hvis det ikke bliver i grupper.*
***Signe**: Kemi, og vælger nok matematik eller fysik. Hvis vi havde denne her form til næste år, ville jeg vælge højniveau. Men nu ved jeg ikke rigtigt.*

Det er måden at arbejde på, der er vigtigst for jer?
***Katrine**: Det har stor betydning, ikke altafgørende, men det er meget mere motiverende at have et fag, hvor du har en god måde at arbejde på end bare sidde og høre dag efter dag og time efter time, med en lærer der står og gennemgår noget på en tavle.*
***Mette**: Læreren har også stor betydning for, hvilket fag man vælger.*
***Katrine**: Ja, voldsomt.*

Hvad er svært i fysik?
***Marie Louise**: Udlede formler. Det er ikke svært at gennemføre forsøgene, nogle gange passer resultaterne ikke helt, men så kan du forklare hvorfor.*
Man kan godt forstå hvad og hvorfor det sker, men det er svært at sætte bogstaver og tal på.
***Mette**: Når man lige går i gang, går man lidt i stå og kan ikke overskue hvordan man skal gå i gang.*
***Marie Louise**: Det der gør energilære svært, er at man ikke kan se det for sig, det er så småt og man kan ikke tage og føle på det. Mange andre ting kan man høre og se og kender til på forhånd.*
***Mette**: Sidste år skulle vi lave en opgave med en, der cyklede på en mark. Og jeg kunne ikke finde ud af, hvordan jeg skulle lave det. Og pludselig kunne jeg se at bakken skulle være 200 m høj, og det kan ikke lade sig gøre. Man kan sætte det ind i virkeligheden.*

Opsummering på y-klassen

De fire piger er tydeligvis motiveret af arbejdsformen, den induktive og øvelsesbaserede projekttilgang og det omverdensrelaterede indhold. De er ikke på forhånd afvisende over for at interessere sig for fysik, interessen kommer med følelsen af medbestemmelse og af at kunne følge med. Hvis de var sikre på at man arbejdede på samme måde i 3.g som i 1. og 2.g ville de ikke have noget imod at vælge fysik på højniveau.

Z-klassen: Erkendelse og pædagogik

I z-klassen interviewes fire elever som er udvalgt i samarbejde med læreren, fordi de har ytret sig om erkendelsesmæssige aspekter i faget og fordi de repræsenterer både en positive og kritiske røster.

Interview med Ole, Kirstine, Anders og Julie

Hvad er fysik for jer?

Julie: *Abstrakte ting. Film om kvantefysik/mekaniske – helt vildt spændende at se, at det kommer an på, hvordan man ser på tingene – det er meget abstrakt, man kan ikke lave en specifik definition. Det hele er egentlig molekyler, og jeg synes, at man får et helt andet billede af det. Det er helt vildt at tænke over.*

Kirstine: *Det er vel bare en forklaring af ... fænomener.*

Ole: *Jo, det er jo altså – jeg vil nok sige, fysik er for mig – min far er filosof – men jeg ser det som sådan en naturlig udvikling i at forklare, hvordan verden hænger sammen – altså det er blevet mere og mere specifikt, at man tager udgangspunkt i naturens fænomener og ikke så meget i opfundne begreber.*

Anders: *Det er et svært spørgsmål. ... – det var en fra vores klasse, der sagde, at hun havde fortalt, at det havde regnet den dag, og så havde hun siddet og kigget på tagrenden og sådan noget, og på vandets løb og sådan noget, og så havde hun sagt, at det med hastighed og sådan noget, at vandet - det var alt sammen fysik. Det går mere op for en, hvor meget der egentlig er fysik.*

Er der nogen sammenhæng mellem om det er svært og om I synes det er interessant?

Ole: *Ja, men det afhænger altså også af emnet. Der er flere faktorer end bare lige det. Fordi det har også meget at gøre med, hvordan det bliver præsenteret, synes jeg. Det pædagogiske i det, fordi jeg synes næsten man kan gøre hvad som helst interessant, jeg ser det ikke som et problem – sværhedsgraden – bare man præsenterer det ordentligt. Det synes jeg er meget meget vigtigt, og det er meget meget tit blevet set forbi, altså synes jeg.*

Julie: *Jeg synes da, man hellere vil gå ind i det, hvis det er lidt svært.*

Ole: *Ja, men det kræver også et meget personligt engagement. Fordi hvis man nu er naturligt interesseret i et fag, så er det klart, at jo sværere det er, jo mere interessant bliver det. Men hvis man er uinteresseret i faget, så kan det altså vække ens engagement at det præsenteres godt.*

Hvad vil det sige, at det præsenteres godt?

Ole: *Det har noget at gøre med pædagogik. Det skal relateres til virkeligheden, virkelig meget. Det synes jeg, er en meget vigtig ting.*

Kirstine: *Altså, jeg skal da ikke være den sidste til at sige, at fysik ikke er mit helt store. Altså, jeg synes, at jeg har meget svært ved det. ... Men jeg tror virkelig, at det er meget*

som [læreren] siger, at hvis jeg ikke er interesseret i det, så er det lige meget, om det er nemt eller svært, altså så mister jeg hurtigt interessen for det.
Altså nu sagde jeg, at jeg havde meget om astronomi, og det er jo ret svært – stjernernes udbrænding og sådan noget – og jeg havde vildt svært ved det, men det var rigtig, rigtig spændende, hvorimod sådan noget som mekanik fx, det synes jeg ikke er vildt spændende, vel. Og det blev så hurtigt kedeligt.
... for mig har det helt klart været - det er helt specielt – astronomi og kvantefysikken. Det som du ikke ser til hverdag. Altså det der med varmelæren, med elkedlerne og mikrobølgeovnen og bilen. Det var sjove eksperimenter, det er slet ikke det, men det er ikke det, som har tændt mig, altså det var da vi lavede det der med afstandsbedømmelse og var helt nede i pikometer, og lavede det med kvante. Altså noget du ikke ser til hverdag.

Så er det også lidt modsætningsfyldt. Fordi på den ene side siger I, at der vil du faktisk godt have noget, du kan bruge til hverdag. Og på den anden siden skal det være noget, der er fuldstændig abstrakt og ....
Julie: *Men du har jo brug for først at få det der nemme med hverdagsting, før du egentlig kan få en bedre forståelse for de mere abstrakte ting. Store fænomener. Hvis man kan sige det sådan. Fordi der er jo brug for begge dele for at få en forståelse.*
Kirstine: *Jeg siger heller ikke, at jeg vil være foruden det. Fordi det kan du jo ikke. Det er jo lige så meget en del af fysikken, som det andet ikke?*

Eksperimentelt arbejde, hvad siger I til det?
Julie: *Det giver en meget bedre forståelse af emnet. Når du kan se, at der sker et eller andet, og der så kommer et resultat, og du kan bruge det resultat til at forstå den teori, du har gennemgået. Det synes jeg er genialt. Det må der gerne være rigeligt af.*
Kirstine: *Jeg vil også godt give en stor hånd til det der forsøg, vi kørte med eksamen. Det er simpelthen noget af det mest geniale, jeg nogen sinde har været ude for.*
Også det at du kører i den samme gruppe hele året. Det har jeg været glad for. Jeg har været heldig at komme i gruppe med nogen som lå på samme niveau som mig, og vi har virkelig været afhængige af hinanden og levet op til det. Det er utrolig godt. Det har jeg været meget glad for.
Ole: *Det man så kan sige er at det ikke er fair. De elever, som er svage og får en bedre karakter, er ikke den karakter værdig, fordi når de kommer ind på en videregående uddannelse, så kan det være at de er blevet bedømt på sådan noget gruppearbejde, det kan ikke forsvares. De kan jo ikke det der.*
Julie: *Men hvis læreren og censor kan finde ud af at gøre det, så vurderingen bliver individuel, er det en genial måde at gå til eksamen på. Du er ikke lige så bange, fordi du har nogen at gå til i løbet af de timer, man er derovre. Du har et eksperimentelt forsøg, du har lidt mere at forholde dig til. I stedet for at få stukket det der spørgsmål ud. Fortæl om kvantemekanisme!*

Kirstine: *I fysik er der så mange faktorer, så det at du kan gå stille og roligt i 3 timer og lave det der forsøg, og du kan snakke, og jeg havde meget sådan, at pludselig var der en i min gruppe, der sagde noget, som jeg næsten ikke havde tænkt på . Det gælder jo også om at opmuntre de andre. Hvis en har glemt noget, er der en anden, der siger, nu kan jeg huske det.*

Hvad lærer I af at lave fysikøvelser?

Kirstine: *Jeg lærte at få teorien forklaret på mit niveau med mine ord. Det med, at vi selv skulle finde ud af det, og at jeg måske skulle have nogle af mine venner/klassekammerater til at forklare det, det gjorde, at det var nogle vendinger, som jeg var vant til, på et niveau, som jeg var vant til. Der kom ikke alle de fysikord og fysikvendinger ind, som [læreren] og en lærer er meget tilbøjelige til at bruge.*

Julie: *Men umiddelbart vil jeg også sige, at mange af forsøgene har jeg ikke fået noget konkret ud af. Jeg har fået noget ud af at skrive rapporten. Der har jeg fået 100% styr på det, eller i hvert fald fået meget mere ud af det. Ellers så ser jeg det bare som en afveksling. Fordi man bliver træt af det der bare med at sidde og lytte. Der glædede jeg mig sindssygt meget, når vi havde forsøg i fysik, men altså rapporterne lærer man meget af at skrive, fordi du skal gøre det selvstændigt.*

Kirstine: *Det gælder også om at få lært helt fra bunden af, hvordan du skal sætte ledningen til et amperemeter og til et voltmeter, fordi det er jo nemt nok når [læreren] forklarer det og gør det for dig. Men når du selv skal gøre det. Så skal du ligesom forstå, hvorfor du ikke må sætte et voltmeter i serie el. parallel, det kan jeg sgu ikke huske ...*

Det er fint nok, når han siger, at en gammakilde skal holdes 5 meter ... når du lige pludselig selv bærer den, bliver du mere forsigtig, det går op for dig, hvad det er du arbejder med.

Fysik i gymnasiet, har den øget jeres interesse for naturvidenskabelige problemer?

Julie: *I gymnasiet har jeg været meget mere interesseret, end jeg nogensinde har været i folkeskolen. I folkeskolen synes jeg det var på sådan et latterligt niveau, så det var slet ikke spændende.*

Ole: *Jeg synes bare, at hvis man bare følger en smule med i fysikundervisningen, så kan ens verdensbillede ikke undgå at blive provokeret af det.*

Kirstine: *Selvfølgelig er jeg da blevet påvirket af det.*

Ole: *Det må man da sige, det har da haft en indflydelse. Man er blevet introduceret til mange overrumplende ting, synes jeg.*

Kirstine: *Jeg har et meget konkret eksempel. Lige efter at vi havde lært om det der med sorte huller og den der orm. Så havde jeg medbragt en avisartikel fra Berlingeren fra Univers, som jeg normalt aldrig læser, men det var så lige på bagsiden, og der faldt jeg så over det, fordi det var noget jeg lige pludselig vidste noget om.*

Hvis I nu skulle give et godt råd til en forbedret undervisning i fysik, hvad skulle det så være?

Julie: *Noget der kunne gøre det bedre, var hvis teorien var mere kompakt. I stedet for at stå i en time oppe ved tavlen og bare snakke, hvor alle tager notater og egentlig ikke rigtigt ved, hvad de skriver ned, fordi man får så meget på en gang. Så prøve at komprimere det til en halv time måske, virkelig intenst, og så sige nu har jeg et eksempel, hvis vi tager denne her laserstråle, så kan jeg vise, hvordan.. Efter en pause kan man måske gøre det igen, men ikke rigtig meget teori af gangen.*

Kirstine: *Gå i samme løbebane, som det vi har prøvet nu. Det eksperimentelle med eksamen og gruppe. Meget mere tovejskommunikation. Det bliver hurtigt envejskommunikation. Der skal helt klart være mere med elever til tavlen og mere som Julie siger med at tage en halv time, og så måske få en eller anden elev – uanset om vedkommende har forstået det eller ej – prøve at forklare, hvad den elev har fået ud af det her, prøve at forklare det der fænomen. Og så er det lige meget, at man ikke har nogen baggrundsviden.*

Anders: *En af de ting, som jeg også undrer mig over ikke er sket, er i starten af 1.g. at præsentere hele pensum. Præsentere alle emner og så komme med en ultrakort forklaring af, hvad det går ud på, fordi så er der hver eneste gang man møder et nyt emne, er der alligevel noget, man kan nikke genkendende til. Så er der mulighed for et ekstra engagement.*

Kirstine: *[læreren] havde en god ide med en logbog. Det kunne være vigtigt, at den blev hevet frem i timerne, så man kunne skrive nogle ting ned på sin egen måde.*

Hvilket indhold skal fysik have, hvis I skal vælge et indhold?

Ole: *Ikke specifikke emner, men noget der har mystik stadigvæk. ... . Hvis man kan få det ind på noget, som ikke er færdigt, hvor det meget er spændende stadigvæk. Men så skal man gribe eleverne, de skal blive grebet af det, ellers er det et hårdt slag, at ..*

Kirstine: *Det skal indeholde lidt af de hele. Det færdige og det kedelige og el-kanden og det mystiske og det som man stadigvæk ikke har fundet nogen løsning på, fordi det er også fedt – da [læreren] viste os noget, som ikke engang fysikere har fundet ud af. Begyndte at stille os spørgsmål, hvordan .. Det var meget fedt at prøve at ens svar bliver vægtet. Det skal indeholde noget af det hele. Fysik er ikke kun stjerners opståen, der er jo også hvordan man laver popcorn eller hvordan vi kører bil eller ...*

Julie: *Man ved jo inderst inde også godt, at man må tage det der basisteori, som ikke er så spændende. ... Og man tager det jo med, man siger okay. Det interesserer ikke en, men så kan man måske som prikken over i'et til sidst lave et eller andet mystisk med emnet, som fanger en.*

Ole: *Man kommer ikke udenom, at der er noget i fysik, der er kedeligt, ligegyldigt hvordan man fremlægger det. Hvis læreren formår at give det videre til eleverne, at det er kedeligt, at det skal overstås og at vi samarbejder/hvis vi samarbejder, går det hurtigere, og så kan*

vi lave noget der er sjovt bagefter. Hvis han formår det, vil det få det kedelige til at forløbe bedre.

Hvad er en god undervisning?
Kirstine: *Kommunikation vil jeg koge det ned til.*
Ole: *En god undervisning er lige præcis kommunikation. Sagt på en anden måde, at man samarbejder. Jeg oplevede det med kemi sidste år. Det var modarbejde, det var læreren mod eleverne. Det må det aldrig nogen sinde være.*
Julie: *Det er ikke kun læreren, der skal stå og undervise. Det skal være samarbejde i undervisningen, hvor både lærer og elever har indflydelse. Samtale om stoffet.*
Kirstine: *Der er heller ikke nogen grænser for, at solceller skal være 100 sider. Vi blev enige om, at vi ville ikke gå op i solceller til eksamen eller opgive det. Hvor solcellelære er [lærerens] helt store hjørnesten, og det var han ret skuffet over. Men han var modtagelig, næsten 99% ville ikke op i det, så det var helt klart samarbejde og elevindflydelse. At læreren også er i stand til at sige, nå men ..*
Julie: *I undervisningen hvor han skal lære os noget teori, er det ikke nok, at han bare står og snakker i en halv time, fordi så ryger min kæde også af, det kan jeg ikke. Det vil være for meget. Så hellere at han spøger, hvad synes du? Kom med kommentarer, spørgsmål, alt, så man kan starte en samtale. Hvis der kører en samtale hele tiden – ping pong hen over klassen – så er alle meget mere med.*
Ole: *Til en vis grad dialog i stedet for monolog.*

Opsummering z-klassen

Eleverne ser i høj grad fysik som et erkendelsesfag, der kan bidrage til deres personlige udvikling, så for dem skal fysikken være perspektiverende. Her er det ikke hverdagsfænomener, der engagerer, men de store teorier, så gør det ikke så meget at de er svært tilgængelige. Fascinationen er vigtigere end at det er let. Man accepterer dog det traditionelle brødstof fordi det kan være en forudsætning for at kunne forstå det mere spektakulære.
Det er unge der forholder sig reflekteret til undervisningen og som har kunnet bruge fysikken som selvrefleksion og som øjenåbner.
Det er det personlige engagement der driver arbejdet, og den pædagogiske tilrettelæggelse kan i høj grad fremme dette engagement. Eleverne er bevidste om lærerens handlemuligheder og om eget ansvar. I tidens ånd ser de undervisning som kommunikation, og de er opmærksomme på vigtigheden af dialog og af selv at være aktive.

SAMLET OPSUMMERING VEDRØRENDE ELEVERNE

Efter at have fulgt eleverne i to år tegner der sig nogle overordnede mønstre.

Gennem de to år har eleverne udviklet deres forestillinger om fysik så de ender med at se faget som et erkendelsesfag der kan have værdi for dem ud over det konkrete indhold. De har en høj tiltro til faget som beskrivende virkeligheden vel vidende at det kun er en del af virkeligheden og at beskrivelsen har sine begrænsninger. Samtidig føler mange at faget giver dem nogle redskaber til en forståelse af omverdenen, faget kan give nødvendige forklaringer og dermed også en umiddelbar nytte og bidrage til en mere varig personlighedsopbygning. Selv om elevernes modelbegreb kunne være bedre udbygget må man gå ud fra at arbejdet med modellering har været med til at give dem denne opfattelse af og holdning til faget. Det er en forestilling om faget som giver engagement og entusiasme og lyst til at arbejde med faget.

Elevernes har i meget høj udstrækning fået en positiv opfattelse af undervisningen. Denne opfattelse er dels grundet i fagets indhold, men for manges vedkommende nok så meget baseret på en generelt set meget stor tilfredshed med arbejdsformen. De synes at fysik er spændende og meningsfuldt at arbejde med, og det er ikke sværere end andre fag. Det betyder at de har oparbejdet et stort engagement i faget og stor lyst til at arbejde med det, hvilket har smittet af på den generelle interesse for naturvidenskab, som er høj.

For det store flertal kan en engagerende undervisning i gymnasiet opveje negative oplevelser fra folkeskolen og klart øge interessen. En engagerende undervisning er for de fleste elever en undervisning som giver dem mulighed for at komme til orde og som omhandler emner de føler de kan bruge og/eller som udvider deres erkendelse. De har således udviklet et begrebsapparat om såvel faget som pædagogikken i faget og de har nogle ønsker og ideer som de har kunnet bidrage til undervisningen med.

Disse overordnede træk opløser sig dels i tre klasser og dels i individer.
Inden for det overordnede mønster af stor tilfredshed og engagement er de vigtigste forskelle at z-klassen mere end x- og y-klassen mener fysik kræver hårdt arbejde og er sværere end andre fag. Desuden er der lidt mindre tilfredshed med arbejdsformen i z-klassen. Jeg har sandsynliggjort at disse forskelle kan tilskrives forskellene i de tre læreres undervisningsposition som den blev karakteriseret i kapitel 9. En lærercentreret/indholdsorienteret undervisningsposition virker mindre motiverende end en tilgang til undervisning som i højere grad vægter almenpædagogiske forhold og elevernes eget møde med fagets problemer.
Hvad angår elevgrupper er nogle få elever på forhånd interesserede i faget uanset undervisningsform og næsten uanset indhold. En undervisning som ikke specielt har rettet sig mod disse elever har dog ikke ødelagt deres interesse; de har i vid udstrækning kunnet få opfyldt deres faglige ønsker inden for de eksisterende rammer gennem differentieret undervisning. Disse elever bliver især motiveret af en undervisning med en høj faglig autenti-

citet, og det er dette aspekt, der primært har båret deres engagement, fx i modelleringsforløbene.

En stor gruppe elever – primært piger – er blevet motiveret af undervisningen i autentisk fysik klasserne i højere grad end i traditionel undervisning. For disse piger er det den personlige autenticitet og i et vist omfang også den samfundsmæssige autenticitet der har drevet værket.

LITTERATUR

Bangsgaard, T.;Dolin, J.;Rasmussen, A.-B. & Trinhammer, O. (2001). *Autentisk fysik* (Forsøgsrapport). Valby.

Beyer, K. (1992). Det er ikke tænkning det hele. In H. Nielsen & A. Paulsen (Eds.), *Undervisning i fysik - den konstruktivistiske idé*. København: Gyldendal.

Beyer, K.;Blegaa, S.;Olsen, B.;Reich, J. & Vedelsby, M. (1988). *Piger & fysik - og meget mere ...* (162). Roskilde: IMFUFA/RUC.

Bolte, C. (1999). *How to Enhance Students' Motivation and Ability to Communicate in Science Discourse.* Paper presented at the The Second International Conference of the European Science Education Research Association, Kiel.

Broch, T. & Egelund, N. (2001). *Elevers interesse for naturfag og teknik - et elevperspektiv på undervisningen.* København: Danmarks Pædagogiske Universitet.

Désautels, J. & Larochelle, M. (1998). The Epistemology of Students: The 'Thingified' Nature of Scientific Knowledge. In B. J. Fraser & K. G. Tobin (Eds.), *International Handbook of Science Education*: Kluwer Academic Press.

Fraser, B. J. & Tobin, K. G. (Eds.). (1998). *International Handbook of Science Education*: Kluwer Academic Press.

Hoff, A. (2001). *Børns holdninger til fysik og kemi - belyst gennem TIMSS-undersøgelsen.* København: Danmarks Pædagogiske Universitet.

Leach, J.;Millar, R.;Ryder, J. & Séré, M.-G. (2000). Epistemological understanding in science learning: the consistency of representations across contexts. *Learning and Instruction, 10*(6), 497-527.

Ryder, J. & Leach, J. (1999). University science students' experiences of investigative project work and their images of science. *International Journal of Science Education, 21*(9), 945-956.

Ryder, J.;Leach, J. & Driver, R. (1999). Undergraduate Science Students' Images of Science. *Journal of Research in Science Teaching, 36*(2), 201-219.

Stadler, H.;Benke, G. & Duit, R. (1999). *How do Boys and Girls use Language in Physics Classes?* Paper presented at the The Second International Conference of the European Science Education Research Association, Kiel.

DEL V
OM NØDVENDIGHEDEN AF EN NYFORMULERING AF GYMNASIETS FYSIKUNDERVISNING

Dette afsnit omhandler nogle af de grundlæggende spørgsmål i fysikdidaktikken, nemlig hvad man skal lære i fysik og hvorledes disse læringsmål kan formuleres mest hensigtsmæssigt. Ved en nyformulering gymnasiets fysikundervisning mener jeg således en anden beskrivelse af faget end den der nu findes i Fagbilaget og Vejledningen. Formålsparagraffen er såmænd udmærket, men for at kunne leve op til den må indholdet ændres. Spørgsmålet er derfor hvorledes man kan beskrive et fysikfag på en måde så det beskriver en autentisk faglighed der kan anvendes i for eleverne og samfundet relevante situationer.
Det er spørgsmål som kobler til tidligere behandlede fundamentale spørgsmål inden for feltet, såsom hvad fysik er (i undervisningssammenhænge) og hvordan man lærer (specielt fysik).

Disse spørgsmål er aktualiserede af en postuleret faldende interesse fra ungdommens side for "hårde" naturvidenskabelige fag (typisk nævnes fysik), manifesteret i en faldende rekruttering hertil og en af nogle formuleret lav motivation (Jensen, Niss, & Wedege, 1998; Undervisningsministeriet, 1997), ofte koblet med en konstatering af ringe læring i disse fag (May, 1977). De danske GFII og GFIII undersøgelser (Krogh & Thomsen, 2000) (Krogh, Arnborg, & Thomsen, 2001) bekræfter dette mønster samtidig med at de forsøger at påvise en sammenhæng mellem elevinteresse og undervisningsform – jo mere konstruktivistisk præget undervisningen er jo mere positivt opfattes den ifølge undersøgelsen af eleverne - og denne afhandling viser tilsvarende sammenhænge. Så indhold, undervisningsform og læring hænger sammen og en formålsdiskussion tematiserer og formidler disse sammenhænge.

At problemstillingen ikke er ny kan illustreres af John Deweys tale til årsmødet i American Association for the Advancment of Science i 1909. Her starter han med at konstatere det skuffende antal studerende til naturvidenskabelige studier:

Considering the opportunities, students have not flocked to the study of science in the numbers predicted ...
((Dewey, 1995/1909) , p. 391)

Dewey påpeger én grundlæggende årsag:

I mean that science has been taught too much as an accumulation of ready-made material with which the students are to be made familiar, not enough as a method of thinking an attitude of mind, after the pattern of which mental habits are to be transformed.
(Dewey 1909, p.391)

Denne diskussion af vægtningen mellem konkret indhold på den ene side og metode og holdning på den anden side har med forskellige tematiseringer bølget lige siden. Ofte som en kamp mellem produkt og proces (fx (Millar & Driver, 1987)) hvor synspunkter hyppigt legitimeres eller problematiseres via videnskabsteoretiske positioneringer. Fx vil en indholdsvægtning kunne tillægges empiristiske holdninger (Longino, 1990) og man vil i modsætning hertil ofte definere naturvidenskab som en kulturel aktivitet med nogle bestemte regler (Aikenhead, 1996). Nogle har løst problemet ved at hævde at der ikke findes nogen speciel naturvidenskabelig måde at tænke på, fx (Suchting, 1995) hvilket får kritikere til at spørge: *Are We Anchoring Curricula in Quicksand?* (Lederman, 1995).
Andre har fremhævet bestemte sider af fysikken som værende karakteristiske og som potentielt konstituerende. Man har typisk peget på modellering som en central og muligt definerende aktivitet i naturvidenskab, fx (Gilbert, 1991). Denne afhandling har ligeledes vægtet modellering højt sammen med en øget opmærksomhed på fysikkens repræsentationsformer.
Samtidig med denne formåls- og indholdsdiskussion har eksplosionen i interessen for læringsteori generelt, og, for fysik, konstruktivisme specielt (i mange forskellige afskygninger), flyttet fokus hen på hvorledes elever lærer fysik, og hvilken undervisning der henholdsvis hæmmer og fremmer fysiklæring.
Disse overvejelser over indhold, læring og undervisning har bl.a. udmøntet sig i en række initiativer som har udviklet naturvidenskabelige uddannelsesprogrammer ofte baseret på et konstruktivistisk grundsyn og med vægt på et samfundsrelevant indhold, hvor eleven ses som kommende samfundsborger. Mest kendt er vel *Beyond 2000* (Millar & Osborne, 1998), et bud på en fremtidig naturvidenskabelig uddannelsespolitik formuleret af en række fremtrædende engelske uddannelsesforskere inden for naturvidenskaberne. Intentionerne heri er i vid udstrækning blevet realiseret i et undervisningsprogram på AS niveau i det engelske uddannelsessystem: *Science for public understanding* (Alliance, 1999). Lærebogen hertil er karakteristisk ved at beskæftige sig med en række hverdagsfænomener og –problemer, inden for fysik fx brændstofforbrug, risiko ved brug af mobiltelefoner, at bo ved højspændingledninger o.l., som gennemgås helt uden brug af formler (Hunt & Millar, 2000). Det canadiske *The Framework* og det amerikanske *Project 2061* (www.project2061.org), med de to rapporter *Science for All Americans* (1989) og *Benchmarks for Science Literacy* (AAAS 1993), kan siges at følge de samme retningslinier. Det finske LUMA-program (www.edu.fi), det hollandske Axis-program (www.platform-axis.nl) og det svenske NOT-projekt (www.hsv.se/NOT) kan fremhæves

som andre nationale projekter der på forskellige vis satser på at forbedre de naturvidenskabelige uddannelser og på at øge interessen for naturvidenskab.

Der er således en stærk international trend i retning af at fokusere på elevernes læreprocesser i den naturvidenskabelige undervisning ud fra en erkendelse af at for mange får for lidt ud af undervisningen i de naturvidenskabelige fag, samtidig med at indholdet drejes i retning væk fra det videnskabscentrerede og henimod en mere hverdagsagtig og samfundsmæssig orientering.

Endelig er det vigtigt at gøre sig klart, at forskellige interesser traditionelt er blevet brudt, når fysikundervisningens formål (og indhold) skulle fastlægges. Der er internt i gymnasiet en indbygget dobbelthed mellem at skulle kvalificere eleverne til videregående (naturvidenskabelige) studier og samtidig skulle give dem en bred baggrund som kommende samfundsborgere. Uden for gymnasiet har Danmarks Tekniske Universitet (DTU) traditionelt stået med Dansk Industri i hånden og krævet mere viden og "hårdere" fysik, mens andre dele af samfundet har påpeget vigtigheden af at udvikle personlige og sociale egenskaber hos eleverne. Der er imidlertid ved at ske en opblødning af modsætningerne. På et møde i den såkaldte FLIP-gruppe[1] den 4. marts 2002 fortalte lektor Erik Both fra Institut for Fysik, DTU, således hvilke krav han og DTU stiller til de studenter der starter på fysikstudiet. Det blev formuleret som: "motiverede elever er bedre end vidende", "jeg er ikke interesseret i specifik viden" og "I (dvs. fysiklærerne i gymnasiet – JD) må gerne lave lige hvad I vil – pensum er ligegyldigt". Der er ved at være en erkendelse af at de generelle og personlige, de almendannende, egenskaber er nogle af de vigtigste når man skal definere studieegnethed.

De termer, der bliver anvendt i formåls- og indholdsformuleringerne, er udtryk for en vægtning af hvilke interesser man mener fysikundervisningen kan og bør tjene. Jeg vil forsøge at navigere gennem dette felt af interessemodsætninger og holdningsforskelle ved at følge en kurs som både forsøger at være tro mod de traditionelle værdier i det danske uddannelsessystem - som de typisk formuleres i dannelsestermer – og som samtidig muliggør en udvikling af fysikundervisningen som tager hensyn til nyere læringsteoretisk indsigt bl.a. gennem en målformulering der skal fremme elevernes evner til at handle fysikfagligt - hvilket typisk formuleres i kompetencetermer.

Selv om jeg arbejder med faget fysik, tager selve processen at foretage en sådan beskrivelse af et fag naturligvis udgangspunkt i nogle principielle overvejelser. Det er derfor nød-

[1] FysikLærere Interesserede i Pædagogik – en studiekreds med udspring i en samarbejde mellem IMFUFA ved RUC og Fysiklærerforeningen, som i ca. 10 år har mødtes og diskuteret fysikdidaktiske problemstillinger.

vendigt med et relativt omfattende, alment didaktisk begrebsapparat til at indfange de fysikspecifikke forhold.

Hvad er problemet?

Det officielle formål med gymnasiets fysikundervisning og det tilhørende indhold er beskrevet i det såkaldte Fagbilag til Gymnasiebekendtgørelsen. Heri opstilles en række mål, der skal opnås bl.a. ved at arbejde med et nærmere beskrevet kernestof. Dette kernestof er en liste over de emner, eleverne skal opnå viden om, inden for fem fagområder (på obligatorisk niveau: Varmelære, elektriske kredsløb, bølger, atom- og kernefysik og mekanik).

Selv om Fagbilaget har gode målformuleringer og kræver mange relevante perspektiveringer, betyder dets krav om et beskrevet kendskab til nogle eksplicit formulerede fagområder og begreber at undervisningen i vid udstrækning underlægger sig disse konkrete krav frem for de formulerede intentioner. Man opfatter i høj grad faget som en vis fond af viden som eleverne skal tilegne sig. Dette hænger naturligvis også sammen med fysiklærernes egen opfattelse af faget, en opfattelse der er farvet af deres egen gymnasietid, deres universitetsstudier og det skolesystem de virker i. Der er således en stor holdningsmæssig inerti i undervisningssystemet, og de dominerende fagopfattelser lægger stor vægt på de vidensformidlende og regnetekniske sider af faget (Donnelly, 1999). Dette gælder ikke kun lærerne, også flertallet af eleverne kommer med nogle opfattelser af faget der fokuserer på de konkrete indholdsmæssige sider ((Ramsden, 1998), (Hogan, 2000). Indeværende afhandlings undersøgelse af 1.g-elevers opfattelse af fysik kommer frem til et noget lavere tal. Knap 25 % af eleverne satte ved indgangen af 1g faget lig med en eller flere discipliner (typisk ellære), men 15 % ligestillede faget med dets arbejdsformer eller motivationsevne (se s. 21).

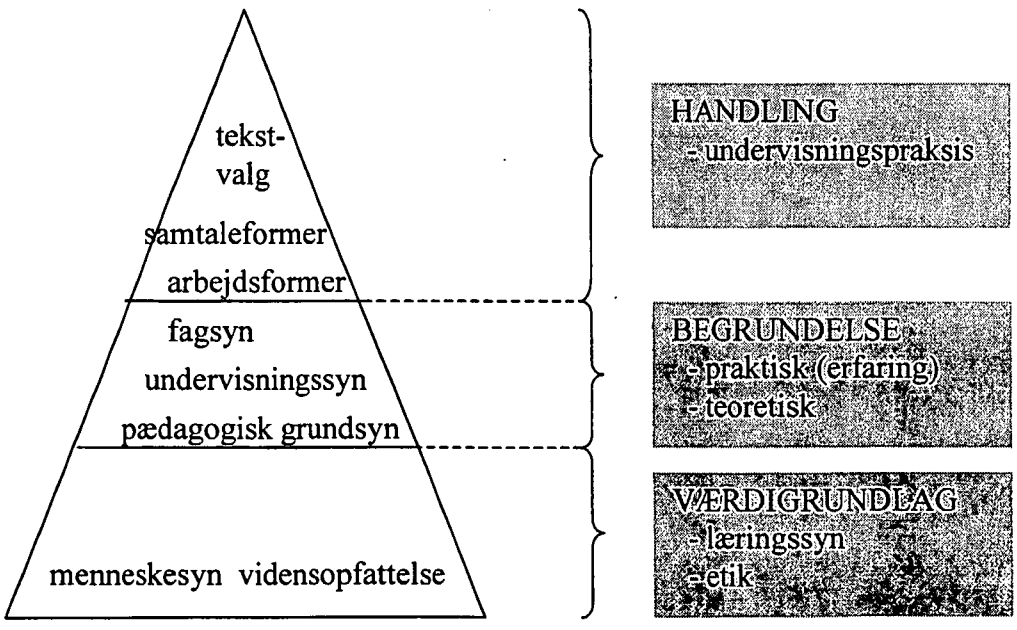
Læreres holdninger til såvel fag som læring slår igennem i deres undervisningsmæssige praksis. En stor gruppe lærere i fysik (som i andre fag) vil kunne karakteriseres som *transmitterende* lærere (Baird, Northfield, (dansk redaktion: Dolin, & Ingerslev, 1995), der lægger vægten i undervisningen på overførsel af viden, frem for en mere *tolkende* lærerrolle, der i højere grad forsøger at fremme elevernes egne refleksioner over de fænomener og problemer der skal bearbejdes. Den tidligere nævnte danske undersøgelser GFII viser således at 57 % af de spurgte fysiklærere prioriterer et produktmål som "paratviden i form af begreber" ((Krogh & Thomsen, 2000), s. 37). En undervisning med vægt på overførsel af en given, autoriseret og indiskutabel viden har imidlertid et lavt læringspotentiale. Elever vil i en sådan form for undervisning være mindre motiverede til at gå i dialog med stoffet. De bliver så at sige ikke inviteret med til en samtale om stoffet hvor der er plads til deres mening – og derfor vil mange ikke udvise det for læringen nødvendige engagement og sætten sig i spil i forhold til det der skal læres. Man går ikke i dialog med noget der ikke inviterer til det. Det er jo en af konstruktivismens grundlæggende teser at læring foregår i den proces hvor den lærende indgår i en tolkende og meningsmodificerende vekselvirkning

med det der skal læres. Der skal bygges bro mellem elevens egne meninger og opfattelser og de i videnskabskredse accepterede fagsyn. Der er opbygget et omfattende begrebsapparat om disse dialogiske læreprocesser (se kap. 5 og 9). Pointen er her at en pensumbeskrivelse med vægt på krav om kendskab til konkrete fagområder vil kunne fungere som en hæmsko for en faglig/pædagogisk udvikling af undervisningen. Pædagogisk fordi den ikke tvinger eleverne på banen – eller i hvert fald ikke giver retningslinier for hvordan det kan ske - og indholdsmæssigt fordi den netop fastholder et givet indhold.
Den indholdsmæssige inerti er et lige så stort problem som det pædagogiske. Fysik er et gammelt fag og der er derfor en lang række vidensområder som traditionelt hører med, og uden hvilke mange vil påstå man ikke kan siges at kende til fysik. Boyle-Mariottes lov, Ohms lov, Newtons love osv. afspejler alle grundlæggende sammenhænge der for en fysiker er en nødvendig del af den vidensmængde man bør have med i sin bagage ud i livet. Problemet er at bagagen efterhånden kommer til at blive så omfangsrig, at den er umulig at bære for eleverne og at der ikke er plads til de nyere fysiske teoridannelser og vidensområder. Det er desuden et helt selvstændigt problem at nye landvindinger i fysikken ofte er så komplekse at de er svære at arbejde med på elevniveau, hvorfor man som lærer holder sig til de "gode gamle" emner og øvelsesopstillinger.

I kapitel 9 er disse overvejelser over lærerholdninger til fag, undervisning og læring udfoldet. Der blev argumenteret for eksistensen af en tæt sammenhæng mellem læreres praksis og disse bagvedliggende holdninger, som igen kan siges at være baseret på nogle grundlæggende værdier.

Figur V.1, kan illustrere dette.

Figur V.1



At ændre sin undervisning som lærer er således ingen let sag. Man skal kunne begrunde sine handlinger og kunne reflektere over hvilke værdier disse begrundelser hviler på, for så at overveje om de er rimelige og hensigtsmæssige eller om de skal ændres. Man skal ændre noget ved sin personlighed. Praksistrekanten forklarer hvorfor det er næsten umuligt blot at tilegne sig en ny måde at undervise på uden at have foretaget disse selvransagelser. For at være motiveret til at gribe sin hverdagspraksis fundamentalt anderledes an er det nødvendigt at man som lærer har været med til at diskutere og formulere de bagvedliggende rationaler og formålsdiskussioner. En nyere undersøgelse af gymnasielæreres motiver til at ændre deres undervisning viser således at det for langt de fleste handler om at ville forbedre deres elevers udbytte af undervisningen – frem for fx at ville gøre karriere eller følge et ledelsespåbud (Dolin & Ingerslev, 2002).
Jeg tror derfor at en nyformulering af formål og indhold i al almindelighed vil lede elever og lærere ind i argumentationer for hvad de gør. Hvis ændringerne derudover går i retning af mere åbne og rammeagtige krav mere end et fast pensum vil overvejelserne sandsynligvis i højere grad indbefatte en værdigrundlagsdebat og dermed åbne op for mere varige og grundlæggende praksisændringer.
Bekendtgørelsesændringer vil naturligvis ikke i sig selv kunne bære gennemførelsen af fundamentale ændringer i undervisning. Der er også brug for ressourcer (penge, undervisningsmateriale osv.), efteruddannelse, et positivt miljø mm. Men ændringer i de officielle krav til hvad eleverne skal kunne få ud af undervisningen kan være en nødvendig start på – eller opfølgning af – en sådan udvikling.

Opgaven er altså at få formuleret formålet med og indholdet i fysikundervisningen på en måde som

- nødvendiggør at lærere og elever argumenterer for hvad de gør
- drejer undervisningen i en retning som fremmer konstruktivistiske læreprocesser som de fx er blevet formuleret i denne afhandling
- Muliggør pædagogisk og indholdsmæssig udvikling
- Kan være en rettesnor for indholdsudvælgelsen med henblik på at eleverne motiveres og udvikles personligt og fagligt gennem arbejdet med indholdet.

Jeg vil gribe dette an ved at diskutere eksisterende målformuleringsbegreber, nemlig kvalifikation, dannelse og kompetence, i relation til denne afhandling. Jeg vil især lægge vægt på at udfolde kompetence- og dannelsesbegreberne og se i hvilket omfang de kan supplere og berige hinanden, og trække på de pointer afhandlingen har fremvist.
Kompetencebegrebet lægger i modsætning til et produktkrav mere vægt på processer og handlinger. Det vægter at eleverne skal kunne "tænke og handle fysik", dvs. at være i stand

til på baggrund af en kundskabsorienteret refleksion at kunne bruge faget til at forstå fænomener og løse problemer. Jeg vil undersøge mulighederne for at afkoble pensumkravene fra en emneliste og i stedet beskrive de ønskede læringsmål i kompetencetermer. Jeg vil give et konkret bud på en kompetencebeskrivelse af fysik og diskutere nogle af de konsekvenser for undervisning og eksamen, som en sådan ændring af formålsbeskrivelsen vil have.

Jeg vil desuden undersøge hvorledes fysik kan bidrage til opfyldelsen af de generelle formål med gymnasieuddannelsen således som de er formulerede i gymnasiebekendtgørelsens §1. Her tales om almendannelse og studieegnethed og det er derfor centralt at kunne give nogle bud på hvad fysik kan bidrage med i et dannelsesperspektiv.

De specifikt fysikfaglige kompetencer vil jeg endelig relatere til de mere generelle dannelsesmål og prøve at give nogle ideer til såvel formålsformulering som betingelser for indholdsbestemmelse af fysik i gymnasiet.

LITTERATUR

Aikenhead, G. S. (1996). Science Education: Border Crossing into the Subculture of Science. *Studies in Science Education, 27*, 1-52.

Alliance, A. a. Q. (1999). *Science for Public Understanding. A new GCE Advanced Subsidiary syllabus*. London: Assessment and Qualifications Alliance.

Baird, J.;Northfield, J.;(dansk redaktion: Dolin, J. & Ingerslev, G. (Eds.). (1995). *Erfaringer fra PEEL projektet*. Århus: Klim.

Dewey, J. (1995/1909). Science as Subject-Matter and as Method. *Science&Education, 4*, 391-398.

Dolin, J. & Ingerslev, G. (2002). *Forsøgsarbejde i gymnasiet - som lærerne ser det* (Gymnasiepædagogik 26). Odense: Dansk institut for Gymnasiepædagogik.

Donnelly, J. (1999). Interpreting differences: the educational aims of teachers of science and history, and their implications. *J. Curriculum Studies, 31*(1), 17-41.

Gilbert, S. W. (1991). Model building and a definition of science. *Journal of Research in Science Teaching, 28*(1), 73-79.

Hogan, K. (2000). Exploring a Process View of Students' Knowledge about the Nature of Science. *Issues and Trends*, 51-70.

Hunt, A. & Millar, R. (Eds.). (2000). *AS Science for Public Understanding*. Oxford: Heinemann.

Jensen, J. H.;Niss, M. & Wedege, T. (Eds.). (1998). *Justification and Enrolment Problems in Education Involving Mathematics or Physics*. Frederiksberg: Roskilde University Press.

Krogh, L. B.;Arnborg, P. & Thomsen, P. V. (2001). *GFIII-rapport, del A: Hvordan gik det så med fysikundervisningen og elevernes udbytte?*

2.g-opfølgning på GFII-undersøgelsen (CND's skriftserie no 3). Aarhus: Center for Naturfagenes Didaktik, Aarhus Universitet.

Krogh, L. B. & Thomsen, P. V. (2000). *GFII-rapport nr. 1: Undervisningsstil og læringsudbytte - en undersøgelse af fysikundervisningen i 1.g* (CNDs skriftserie no.1). Aarhus: Center for Naturfagenes Didaktik, Aarhus Universitet.

Lederman, N. G. (1995). Suchting on the Nature of Scientific Thought: Are We anchoring Curricula in Quicksand? *Science & Education, 4*, 371-377.
Longino, H. E. (1990). Introduction: Good Science, Bad Science. Conclusion: Social Knowledge, *Science as Social Knowledge*
Values and Objectivity in Scientific Inquiry (pp. 3-15 & 215-233). New Jersey: Princeton University Press.
May, M. (1977). *Undersøgelse af ingenørstuderendes begrebsmæssige forståelse*: DTU.
Millar, R. & Driver, R. (1987). Beyond Processes. *Studies in Science Education, 14*, 33-62.
Millar, R. & Osborne, J. (1998). *Beyond 2000: Science education for the future*. London: King's College London.
Ramsden, J. M. (1998). Mission impossible?: Can anything be done about attitudes to science? *International Journal of Science Education, 20*(2), 125-137.
Suchting, W. A. (1995). The Nature of Scientific Thought. *Science&Education, 4*(1), 1-22.
Undervisningsministeriet. (1997). *Den svigtende søgning til tekniske og naturvidenskabelige fag* (Redegørelse til Folketinget). København: Undervisningsministeriet.

KAPITEL 11
KVALIFIKATION, DANNELSE OG KOMPETENCE I FYSIK

Den danske gymnasieuddannelse har traditionelt haft både studieforberedende og almendannende formål svarende til en opsplitning mellem de to modstridende begreber *kvalifikation* og *dannelse*. Jeg vil derfor gennemgå disse begreber, og deres betydning i fysik, før jeg forsøger en indkredsning af det stadig mere udbredte, men ofte meget upræcist brugte, kompetencebegreb, for at undersøge om dét har potentiale til at være bærende i en nyformulering af kravene til fysikundervisning.

KVALIFIKATION

Ved de kvalifikationer man opnår gennem en uddannelse og arbejdet med et fag forstås der normalt det som uddannelsen og faget kan bidrage med i en forberedelse og tilpasning af personen til arbejdsmarkedet. Mennesket som arbejdskraft er det centrale. Som sådan fortrængte kvalificering også i en lang periode (særlig markant i begyndelsen af lavkonjunkturen fra starten af 70'erne) dannelsen når der blev diskuteret uddannelsesmål.
En almindelig brugt definition (Wedege, 1993) er:

Kvalifikationer er viden, færdigheder og egenskaber som er nødvendige for at bestride en eller flere arbejdsfunktioner.

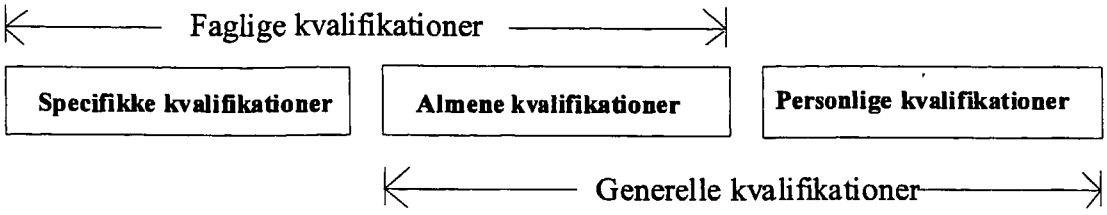
Kvalifikationer opdeles ofte i tre kategorier:

- **de specifikke kvalifikationer**: teknisk/faglig viden og færdigheder der direkte og synligt indgår i udførelsen af den enkelte arbejdsfunktion
- **de generelle kvalifikationer**: almen faglig viden og færdigheder der, ofte indirekte, indgår i eller er forudsætningen for udførelsen af et, ofte bredere, felt af arbejdsfunktioner. De generelle kvalifikationer giver den enkelte en bredere forståelse for de sammenhænge han/hun arbejder i og giver mulighed for at overføre kendte begreber til nye områder.
- **de sociale kvalifikationer**: personlige egenskaber og holdninger som er nødvendige for at bestride og indgå i (ofte) fælles arbejdsprocesser.

National kompetenceudvikling fra (Undervisningsministeriet, 1997) er udarbejdet på baggrund af interviews af en lang række danske erhvervsvirksomheder og analyse af udviklingstendenserne i dansk erhvervsliv. Heri skelnes på lignende måde mellem

- **specifikke faglige kvalifikationer** (svarende til ovenstående specifikke kvalifikationer), der omfatter faglig og videnskabelig specialisering på højt niveau. De kaldes også procesafhængige kvalifikationer, idet de er bundet til udførelsen af bestemte fagopgaver.
- **almene kvalifikationer** (svarende til de generelle kvalifikationer) omfattende de grundlæggende færdigheder såsom at regne, skrive, læse, IT-kunnen og evnen til informationssøgning og -sortering. Også fremmedsprog og international orientering samt basale kundskaber om dansk kultur og fremmede kulturer samt samspillet mellem mennesket og naturen falder ind herunder.
- **personlige kvalifikationer** (svarende til de sociale) og også kaldet de procesuafhængige kvalifikationer. Det er omstillingsevne, samarbejdsevner, selvstændighed, o.l. samt mere holdningsmæssige aspekter såsom engagement, åbenhed og kritisk sans.

Grænserne mellem de forskellige kategorier er naturligvis flydende. En typisk fysikfaglig kvalifikation som at kunne læse og forstå en fysisk formel med bogstavsymboler og enheder kan være en specifik faglig kvalifikation i én sammenhæng (fx når der skal løses et bestemt fysikfagligt problem), en almen/generel i en anden (fx når køb af husholdningsredskaber kræver kendskab til kW og A), og endda en personlig/social i en tredje (fx når man i samfundspolitiske argumentationer skal være opmærksom på specifikke formlers begrænsninger eller fejl i størrelsesforhold).
Oftest vil det specielt faglige indgå i de specifikke og almene kvalifikationer, som erhverves ved uddannelsens indhold, og som derfor ofte under ét omtales som de *faglige kvalifikationer*.
I den anden ende af spektret findes de såkaldte blødere kvalifikationer som ofte er mere kontekstuafhængige. Det er egenskaber som samarbejdsevne, fleksibilitet, stabilitet, kritisk sans o.l.; egenskaber som primært læres gennem den måde undervisningen er organiseret på. Samtidig kan mange af de almene kvalifikationer henregnes hertil (fx kan en kritisk naturvidenskabelig holdning henregnes til både de almene og personlige kvalifikationer), og derfor kunne man samle de almene og de personlige kvalifikationer i de *generelle kvalifikationer* (efter Wedege 1993):



Nogle vigtige pointer i *National kompetenceudvikling* er påvisningen af hvorledes de specifikke kvalifikationers mængde og kompleksitet øges samtidig med at deres såkaldte halveringstid mindskes. Der produceres stadig mere viden som forældes stadig hurtigere. Derfor forskubbes fokus fra konkret viden til beherskelse af processer, samtidig med at man påpeger nødvendigheden af livslang læring. Denne udvikling har ikke sat sig dybe spor i gymnasiefysikken. Her undervises i store træk i de samme emner på den samme måde, som man har gjort i – ja, snart århundreder. En vigtig grund til dette er utvivlsomt opfattelsen af fysik som bestående af eviggyldige sandheder. Newtons love er nu engang Newtons love, og selv om de er blevet modificerede så gyldighedsområdet er blevet indskrænket, så udgør de stadig en fuldt ud dækkende beskrivelse af vores hverdags mekaniske funktionsmåde. De klassiske emneområder (incl. relativitetsteori og kvantemekanik) udgør stadig hovedstammen i gymnasiepensummet. Verden er grundlæggende set kortlagt, så der er intet ydre pres for forandring. Selv om der nok er sket en rivende udvikling inden for fysik, så er den bundet op på nogle i forhold til gymnasieniveauet meget avancerede teorier, og den manifesterer sig primært i teknologiske forhold, som ligger uden for (gymnasie)fysikkens traditionelle genstandsfelt. Der *er* tendenser i retning af at forsøge at inddrage den aktuelle (og autentiske) fysik i undervisningen. Det viser sig fx i udbuddet af efteruddannelseskurser for gymnasielærere og i fremkomsten af en vifte af spændende undervisningsmateriale som fx "Fysik i perspektiv" og en lang række emnebøger. "Fysik i perspektiv" har således haft emner som klimaændringer, øret, meteoritter, og der er i de senere år fremkommet emnebøger om fx vand, lys osv. Men en deduktiv gennemgang af de fundamentale lovmæssigheder udgør – i fysikselvforståelsen - stadig grundlaget som skal læres og som udgør en uundværlig basis for yderligere videnstilegnelse, så der er ikke rigtig "plads" til alt det nye. Gennemgang af pensumindberetningerne for obligatorisk fysik viser da også, at fx "Fysik i perspektiv" kun udgør en marginal del af pensum.

Sådan er det ikke i "samfundet". På grund af ændring i jobindhold og arbejdsorganisering i et komplekst samfund i en accelererende udvikling bliver det her stadig mere absurd at give konkrete bud på fremtidens specifikke kvalifikationskrav, og i stedet bliver de personlige kvalifikationer vægtet stadig højere. Som et eksempel kan nævnes dansk erhvervslivs uddannelsesmæssige guru, den tidligere direktør for Oticon, Lars Kolind, som udtaler:

Faglig dybde vil være afgørende, men personlige egenskaber og holdninger vil være mindst lige så betydningsfulde.
(Kolind, 1994)

Lars Kolind opstiller derefter de efter hans mening seks vigtigste kvalifikationer:

- Evnen til at arbejde i projekter, både som medarbejder og som leder
- Evnen til at kommunikere både mundtligt og skriftligt, dvs. evnen til at sætte sig ind i andre menneskers situation og med udgangspunkt heri at dele information
- Kulturforståelse. Fremtidens vidensbaserede virksomheder vil være internationale både i sig selv og i form af det netværk, hvori de indgår. Uden forståelse for andre kulturer er ægte dialog umulig.
- Kreativitet.
- Problemløsningsevne
- Initiativ

Eller som bestyrelsesformanden for Learning Lab Denmark, Mette Borch, udtalte på en konference (DIG/SDU 21/4 2001):

Man ansætter direktører på deres kvalifikationer og fyrer dem derefter på deres manglende personlige egenskaber

En kvalificering i fysik vil sige at lære såvel en konkret faglig viden som nogle generelle holdninger, der begge kan anvendes i senere erhvervssammenhænge. Men her er det en begrebsmæssig komplikation at gymnasiet ikke er direkte erhvervsrettet. Næppe nogle af de konkrete faglige kvalifikationer som læres i fysik i gymnasiet vil senere blive brugt direkte i arbejdssammenhænge, med mindre man tilhører den lille minoritet som skal arbejde som fagfysiker. Men de vil for nogle kunne være forudsætninger for at arbejde videre med fysikfaglige og fysiknære problemstillinger inden for andre områder, og det vil sige at erhvervsanvendelighed erstattes af studieegnethed. Fysikfaglig kvalificering kan altså i gymnasiesammenhæng opfattes som studieegnethed til studier som kræver fysikfaglig viden. Her er det imidlertid vigtigt at være opmærksom på gymnasiets ændrede funktion fra at skulle give den faglige forberedelse til et specifikt studium til nu mere at være en almen uddannelse uden specifik studierettethed. En stadig større andel af studenterne tager en mellemlang eller videregående uddannelse efter studentereksamen (Undervisningsministeriet, 2001), og sammenholdt med den stærkt øgede gymnasiefrekvens betyder det at kun en forsvindende del af eleverne på matematisk linie vil få brug for fysikfaglige kvalifikationer i deres senere studier. Parallelt med arbejdsmarkedets generali-

seringstendenser har et krav om generel studieegnethed derfor nu i vidt omfang afløst de fagspecifikke studiekrav inden for uddannelsessektoren.
Hvis gymnasieuddannelsen skal leve op til disse krav må der udvikles undervisnings- og arbejdsformer som fremmer generelle studiekompetencer såsom kendskab til arbejdsformer, læringsparathed, selvstændighed, personlighedsudvikling, engagement, indleven osv. Det er et arbejde der allerede er godt i gang via arbejdet med ansvar for egen læring, metakognition, projektorganisering, nye evalueringsformer mm., og hele Udviklingsprogrammet for Ungdomsuddannelserne kan ses som et udtryk for denne udviklingstendens. Disse almene studiekvalifikationer skal derfor også være en del af det eleverne skal få ud af fysikundervisningen.

Konkluderende kan man sige at de kvalifikationskrav, der fra den mere innovative side af erhvervslivet stilles til eleverne, i vid udstrækning formuleres i generelle termer og vedrører personlighedsudvikling. Kendskab til konkret faglig viden vægtes tilsyneladende lavt (men forudsættes ikke desto mindre i et vist omfang).

DANNELSE

Hvor kvalifikationsbegrebet fokuserer på mennesket som arbejdskraft, fokuserer dannelsesbegrebet på mennesket som samfundsvæsen og som "menneske" med en række særlige egenskaber og potentialer. De handler begge om at faget skal give indsigt i et vidensområde. Men hvor den faglige kvalificerings indhold ofte kan bestemmes via en analyse af arbejdsmarkedet "objektive" behov, er dannelsens indhold bredere personligt og samfundsmæssigt og dermed i sidste ende politisk bestemt. Kvalificering er et spørgsmål om overensstemmelse mellem arbejdsmarkedets behov og den enkeltes evner, hvorimod dannelse handler om at opnå nogle personlige og menneskelige indsigter som muliggør opstillingen af nogle kriterier for anvendelsen af den faglige viden. Man kan med en vis ret sige at med dannelsesbegrebet glider en konsensusopfattelse af samfundet mere over i en konfliktopfattelse af samfundet. Fra at finde nogle fælles værdier opstiller man snarere nogle interessepositioner. Dannelse bliver dermed også en politisk proces.
For fysikfaget kunne dette være et spørgsmål om faglig kritisk dømmekraft. Som det fx formuleres af Svein Sjøberg (se senere). Det er ideer, som er langt fremme i international science uddannelsesdebat. I *Beyond 2000* står således:

The purpose of science education, as a component of young people's whole educational experience, is to prepare them for a full and satisfying life in the world of the 21th century. (Millar&Osborne (eds.) 1998, p.2012)

Også et internationalt projekt som PISA projektet[1] formulerer sig i denne retning:

Although the domains of reading literacy, mathematical literacy and scientific literacy correspond to school subjects, the OECD assessments will not primarily examine how well students have mastered the specific curriculum content. Rather they aim at assessing the extend to which young people have aquired the wider knowledge and skills in these domains that they will need in adult life.
((OECD, 1999), p.9)

Disse udtalelser kan naturligvis tolkes som en pragmatisk tilpassen sig de ændrede kvalifikationskrav, som netop er karakteriserede ved den ringere betydning specifik viden tillægges til fordel for øget vægt på processer og omstillingsparathed. Men ikke desto mindre bliver fleksibilitet og personlig udviklingsevne således en kvalifikationskategori der har meget til fælles med traditionelle dannelseskategorier. Ovenstående formuleringer ligger langt hen ad vejen i forlængelse af et traditionelt centraleuropæisk dannelsesbegreb om at udvikle myndige og selvstændige borgere. Selv om motivationerne og intentionerne fra managementteoretikere og internationale udviklings- og uddannelsesinstitutioner til bredere målformuleringer kan tolkes som bundende i traditionel økonomistisk tænkning *kan* de altså godt være i overensstemmelse med mere almene og humane uddannelsesmæssige målønsker. Der *behøver* ikke kun være modsætninger mellem et kvalifikationsudgangspunkt og et dannelsesudgangspunkt for uddannelsestænkning – selv om det nok er klogt at holde øje med hvordan de forskellige agenter ønsker at føre deres visioner ud i livet. En analyse af disse praksiskonsekvenser vil være mere sigende end velsmurte formuleringer.

Dannelse og almendannelse

Det kan virke forvirrende at der i dannelsesdiskursen opereres med to begreber for dannelse: dannelse og almendannelse. Ofte bruges de to begreber synonymt. Fx skriver (Sjøberg, 1998) s. 36:

Vi vil i boka bruke dannelse og allmenndannelse noe om hverandre.

Sjøberg foretager ikke nogen grundig begrebsafklaring, men lægger vægt på det kritiske element i dannelsen/almendannelsen, som betyder at (op. cit. s. 37):

... skolen skal bidra til at elevene utvikler seg til individer som er i stand til å delta på en selvstendig, reflektert og kritisk måte i vårt demokratiske samfunn.

[1] Programme for International Student Assessment er OECDs afløser for TIMSS som skal teste elever ved afslutningen af deres pligtige skolegang for reading literacy, mathematical literacy og scientific literacy. 32 lande dækkende halvdelen af verdens unge deltager.

Meget lig den tendens som tegner sig internationalt gennem fx Beyond 2000 o.l., der er citeret ovenfor.

En dannelsesforsker som Harry Haue (Haue, 1999) skelner mellem de to begreber. Han definerer almendannelse (oplæg på DIG 7/3 2001) som:

Almendannelsen indeholder det væsentligste af videnskaber og indsigter som et samfund har adgang til og brug for, tilpasset en undervisning, der har som mål at udvikle elevens personlige myndighed til at reflektere over sit eget forhold til medmennesker og omverden med et ideelt sigte.[1]

Her er det kritiske aspekt ikke fremhævet direkte, men almendannelsen tillægges to aspekter: et videns/indsigtsaspekt, dvs. et bestemt indhold, og et holdnings/værdiaspekt, her som et kantiansk ideelt medborgerideal, den myndige deltager i samfundslivet. Denne sidste del er den der ofte forbindes med det universelle begreb om dannelse, almendannelsen. Men dobbeltheden går igen i den meste litteratur om dannelse og almendannelse, uden at det altid ekspliciteres.
Almendannelse anses af Harry Haue som noget der tilegnes inden for rammerne af en organiseret undervisning ("tilpasset en undervisning") dvs. bundet til en institutionel kontekst. En sådan begrænsning er jeg ikke enig i. Jeg vil snarere forstå det almene som både det generelle, det der er i en given tid er vigtigt på tværs af rum, og det fælles, det der kommer alle ved. Almendannelsen skal således indfange en forholden sig til det almene i tiden, det der for de mange konstituerer deres livsbetingelser.
Denne opfattelse er i overensstemmelse med dannelsesteoretisk sværvægter som Wolfgang Klafi, der selv er bemærkelsesværdig uklar i sin brug af dannelse og almendannelse. Efter en længere dannelseshistorisk oversigt konkluderer han således med brug af et almendannelsesbegreb (Klafki, 2001) ved at sige at almendannelse er dannelse for alle (s. 55 og 69), der også indeholder tilegnelsen af nogle fællesmenneskeligt vedkommende problemstillinger og inddrager alle grunddimensioner af menneskelige interesser og evner (s. 70). Herefter udvikler han grundtrækkene i et almendannelseskoncept (som han dog også kalder *grundtrækkene i et tidssvarende og fremtidsorienteret dannelsesbegreb* (ibid. s. 65)) på grundlag af en række dannelsesbetragtninger.
Det nærmeste Wolfgang Klafki kommer en definition på almendannelse er nok:

Almendannelsen er i denne henseende ensbetydende med at få en historisk formidlet bevidsthed om centrale problemstillinger i samtiden og – så vidt det er forudsigeligt – i

[1] Denne definition er senere ændret til at "Almendannelse kan udvikle det væsentligste ..." for at fremhæve almendannelsens dynamiske element. Kilde: Personlig kommunikation.

fremtiden, at opnå den indsigt, at alle er medansvarlige for sådanne problemstillinger, og at opnå en beredvillighed til at medvirke til disse problemers løsning.
(Klafki, 2001) s. 73

Igen ser man en dobbelthed af indhold og forholden sig til indholdet. Man skal have styr på nogle centrale problemstillinger og man skal have nogle (normative!) holdninger til den opnåede indsigt. Almendannelsen koncentrerer sig i Klafkis univers om nogle såkaldte tidstypiske nøgleproblemer, og han nævner selv fem nøgleproblemer: Fredsspørgsmålet, miljøspørgsmålet, den samfundsskabte ulighed, de tekniske styrings-, kommunikations- og informationsmedier og den menneskelige subjektivitets rykken i centrum (ibid. s. 73 ff).

I min forståelse glider dannelse over i almendannelse når arbejdet med eksemplariske problemkomplekser udvikler en selvstændighed som kontekstualiserer og analyserer problemerne i forhold til en almen samfundsmæssighed og den lærende selv. Klafki er også inde på denne distinktion, idet han skriver (op.cit. s. 83), at

..."dannelse inden for et almenhedens formidlende element" ikke kun stiller kognitive krav. Det drejer sig her ikke udelukkende om indsigter og intellektuelle evner, men derimod absolut altid også om at muliggøre, at give udtryk for samt at reflektere over emotionel erfaring og involvering og endvidere at appellere til den moralske og politiske ansvarlighed, evnen til at træffe afgørelser og handle.

Dannelse kan således føre til almendannelse, som jeg altså vil opfatte som et mere radikalt og omfattende mål end dannelse, idet almendannelse ikke kun er et spørgsmål om at opnå "det væsentligste af videnskaber og indsigter" og at kunne indreflektere dem i en samtidig samfundsmæssighed, men også at kunne se ud over denne samfundsmæssighed, at kunne se igennem den, hæve sig over den og gøre den til en bevidst del af sig selv. Så at sige kunne bruge (den dannende) viden i en personlig identitetsdannelse og som et handleberedskab.
Almendannelsen har altså et personlighedsoverskridende element i sig i form af en kritisk, identitetsskabende dimension.

Lars-Henrik Schmidt (Schmidt, 1999) skelner ligeledes mellem dannelse og almendannelse (s. 43) med samme betydningsforskel:

Eksempelvis kan en læge være lærd og skikket – som det hedder – til sit arbejde, men han bliver først til en dannet læge, idet han med sin viden og kunnen tager mere materiale ind, dvs. medindtager den naturvidenskabelige og historiske indsigt, der omlejrer hans specifikke fag. Det er denne fagovervindelse, der gør ham dannet og hermed er det også gjort klart, at det er enhver forundt at blive dannet.

...

Men for at være almendannet må denne første overskridelse forbinde sig med en overskridelse med det almene, først mod humanitetet og siden mod civilisationen.

Man kunne vælge at lade begrebet almendannelse være dobbeltbestemt som både det almene i uddannelsen og det dannende ved at arbejde selvoverskridende med det almene. Et sådant begrebsbrug vil muligvis være mere i overensstemmelse med den gængse anvendelse, men da nu begge begreber findes, vil jeg så vidt muligt forbeholde dannelse til de overskridende momenter af især faglig art og almendannelsen til denne overskridelses personlige og samfundsmæssige kvalitet. Det vil dog ikke i det følgende være muligt fuldt ud at opretholde denne distinktion, primært fordi de inddragne kilder blander begreberne ret vilkårligt. Hovedtendensen er at man bruger dannelse om det hele og almendannelse når man vil fremhæve den enkeltes indpasning i samfundet.

Dannelsesbegrebets oprindelse og udvikling

For at komme nærmere de grundlæggende forskelle mellem kvalifikationer og dannelse hvad angår holdninger til hvad eleverne skal lære og hvorfor, er det nødvendigt ultrakort at komme ind på dannelsesbegrebets oprindelse og de vigtigste historiske positioner.

Dannelsestanken, som er et central- og nordeuropæisk projekt, har sine rødder i den græske kultur. Her bestod den pædagogiske udfordring i at tildanne unge efter et ideelt forbillede. Dette ideelle billede var ikke et samfundsskabt ideal opstillet ud fra ønske om økonomisk eller offentlig nytte, men "en kultivering af mennesket i overensstemmelse med dets egen bestemmelse" ((Nordenbo, 1999), s. 10). Derfor "undergraver dannelsesforestillingen netop også ethvert forsøg på at begrænse mennesket til alene at varetage nogle bestemte samfundsmæssige funktioner" (Nordenbo 1999, s. 11). Dette ses også af det indhold, som dannelsestænkningen kanoniserede. Enhver fri græker skulle beskæftige sig med nogle bestemte "frie" fag, dem som romerne senere kaldte "de syv frie kunster" (grammatik, retorik, dialektik, aritmetik, geometri, musik og astronomi), der tilsammen "danner individet i overensstemmelse med dets bestemmelse som menneske og er i harmoni med det almene, som repræsenteres af det offentlige" (Nordenbo 1999, s. 11). Det var således ikke nytten, men mennesket selv i sin samfundsmæssighed, der var udgangspunktet og målet.

Op gennem middelalderen blev dannelse erstattet med *opdragelse*. Den ideelle stræben blev erstattet af (især kirkens) bastante trækken folk et bestemt sted hen, nemlig væk fra menneskets iboende synd op til kirkens frelse. En frelse der nok krævede fromhed, men også hårdt arbejde, man skulle gøre samfundsmæssig nytte. Med humanismen indvarsles i renæssancen *undervisningens* tidsalder. Viden skal vises frem, så de uvidende kan løftes op på samme niveau som læreren (jfr. det franske verbum "elever" lig "at løfte"), og dannelse blev lig med kendskab til det der vedrører mennesket: sprog og kultur (historie, kunst, litte-

ratur mm), dvs. de humanistiske fagområder. Den moderne kulturs vugge står i renæssancen. Dette humanistiske dannelsesideal blev af Comenius midt i 1600-tallet udvidet til en universel dannelse, hvor den dannede skulle lære alt så grundigt og alsidigt som muligt. Den encyklopædiske viden kom i centrum. Men i samme bevægelse forsvandt fysikken ud af dannelsen. Op gennem renæssancen udvikles naturvidenskaben nemlig hånd i hånd med matematik, teknik og håndværk, som var nødvendige forudsætninger for fysikkens landvindinger ((Docter & Sølberg, 2001) s. 12). Ud af renæssancen fremstår humanisten derfor som en dannet og vidende person, mens naturvidenskabsmanden fremstår som en nyttig person – grunden til adskillelsen af de to kulturer er lagt. Rousseau gjorde i midten af 1700-tallet oprør mod den humanistiske og universelle dannelses nyttetilgang til viden. Han fremhævede vigtigheden af at lægge vægt på barnets egen (kreative) udfoldelse i overensstemmelse med dets iboende anlæg.

Med *ny-humanismen*, repræsenteret af fx Hegel og von Humboldt i begyndelsen og midten af 1800-tallet, etableres det dannelsesideal som op til i dag har været afgørende for dansk (og nordeuropæisk og nordisk) uddannelsestænkning[1]. Mennesket skal nu hverken underkaste sig et samfundsbestemt nyttebegreb eller overlades til en verdensfjern selvudfoldelse. Der skal derimod skabes en frigørende forbindelse mellem selvet og dets omverden, og den fornuft der driver den lærende fremad, er lejret i historien og kulturen. Det centrale i ny-humanismens dannelsesbegreb er dets fokuseren på menneskets muligheder for at udvikle sine iboende anlæg. Målene findes i mennesket selv, ikke i omgivelserne. Hegel taler om dannelse som "sichbildung" og siger, at idet mennesket (til)danner tingen, så danner det sig selv ((Mortensen, 1998), s. 39). Dannelsesprocessen som en læreproces og læreprocessens dannelsesaspekt er den objektive, offentlige realitets bevidste inderliggørelse i den lærende. I denne dobbeltbevægelse af læring og dannelse kan man ikke adskille det "bevidste" fra "inderliggørelse" eller fra "realitet". Den enkelte skal reflektere over nogle forhold uden for sig selv for at gøre dem til sine egne, på sine egne præmisser.

Netop den læringsteoretiske konstruktivismes insisteren på den lærendes aktive opbygning af viden og holdning og dens overvejelser over hvorledes der bringes samhørighed mellem denne (subjektive) viden og omverdenen falder fint i tråd med de centrale ideer i et sådant ny-humanistisk dannelsesbegreb. Forskellige konstruktivismesyn vil se forskelligt på dialektikken mellem mennesket og omverdenen. De objektive forhold skal transformeres til en subjektiv erkendelse, som nogle så i dag vil sige er med til at formulere de objektive forhold. Og socialkonstruktionister (se s. 128f) vil gå skridtet videre og mene at der ikke er nogen objektive forhold, men at mennesket skaber dem ved at begrebssætte verden.

---

[1] Her må påpeges den velkendte kendsgerning at dannelse findes som et nordisk og tysk begreb (ty: bildung), men ikke som et begreb inden for den angelsaksiske tradition. Det engelske "education" indeholder dog aspekter af dannelse i sig, og ofte sammensættes det med fx cultural eller liberal education. Den engelske professor i pædagogisk filosofi, R. S. Peters, har således i sin artikel *Ambiguities in Liberal Education and the problem of its content* (dansk oversættelse ved Sven Erik Nordenbo: Om almenbegrebets flertydighed –

Kategorial dannelse som almendannelsens dannelseselement

Op gennem den pædagogiske historie har tyngden i de didaktiske dannelsesteorier svinget mellem de to sider af dannelsen, den indholdsmæssige og den formmæssige. For at få udfoldet denne dialektik og som et bud på en mere favnende dannelsesopfattelse vil jeg gennemgå Klafkis kategoriale dannelse og hans argumentation herfor.

Wolfgang Klafki er runden af og vedkender sig arven fra de ny-humanistiske dannelsesteoretikere (Nordenbo, 1983), men forsøger med udgangspunkt i en kritik af disse og andre at udvikle sit eget dannelsessyn. Klafki samler de hidtidige dannelsesopfattelser (inden for især uddannelsessystemet) i to hovedgrupper: *materiale* dannelsesopfattelser som lægger vægt på udvælgelsen af indholdet i undervisningen og karakteren af det stof som anvendes i dannelsesarbejdet, og *formale* dannelsesopfattelser som mener at uddannelsens dannelsesaspekter skal findes via de (personlighedsmæssige) ændringer uddannelsen bibringer eleven, dvs. de kvaliteter eller færdigheder der fremmes hos eleven[1] . Begge de to grundformer deles op i to:

Materiale dannelsesteorier:

Den dannelsesteoretiske objektivisme

ser videnskabens viden og vidensstruktur som det egentlige mål med dannelsen:

Dannelse er ud fra dette synspunkt den proces, gennem hvilken kulturgoder – etiske værdier, æstetisk indhold, videnskabelig erkendelse osv. – i deres objektive beskaffenhed finder indgang i en menneskelig bevidsthed. ((Klafki, 1983), s. 38)

De videnskabscentrerede læseplaner som slog igennem i 60'erne kan ses som udtryk herfor. Det er et dannelsessyn som løsriver viden fra dets historiske kontekst og giver det evig gyldighed og værdi. Netop inden for naturvidenskaberne med deres tro på objektivitet har dette dannelsessyn haft stor udbredelse. Det giver dog ingen pædagogiske (eller faglige) udvælgelseskriterier, så man ender let i et encyklopædisk fagsyn hvor kravene i et fag bliver en neddroslet udgave af videnskabsfaget.

Dannelsesteorien om det klassiske

tager højde for denne kritik ved at angive nogle kriterier for udvælgelse:

---

og problemet om dets indhold (Peters, 1980)) en bestemmelse af dannelse som ligger tæt op ad den danske/tyske tradition.

1 Denne fremstilling er baseret på den danske oversættelse (Klafki 1983) af Klafkis artikel fra 1959.

Ikke ethvert kulturindhold er på forhånd i kraft af sin karakter af værdi tillige dannelses-indhold, det dannende ligger ikke på forhånd i indholdets videnskabelige struktur som sådant; i egentlig forstand er det kun det klassiske, der virker dannende. (Klafki 1983, s. 41)

Dette skal ikke forstås som en binding til en bestemt historisk epoke (fx antikken), men som en fremhævelse af vigtigheden af at kende til de centrale kulturfrembringelser i betydningen at de *overbevisende, rystende og opfordrende til efterfølgelse lader bestemte menneskelige kvaliteter blive transparente* (op.cit. s. 41). I det omfang der hersker enighed på bjerget om hvilke kulturelle frembringelser inden for et fagområde der skal opfattes som "klassiske", kan disse naturligvis med god ret siges at udgøre et nødvendigt (men ikke nødvendigvis tilstrækkeligt) vidensområde. Et fagområdes "klassiske" kulturfrembringelser kan anskueliggøre grundtemaer inden for feltet, som kan tjene som en vigtig indføring i fagets kultur og måske give inspiration til løsninger i forbindelse med arbejde med andre problemstillinger inden for faget. Det er fx svært at forestille sig en almendannende fysikundervisning som ikke inddrager nogle af de store paradigmeskift i fysik (fx Galileis metode, kvanteteorien). Faren er at en kanonisering af hvad der er klassisk også er konserverende og derfor kan være hæmmende for en faglig udvikling.

Formale dannelsesteorier:

Teorien om den funktionelle dannelse

har siden Humbolt i 1800-tallet været den dominerende dannelsesopfattelse i gymnasiepædagogikken.

Det væsentlige ved dannelsen er ikke optagelse og tilegnelse af indhold, men formning, udvikling, modning af legemlige, sjælelige og åndelige kræfter. Dannelse som værk er indbegrebet af de i en person forenede, i beredskab stående kræfter til at iagttage, tænke og (be)dømme, til æstetisk følelse, etisk vurdering, til at beslutte sig til og til at ville osv., der senere kan træde i "funktion" over for voksentilværelsens indhold. (Klafki 1983, s. 46)

Man skal altså lære nogle almene måder at forholde sig til fagets problemer på, som kan bringes i anvendelse på alle fagets forhold. Det er ideen om transfer der er det centrale. Indholdsmæssigt har man historisk ment at især klassiske sprog og matematik var velegnede til at udvikle en sådant intellektuelt beredskab. Matematik trænede "tænkemusklen".
Der er imidlertid overbevisende vidnesbyrd om at overførselsværdien af lærte evner er ganske ringe (se s. 88 og 126). Klafki drager selv denne slutning:

Hvad "fantasi", "relations-tænkning", "iagttagelsesevne" osv. er, det er åbenbart afhængigt af strukturen af indholdet, der tænkes, udkastes som fantasiforestilling, iagttages som

"genstande". Altså kun i forhold til et bestemt indhold får begrebet "ånd" og kun med henblik på mødet mellem barn og indhold får begrebet "dannelse" en mulig betydning. (Klafki 1983, s. 49)

Teorien om den metodiske dannelse

ligger i forlængelse af teorien om den funktionelle dannelse. Udgangspunktet er den overvældende vidensmængde som umuliggør en indholdsmæssig dannelsesbestemmelse. I stedet for at udvælge typiske emner, og uden at ville opøve særlige "kræfter" hos den lærende, lægges vægt på at eleven lærer fagets metoder:

Dannelse betyder her: opnåelse og beherskelse af tænkemåder, følelseskategorier, værdimålestokke, kort sagt: af metoder, ved hjælp af hvilke det unge menneske kan tilegne sig mængden af indhold, når de senere livssituationer kræver det. (Klafki 1983, s. 50)

Der er inden for science-uddannelse en del som arbejder inden for et sådant dannelsessyn, idet de fremhæver vigtigheden af at lære fagets processer frem for dets produkter [(se s. xx)]. Traditionen kan kritiseres på samme måde som den funktionelle dannelse, nemlig ved at problematisere eksistensen af indholdsuafhængige processer, idet det viser sig at:

... enhver metode og ethvert system af kriterier kun er forståeligt i sammenhæng med det indhold de sigter på. Man kan altså kun udkaste, udarbejde, teste og benytte metoder ved konfrontation med selve indholdet. (Klafki 1983, s. 52)

Kategorial dannelse:

Ingen af disse fire dannelsesteorier kan siges at indfange et helstøbt dannelsesfænomen, selv om de hver især kan indeholde væsentlige aspekter heraf. Frem for så at forsøge en sammenføjning eller en gensidig komplementering af de fire betragtningsmåder fastholder Klafki at dannelse er et hele der ikke kan opnås ved en sammenstykning af "deldannelser". En sådan fremgangsmåde ville nemlig implicit være en accept af eksistensen af fx en formal dannelse som så skulle suppleres med fx et materielt indhold. I stedet formuleres – gennem en række billeder og tanker - et begreb om en såkaldt kategorial dannelse. Men begrebet fremstår langt fra klart og operationelt. Klafki tager udgangspunkt i det eksemplariske princip som det er formuleret af Martin Wagenschein[1] og bruger også Wagenscheins eksempel med "månen og dens bevægelse", der er et gymnasialt undervisningsforløb som gen-udfører Newtons forklaringsprincip for månebevægelsen via en sten der kastes med stadig større fart. Ved selv (under lærervejledning) at måle og beregne på denne problem-

[1] Klafki henviser til Wagenschein: Natur physikalisch gesehen, Frankfurt am Main, 1953.

stilling, som er en klassisk problemstilling der indeholder en objektiv struktur i en simpel og tilgængelig form – og altså opfylder fordringerne til de to materiale dannelsesteorier – kan eleven ikke alene opnå en indsigt i fysikkens grundtanker, men en indsigt som samtidig åbner op for en almen livsbetydning, for en udviklet åndelig "kraft" i den funktionelle dannelses forstand. Den metodiske dannelses grundidé genfindes også i eksemplet, fordi

... dannelsesindholdet slet ikke rigtigt kan forstås, uden at eleven selv går "vejen" der fører til det, i det mindste i forenklet form. Indhold og metode er uløseligt forbundet med hinanden. Indholdet rummer i sig den vej, som det er blevet til indhold på ... (Klafki 1983, s. 58)

Der sker altså gennem arbejdet med eksemplet en dobbeltbevægelse, idet de eksemplarisk-indholdsmæssige aspekter forenes med den lærendes åbnen sig for stoffet i en metodisk tilegnelsesform. Dette forsøger Klafki at formulere:

Dannelse benævner vi det fænomen, ved hvilket vi – i vor egen oplevelse eller i forståelsen af andre mennesker –umiddelbart begriber enheden af et objektivt (materielt) og et subjektivt (formelt) moment.
... ensbetydende med, at en fysisk og åndelig virkelighed har åbnet sig for et menneske – det er det objektive eller materielle aspekt; men det vil samtidig sige: At dette menneske har åbnet sig for denne sin virkelighed – det er det subjektive eller formelle aspekt såvel i "funktionel" som i "metodisk" forstand.
...
Dannelse er kategorial dannelse i den dobbeltbetydning, at en virkelighed "kategorialt" har åbnet sig for et menneske og dette menneske netop selv er blevet åbnet for denne virkelighed – takket være indsigt, erfaringer, oplevelser af "kategorial" art som dette menneske selv har fuldbyrdet (Klafki 1983, s. 61-62)

Det er interessant hvorledes disse formuleringer ligner den konstruktivistiske læringsteoris måde at beskrive læreprocesser på. Ligesom konstruktivismen ser læring som en vekselvirkning mellem den lærendes subjektive opfattelse og omverdenens realiteter[1] er grundideen i Klafkis kategorialdannelsesteori en dialektik mellem det subjektive og det objektive i undervisningen. Den kategoriale dannelse opnås gennem den personlighedsformende tilegnelse af kategorier der er eksemplariske. Så der er her nogle – ganske vist brede – bud på indholdsudvælgelsesprincipper, som jeg senere vil udbygge og anvende i relation til fysikfaget.

I sin grundforståelse har dannelse og læring således det samme sigte, nemlig en bevægelse mellem det kendte og det ukendte, en rejse ud i verden hvor vi kommer i kontakt med det

[1] Som alt efter konstruktivismeteori kan opfattes som værende mere eller mindre objektivt givet

fremmede, ser det og tolker det med det udgangspunkt vi nu har, men hvor vi samtidig åbner os for det så vi kommer ud over vores fordomme og lader os påvirke og ændre af det og i den sidste ende kommer hjem igen som et rigere menneske. Man går i dialog med det ukendte og transformerer det inden i sig selv – og sammen med andre – til noget kendt.
Dannelse er desuden altid koblet med et vist konkret indhold. Man møder nogen eller noget og dannes gennem arbejdet med dette bestemte emne eller bestemte problem. Men pointen i denne sammenhæng er, at dannelsesbegrebet i sin samlede historie altid har rettet op på en ensidighed, har udgjort en modvægt til det enkle og umiddelbare, ved at balancere mellem modsætningspar såsom det indholdsmæssige og det formmæssige, det tænkende og det handlende, det intellektuelle og det færdighedsmæssige, det fælles og det individuelle, det traditionsbestemte og det kritiske. Dannelse har med von Humboldts noget højstemte definition (Encyklopædien bd. 4, s. 598) udgjort:

... den højeste og mest afbalancerede udvikling af mennesket.

Dannelse i dag – og et fysikfagligt dannelsesbegreb

Kan et ny-humanistisk dannelsesideal med rødder i det antikke Grækenland have relevans for nutidens uddannelser? Og hvad vil det så sige at være dannet i fysiksammenhæng?
Svaret på det første er et delvist ja. Et dannelsesbegreb kan som vist opstille nogle kulturrundne og menneskeværdibaserede idealer for undervisningen og dermed udgøre et nødvendigt modspil til en markedsorienteret målfastsættelse i kvalifikationstermer. Om det så skal være Klafkis viderebearbejdning af den ny-humanistiske dannelse der skal stå i centrum kan naturligvis diskuteres. Denne har den fordel at den giver nogle retningslinier for stofudvælgelse, som jeg vil vende tilbage til senere. Men når det kun er et delvist ja til nutidsrelevansen af et ny-humanistisk dannelsesideal, skyldes det at det skal tilpasses det postmoderne[1] samfund.

Almendannelse i det postmoderne samfund

Almendannelse (og dermed dannelse) må i dag ses i lyset af samtidens karakteristiske personlighedstræk og samfundsmæssige vilkår, som udtrykker de tendenser og modsætningspar den skal tematisere og afbalancere. Det vil på *individplan* sige postmodernismen med dens individualisering og dens krav om en evig identitetsdannelse gennem refleksive, selvdannende processer, sådan som det er analyseret af navne som Thomas Ziehe (Ziehe, 1989; Ziehe & Stubenrauch, 1983), Niklas Luhmann (Luhman, 1998(1988); Rasmussen, 1996) og Anthony Giddens (Giddens, 1997). Det personlighedsdannende forstået som etableringen af et ego og en grundlæggende personlighedsstruktur i den klassiske og ny-humanistiske dannelsestradition blev anset som værende på plads tidligt i opvæksten gen-

[1] Jeg bruger denne betegnelse om det senmoderne samfund, som også kaldes det refleksivt moderne (et begreb som bl.a. bruges af Ulrick Bech og Anthony Giddens).

nem den socialisering børn og unge blev udsat for. Deres identitet var sikret gennem de stærke forbilleder de - i modsætning til nutidens unge - var blevet præget af i deres opvækst. Postmodernismens unge har ikke på samme måde en (næsten-færdig) identitet, der på et tidspunkt kan (videre)dannes. Når de rejser ud har de, p.gr.a. den svagere prægning fra forældre og øvrige familie, ikke så meget med, de har så at sige kun en veg subjektivitet som sparringspartner til den omgivelsernes påvirkning der skulle sikre dannelsen (og læringen). Samtidig med dannelsen skal der derfor ske en kontinuert personlighedsstrukturering. Deraf denne refleksivitet, denne selviscenesættelse som gør dannelsesprocessen til ikke kun en formningsproces, men en opbygningsproces.
Dannelsesproblematikken yder – med Lars-Henrik Schmidts udtryk – en individualitetsoverskridende individualitetsforsikring (Schmidt, 1999)(s. 35). Individualiteten skabes og fastholdes gennem selvoverskridelse i det sociale. Men vilkårene hvorunder det sker er ændrede. Den kulturelle frisættelse (Ziehe & Stubenrauch, 1983) har som sin pris nødvendiggjort en uafbrudt identitetsskabelse, eller rettere en skabelse af mange identiteter svarende til de arenaer den unge færdes på. En sammensathed som skal fungere som en entitet. Mortensen (1998) citerer Jan Kjærstad: "Jeg tror, det er en erfaring, jeg har gjort i mit eget liv; at din identitet ikke er én fast kerne, men at du består af mange kerner og alligevel er fuldt og helt et selv eller et jeg, blot et meget større jeg, end vi almindeligvis tror" (s. 43-44). Dannelsesmålet er her en evne til integritet, selvrelationering og selvoverskridelse, som ifølge Mortensen har samme grundparadigme som ny-humanismen (s. 44):

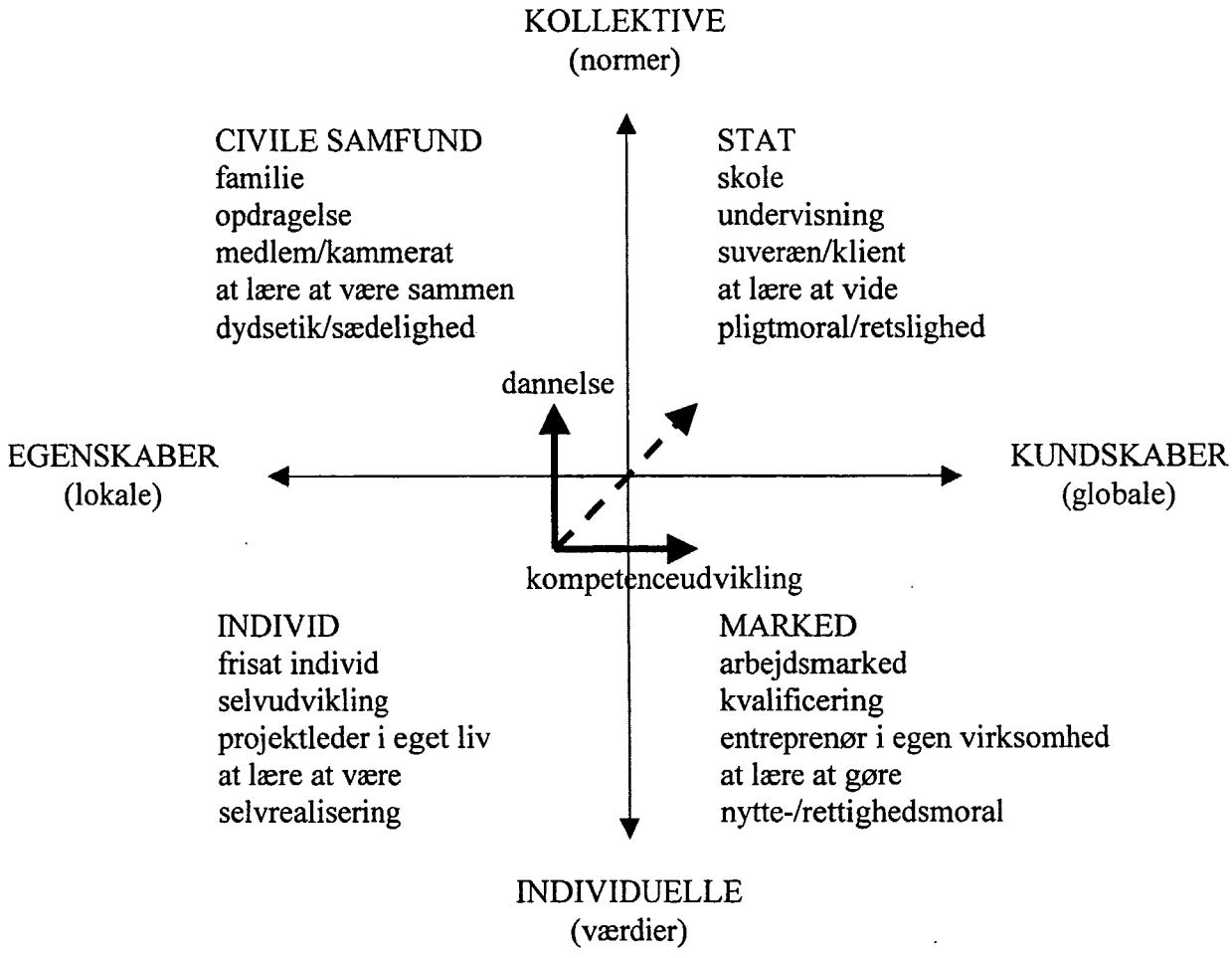
For dannelsen hos Giddens fastholdes jo netop som en selvreflektorisk ydelse, der forsyner mennesket med en anden natur – "an integration of the self" – på trods eller måske snarere i kraft af den moderne kulturs uoverskuelige kompleksitet. Og grundpositionen for den selv-dannende virksomhed er måske også i sin inderste kerne den samme som den var for Hegel: det selvreflekterende individ, der hævet over det umiddelbare naturtilhørsforhold, konfronterer sig med det fremmede, dvs. den objektiverede, menneskeskabte anden natur, for at få sig selv tilbage i en mere omfattende skikkelse end før – jævnfør Kjærstads ord om det jeg, der opdager, at det er større end det selv tror.

Det er stadig overskridelsen der er dannelsens grundmetafor, og dannelse ses som samtidig udvikling af individualitet og socialitet. Men det er afgørende at denne overskridelse har en retning, en smag, en æstetik. Ecstacyindtagelse eller bjergbestigning kan næppe siges at bidrage til dannelsen af et *socialt* selv. Det er min påstand at et ny-humanistisk dannelsesindhold i det moderne samfund nødvendigvis må suppleres med en naturvidenskabelig dimension, med selvoverskridelsesoplevelser inden for fx fysikkulturen. Det er nødvendigt for at opnå den fulde kritiske refleksivitet som er dannelsens væsen og den almene orientering som er almendannelsens fordren.
Musik og litteratur kan trancendere, kan vise uerkendte sider af én selv og af livet, kan vække følelser og lidenskaber og inspirere til dybt selviske eller yderst uegennyttige hand-

linger. En sang af Bjørn Afzelius kan som i et lynglimt vise kærlighedens væsen eller kapitalismens ondskab.
Det er andre sider af tilværelsen fysikken kan gøre opmærksom på og give indsigt i. Det handler om tankens stringens, om den logiske erkendelses veje. Viden om at det er muligt ud fra bestemte præmisser at afgøre hvad der er rigtigt og forkert. Men det handler også om en konkret indsigt i universets materielle logik. En logik som selv om den er opbygget af mennesker rækker ud over mennesket selv, i en perspektivering af menneskeheden i forhold til universets tid og rum. Fysikken tilbyder en stor fortælling om livets materielle vilkår. En tilværelsestolkning – en personlighed - må nødvendigvis inddrage disse aspekter for at muliggøre en tidssvarende ageren i og forholden sig til eksistentielle problemstillinger.

På *samfundsmæssigt plan* tales om senkapitalismens globale risikosamfund hvor de store fortællinger er umulige, markedet gennemtrænger alt med dets muligheder og konsekvenser, og de upåvirkelige risici er et livsvilkår (Beck, 1992).
Under disse vilkår er en individualitetssikrende dannelse ikke nok, der er også brug for en (almen)dannelse som kan sikre velfærds*samfundet* når velfærds*staten* afvikles (Schmidt, 1999)(s. 34). Der skal så at sige bygges bro mellem den enkelte og det fælles ved at dannelsen har en retning, nemlig hen imod en fælles civilisatorisk ageren.
I et foredrag[1] om kompetence contra dannelse påpegede idéhistorikeren Jens Erik Kristensen hvorledes begge begreber tager afsæt i det individuelle, men har hver sin retning. Han opstillede følgende figur[2] over det senmoderne samfund og det pædagogiske felts aktuelle rationaler heri:

[1] På DIG den 7/3 2001.
[2] Min tegning er en sammensætning og bearbejdning af flere af Jens Erik Kristensens figurer.



Hvor kompetenceudvikling i Jens Erik Kristensens opfattelse handler om oprustning i forhold til markedet – og har kunnet tage dagsordenen fra opdragelse og undervisning – så er dannelse et spørgsmål om indkulturering i civilsamfundet.

Problemet i det senmoderne samfund er at der ikke findes nogen almen, fælles, samlende kultur. Så dannelsen kan meget let blive en selvdannelse, der nok er individualitetssikrende og individualitetsoverskridende, men som skrider i retning af individualisering og forskellighed – væk fra det almene! Jeg har tegnet en stiplet pil for at antyde en måske ønsket retning for en almendannelse. Jeg tror det vil være en samfundsnyttig dyd at lære at tænke som statsborger, at lære at se bort fra egne egoistiske (og individuelle) interesser, at genindføre et almenvel. Så en almendannelse der også peger i dén retning vil kunne sejle op mod postmodernitetens opløsning af normer og fællesskab.

Måske er det det Lars-Henrik Schmidt mener, når han skriver:

Man kan også sige, at dannelse er at overvinde sig selv og at almendannelse i parallel hertil er at overkomme sig selv. (ibid. s. 38)

Et andet vigtigt aspekt af det senmoderne samfund er dets høje kompleksitet og informationsrigdom. Lars Qvortrup taler om det hyperkomplekse samfund (Qvortrup, 2000). Dannelse i dette felt vil stille krav om at kunne holde sammen på mangfoldigheden, at kunne magte refleksiviteten i selvopbyggende forløb, så de på trods af risici og fragmentering bliver en selvdannelse. Lars Qvortrups svar på informationssamfundets udfordring er differentiering og selvbevidst tilpasning (op.cit. s. 13-14):

Skal det alternative sammenfattes i en sætning, vil jeg sige: differentiering og selvbevidst tilpasning. Skal man nøjes med et ord, er det: læring. Differentiering betyder, at samfundet og dets institutioner skal kunne mobilisere mere end ét svar og skal kunne betjene sig af mere end én optik. Selvbevidst tilpasning betyder læring, og efter min mening kan læring beskrives på tre niveauer: Et samfundsmæssigt, et organisatorisk og et individuelt.
... mens skolen i stigende grad individualiseres – dvs. ophører med at fremstå som "samfund" – iscenesættes samfundet mere og mere som skole, dvs. som arena for livslang læring. ... "læring" er den måske mest hensigtsmæssige metafor for forståelsen af samfundet.

Så selv om dannelsens grundfigur på sin vis er den samme, er dens vilkår blevet vanskeligere – i hvert fald inden for skolens rammer. Samtidig ses igen hvorledes (almen)dannelse – også i senmoderniteten – ligestilles med læring.

Hvordan kan almendannelse og dannelse så realiseres gennem uddannelse i fagene og specielt i fysik?

Jeg vil først svare inden for den ny-humanistiske dannelsesopfattelse og til sidst supplere med overvejelser i relation til det postmoderne dannelsesbegeb.

I lyset af dannelse som læring, kan svaret inden for den ny-humanistiske dannelsestradition delvist udledes af de læringsbetragtninger, der har båret denne afhandling. Her har fokus været på udvikling af autentiske processer, dvs. arbejde på en bestemt måde med et emne/problem valgt efter visse retningslinier. Dette er langt hen ad vejen overensstemmende med Klafkis kategoriale dannelse inden for den ny-humanistiske tradition. Denne dannelse opnås ved at arbejde med fagligt eksemplariske fænomener på en måde som involverer hele elevpersonligheden. Det er i syntesen mellem den fysikfagligt relevante udvælgelse og den læringsmæssigt bedste pædagogiske tilrettelæggelse at der er mulighed for at tilegne sig en selvoverskridende faglighed. Som elev skal man, ved arbejdet med fagligt eksemplariske problemer og eksempler, have oplevelsen af at dette ændrer én, dette giver et andet syn på noget kendt eller en betydningsfuld indsigt i noget ukendt. Både som lærer og elev

har man en klar fornemmelse for når dette sker. Lydhørheden og samhørigheden vokser, man har følelsen af at være fælles om noget, af at dette er vigtigt
Fysikken er fuld af emner og problemer, som har potentialet til på eksemplarisk vis at bære en central faglig erkendelse. Et gennemarbejdet eksempel inden for et ellers ret traditionelt område er pendulet. Matthews har i flere sammenhænge udviklet mulighederne i dette eksempel (Michael R Matthews, 1998), som både tematiserer historiske og filosofiske grundlagsproblemer samtidig med at det giver mulighed for at arbejde med de fleste af fysikkens repræsentationsformer (se s. 170).
Det er naturligvis ikke så enkelt at man blot kan lade fysikundervisningen bestå af en perlerække af bevidsthedsudvidende eksempler og problemstillinger. Der skal ofte oparbejdes et solidt kendskab til grundlæggende begreber og færdigheder før man har forudsætninger for med fuldt udbytte kan kaste sig over de spektakulære eksempler. At overkomme denne nødvendige løbetræning, som Jens Højgaard Jensen kalder det, er langt hen ad vejen at spørgsmål om pædagogisk bemestring af undervisningen. Det handler dels om at starte rigtigt, at bruge meget tid på i starten af et forløb at gøre problemet tydeligt og relevant, så den vækkede nysgerrighed og undren kan bære gennem de mere pligtbaserede dele af forløbet. Og så er det dels et spørgsmål om at have et refleksivt, metaperspektiverende beredskab i forhold til undervisningen, at kunne gøre det sure slid med udledelsen af ligningen til et nødvendigt led i den store fortælling, så at sige solidarisere sig med elevernes beklagen sig over fx den svære matematik i en fælles bevidsthed om at det er et nødvendigt onde man skal igennem for at komme frem til det fælles mål.

En del fremhæver naturvidenskaben som væsentlig i et almendannelseslys, netop fordi naturvidenskaben står for noget alment, hævet over nationaliteter og individer. Jens Morten Hansen skriver således (Hansen, 2001)(s. 5):

Naturvidenskaben (har) en enestående evne til at kunne identificere, hvad vi kan være enige om, så vi overhovedet kan finde en hensigsmæssig måde at udveksle erfaringer og tanker på. Uden naturvidenskaben kunne vi ikke opnå enighed om et fælles grundlag – og derfor giver uddannelse og dialog på tværs af de enkelte personers holdninger ikke mening uden en vis naturvidenskabelig skoling. Ikke alle argumenter er lige gode. I alle kulturer formår naturvidenskaben at skelne mellem "sand og falsk" med de samme argumenter. Det betyder bl.a., at den moderne naturvidenskabelige tænkemåde er en uvurderlig drivkraft, der mere end noget andet har knyttet tænkende mennesker sammen i et globalt fællesskab, mens man i andre filosofier, hvad enten de er videnskabelige, politiske eller religiøse i langt højere grad danner "skoler", der bekriger hinanden med såvel ord som våben.

Claus Emmeche er inde på noget af det samme, hvilket fremgår af titlen på hans artikel: "Naturvidenskab – sand almen dannelse" (Emmeche, 1999) (s. 7-8):

Det er for så vidt ligetil: Naturen har, til forskel fra kulturen, ingen nationale grænser og særpræg. Derfor, skulle man mene, vil de elementer af naturvidenskab, der måtte indgå i "almen dannelse" være sandt almene, og ikke særegne for en alment dannet franskmand, tysker eller københavner.

Emmeche argumenterer derefter for naturvidenskabens stabilitets- og identitetsgivende muligheder i en verden uden den nationalisme, der var (den ny-humanistiske) dannelses ideologiske baggrund, men som i stedet nu er præget af hyperkompleksitet og kulturrelativisme. Han fremhæver fire forhold ved naturen og naturvidenskaberne, som man som borger i et moderne risikosamfund bør kende til:

Viden om natur
Viden om naturvidenskab
Bedre forståelse af naturvidenskabens grænser
Viden om videnskabens værdi

En sådan viden er for Emmeche vigtigere end kanonisering af tilfældige elementer af videnskab (s. 12):

Det er vigtigere at lære, hvordan videnskaben fungerer i praksis, og at denne praksis er værdi-styret af nogle (ikke altid helt opfyldte) idealer, end det fx er at vide, at Ørsted var en stor dansker, der opdagede elektromagnetismen.

Med denne opfattelse er vi ovre i postmodernitetens krav til fagene.
Det postmoderne samfund er karakteriseret ved individualisering og differentiering. Den enkelte må derfor selv tillægge sig selv og sit virke mening i en verden hvor der ikke er én sandhed, men flere mulige, ligeværdige og konkurrerende opfattelser med hver sit værdigrundlag. Dette stiller krav om at skolerne ruster eleverne til at *kunne meningssætte* det de oplever og til at *kunne vurdere* mellem forskellige alternative muligheder.
I postmodernismens selvspejlende og selvdannende lys skal Klafkis nyhumanistisk inspirerede (almen)dannelse og Jens Morten Hansens og Claus Emmeches almendannelsesovervejelser derfor suppleres med en evne til at kunne reflektere over faglige forhold i relation til sig selv og i relation til en overordnet faglighed.
Det vil på den ene side sige at kunne forstå fysikkens tankeprocesser og forståelsesmåder og kunne *relatere* dem til sin egen (hverdags-)tænkning. Fx at kunne indse hvorledes Galileis metode adskiller sig fra en empiristisk vidensopfattelse (jfr. s. 93f). Hvorledes fysik handler om konstruktion af nogle begreber der kan indfange og reducere komplekse sammenhænge i modsætning til en hverdagsbeskrivelses narrative mangfoldighed. Det handler

om at lære at *forholde sig til omverdenen*, så den ikke blot bliver en række ydre, tilfældige og uforståelige fænomener, men så den ved hjælp af fysikkens begrebsapparat kan blive meningsfuld og begribelig.
På den anden side er det nødvendigt at kunne *selektere og perspektivere*. Dvs. at der i faget skal være mulig for at vælge at arbejde med forskellige faglige sammenhænge, og valgene skal diskuteres og relateres til hinanden og til den samlede faglighed.

Jeg har samlet de forskellige aspekter af fysikfagets dannelsespotentiale i følgende oversigt:

	DANNELSE	ALMENDANNELSE
NY-HUMANISME	Kritisk faglighed Grundlæggende viden om naturen (fagovervindelse)	Personlig stillingtagen Viden om naturens grænser og naturvidenskabens værdier (civilisationsperspektiv)
POSTMODERNISME	Mig og faget Hvad betyder fysik for mig? Fysikkens tænkemønstre og hvordan kan jeg bruge dem?	Mig og faget ift. stat og i et globalt perspektiv. Fysik i feltet af videnskaber (fysikkens tænkemønstre i relation til andre tænkesystemer)

Fysikken kan tilbyde en samlet, stor fortælling. En helhed inden for et afgrænset område af tilværelsen, hvor det er muligt på præcise præmisser at udvikle udsagn der kan valideres eller falsificeres. For at kunne erkende dette er det nødvendigt at arbejde med fysikkens begreber og metoder, at udøve fysik; det er ikke nok at lære *om* fysik. I fysik kan man opleve og kvantificere fænomener fra ens omverden i forenklet form. Man lærer at arbejde med en abstraktion. Man lærer, erkender, indser, oplever og glædes over at det er muligt gennem intellektuel aktivitet at forstå noget meget indviklet gennem en videnskabelig procedure – teori kan bruges. Men teori har naturligvis sin begrænsning som man skal være opmærksom på. Dette indses bedst (måske kun?) gennem praktisk arbejde med teorierne. Men arbejdet med fysikken skal integrere metaaspekterne, og der er ingen tvivl om at de skal fylde mere for at give plads til en øget refleksivitet. Samtidig skal vægten nok ligge på de kvalitative sider af faget (i hvert fald på obligatorisk niveau), men en vis matematiseren og kvantificeren er nødvendig for fuldt ud at kunne forstå fysikkens styrke.
Et sådan fysik-dannelse åbner op for erkendelser om naturvidenskabernes muligheder og begrænsninger. Man bliver opmærksom på hvad fysik kan og hvad fysik ikke kan, og hvorfor den kan det, den kan. Man lærer at se fysikken som en historisk betinget arbejdsform og at kunne arbejde med dens redskaber ud fra en bevidsthed om denne betingning. Samtidig indlejres fysikken og dens erkendelsespotentiale i en samfundsmæssig kontekst.
Herved bliver fysikkens dannelse en overskridende almendannelse.

Om det er muligt at nå så vidtgående mål som her beskrevet i løbet af gymnasiets to obligatoriske år er en anden historie. Det vil i hvert fald nødvendiggøre ret omfattende omlægninger af undervisningen.
Men det kan være en formildende omstændighed ved en sådan omlægning, at arbejdet med at udvikle et dannelsesperspektiv i undervisningen har læringsmæssige implikationer. En forståelse for fysikkens tankemønstre vil lette tilegnelsen af dem. Ved at inddrage refleksioner over læreprocessen og ved at eleverne gennem fysikundervisningen får udviklet deres personlighed og bliver bevidste herom, kan man håbe at de i langt højere grad end ved en traditionel, ofte fremmedgørende undervisning vil engagere sig i at kæmpe for at meningssætte det faglige indhold.

Afsluttende om kvalifikationer og dannelse

Jeg har i det foregående gennemgået de to begreber kvalifikation og dannelse i relation til fysikundervisningen i gymnasiet.
Kvalifikation er som et arbejdsmarkedsbegreb set som udtryk for et ønske om at tilpasse eleverne til nogle ydre krav. I en fysikundervisningssammenhæng vil en kvalifikationsformulering af målene med undervisningen derfor lægge vægt på elevernes opfyldelse af nogle "ydre", fx af aftagerinstitutioner formulerede, mål med undervisningen, der typisk vil være formuleret i videns- og færdighedstermer[1]
Dannelse er i modsætning hertil et kulturelt funderet begreb som fremhæver elevernes personlighedsudvikling i en historisk specifik samfundsmæssig kontekst. En dannelsesbaseret målformulering for fysikundervisningen vil derfor fokusere på elevens behov i relation til egen nytte og udvikling og de samfundsmæssige rammer de skal udfoldes i.
Jeg vil i det følgende ikke beskæftige mig yderligere med kvalifikationsudvikling i fysik, idet det efter min opfattelse er vigtigt at fremme de dannende elementer i faget, og det desuden hverken er i de studerendes eller samfundets interesse at lade en snæver, fysikfaglig funderet viden (forstået som fx kendskab til bestemte lovmæssigheder) være det bærende i en studieegnethedsformulering. Studieegnethed vil i højere grad kunne tilgodeses gennem erhvervelse af dannelseselementer som giver en modning og styrkelse af eleven der kan udgøre en generel basis for alle studier frem for at være bundet op på et fag kun få alligevel læser. Til gengæld skal de naturvidenskabeligt baserede dannelseselementer indgå i et ligeværdigt samspil med andre dannelseselementer.
Jeg vil i stedet udvikle et kompetencebegreb i fysik og undersøge hvorledes det kan inkorporere kvalifikationselementerne og integreres med de her udfoldede dannelsesforestillinger.

[1] Selv om jeg egentlig nok mener, at man ville have kunnet udvikle kvalifikationsbegrebet, så det blev rummeligt nok til også at indeholde dannelseselementer og de i næste afsnit udfoldede kompetenceelementer. Men det har man ikke gjort, så jeg har rent pragmatisk valgt at følge den gængse diskurs inden for uddannelsesforskningen.

KOMPETENCE

I kølvandet på managementteoriernes indtrængen i uddannelsessystemet er skoleverdenen blevet beriget med ord som virksomhedskultur, iværksætterånd og altså også kompetencer. Som en af sine sidste embedshandlinger udsendte undervisningsminister Ole Vig Jensen det tidligere nævnte program for *National kompetenceudvikling* - uden et eneste sted på de 132 sider at definere kompetencebegrebet.
Ordet betyder oprindelig en berettigelse, en beføjelse, en adkomst til, med adjektivet kompetent til at beskrive såvel stillingen som evnen og kapaciteten til at udføre beføjelsen:

... som er i besiddelse af den embedsstilling, de kundskaber, kvalifikationer olgn, der kræves for at kunne bedømme, afgøre eller behandle noget (Ordbog over det Danske sprog, 10. Bind, s. 1154).

Det er interessant hvorledes det at være kompetent sammensmeltede såvel stillingen som evnen – evnen voksede så at sige ud af stillingen. Også i nutidig sprogbrug bruges kompetence for begge betydninger, men i uddannelsessammenhænge er det især som en evne og kapacitet, og det er i den betydning ordet anvendes her.

Kompetence i den sidste betydning udspringer ligesom kvalifikation fra en arbejdsmarkeds-sammenhæng, og en typisk definition lyder:

Reflect expectations of workplace performance (Rolls, 1997)

dvs. kompetence er et potentiale til at handle inden for et område.

I (Mansfield & Mathews, 1985) "Job Competence Model" opereres med fire komponenter af en kompetence:

det at kunne styre en opgave
de evner, færdigheder opgaven kræver
at kunne relatere/styre opgaven i forhold til omgivelserne
at kunne klare det uforudsete

Kompetence ses altså som det der skal til for at kunne udføre en opgave, og bedømmes ved at demonstrere handlen i en række konkrete kontekster sammenholdt med et sæt åbne og anerkendte kriterier.

I overensstemmelse hermed betoner (Hutmacher, 1997) at kompetence snarere er indeholdt i "knowing how" end i "knowing that". Hutmacher beskriver det i relation til uddannelses-

systemet som en generel evne (capability) baseret på viden, erfaring, værdier, anlæg som en person har udviklet gennem involvering i en uddannelse. Han relaterer det til Bourdieus habitusbegreb[1] som forsøger at indfange mennesket evne til at modtage, tænke over, evaluere og handle i interaktion med deres sociale omgivelser.
Hutmacher fremhæver tre overlappende aspekter ved kompetence:

- de komplekse relationer mellem viden og handlen
- et element af vilje eller "villen"
- adskillelsen mellem udførelse og kompetence.

Udførelsen eller handlingen demonstrerer kompetencen, så man kan sige at handlen er kompetence i aktion. Ud over viden kræver det også vilje at handle, så kompetence indebærer en vis grad af intentionalitet. Kompetencen muliggør handlen og kan kun udledes fra den observerede handlen (så hvad Hutmacher forstår ved den sidste pind er for mig ret uklart).

De økonomiske trendsætteres (fx Ugebrevet Mandag Morgen, de økonomiske vismænd) kasten sig over kompetencebegrebet kan i et større perspektiv ses som et udtryk for den fremherskende kapitalismes forsøg på at bemægtige sig alle sider af menneskelivet. Skellene mellem arbejde og fritid nedbrydes. Vi skal ikke kun være en kvalificeret arbejdskraft mellem 8 og 16, men vi skal give hele vores person og vores vilje til udvikling og forandring. Kvalifikation skal kombineres med intentionalitet, så etik og personlighed bliver konkurrenceparametre.
Kompetencerådet, der oprindeligt startede som et privat initiativ, men senere fik officiel status under Undervisningsministeriet, er vel det fremmeste eksempel på at ville beskrive – og måle! – alle menneskelige og mellemmenneskelige aktiviteter i kompetencetermer. Kompetencerådet opstiller således fire kernekompetencer som de mener skal indgå i et nationalt kompetenceredskab, nemlig læringskompetence, forandringskompetence, relationskompetence og meningskompetence.

Når kompetencebegrebet på trods af sit udspring i erhvervslivet har fået så stor indflydelse på uddannelsesdebatten er det bl.a. fordi man også her har brug for at kunne indfange de store krav som modernitetens sociale og kulturelle opbrud stiller til den enkelte. Kompetencebegrebet forener så at sige individets identitetsdannelse med virksomhedernes overlevelsesstrategier. Men spørgsmålet er om en sådan forening er mulig, eller rettere om identitetsdannelse, hvis den skal opfattes som dannelse, netop ikke bør adskilles fra erhvervslivets behovsopfyldelse.

Det er således vigtigt at være opmærksom på kompetencebegrebets rødder, fordi de giver begrebet nogle medbetydninger som i en konkret anvendelse i uddannelsessammenhænge

[1] *... de adfærdsmæssige dispositioner og former for erkendelse, der knytter sig til bestemte sociale grupperinger, og som udløser forholdsvis ensartede handlingsmønstre.* Encyklopædien bd. 8, s. 140.

kan betone kvalifikationssiden frem for dannelsessiden. Begrebet kan naturligvis sagtens give mening i offentlig regi, men det kan meget vel ændre det offentlige i retning mod det private. Hvilket selvsagt også er det erklærede formål for mange af dets fortalere.

Per Schultz Jørgensen (Jørgensen, 1999) udtrykker kompetence som

"Kompetencen bliver et udtryk for denne evne til at håndtere og agere i en social og kulturel mangfoldighed.

...

Lidt forenklet kan man sige, at kompetence er noget man har, fordi man ved noget og gør noget, der lever op til udfordringerne i en given situation"

Eller som Jens Morten Hansen sagde kortere på en konference 25/1 2001: *Kompetence er kontrol over situationen.*

På denne måde er kompetencebegrebet blevet et begreb der "rydder bordet". Det har nok sine rødder i managementverdenen med dens syn på mennesket som arbejdskraft og formuleringer i kvalifikationstermer, men indoptager samtidig væsentlige aspekter af dannelsestænkningen. Færdigheder, viden, dømmekraft, personlig stillingtagen mm. er alle ord der bruges i kompetencesammenhænge. Er det så muligt at kompetenceformulere sig uden at blive spændt for "managementvognen"? Risikerer man ikke, uanset hvor gode intentioner man har, at legitimere en erhvervslivstilpasning? Man kan springe på vognen eller man kan stå og snakke i vejkanten - dybest set har man ikke noget valg. Men det er vigtigt hvis man går ind i en kompetenceterminologi at fastholde dannelsestankens kritiske og civilisatoriske grundsyn som en del af målformuleringen.
Ikke alene rydder kompetencebegrebet målformuleringsbordet, det vrider også de andre begreber i forhold til deres tidligere, alment brugte, betydning. Det sker ved at det nye kompetencebegreb positionerer og formulerer sig i relation til kvalifikation og dannelse ved at tillægge disse bestemte kvaliteter og udelade andre[1]. Man definerer ikke kun kompetence, man omdefinerer samtidig de tidligere brugte begreber.
Nye tanker kræver sin egen begrebssætning og på bedste postmoderne vis sker det gennem forkastelse af tidligere tiders fortællinger. Retfærdigvis skal det så siges at der i en kompetencediskurs ekspliciteres forhold som nok var til stede i en kvalifikationsdiskurs, men som måske ikke havde den samme bevidst fremhævede position. Så nyformuleringen sætter fokus på nogle aspekter og ser dem i et nyt perspektiv[2].

[1] Ligesom jeg fx lige har ryddet kvalificering væk, skønt det sikkert kunne udvikles til at dække samme behov som kompetencebegrebet gør (jævnfør noten s. 363).
[2] Måske lidt på samme måde som konstruktivismebegrebet rekonstruerede læringsfeltet (jfr. s. 110n-111ø).

Hvis kompetencebegrebet skal have en plads ved siden af et kvalifikationsbegreb (og altså ikke sammenfaldende med, som *National kompetenceudvikling* bruger det) og et dannelsesbegreb, må det netop være på grund af dets inddragelse af et potentiale til handlen.
På denne måde kan kompetencediskursen blive en murbrækker for realiseringen af et radikalt dannelsesprojekt. Og det er dette handleperspektiv, jeg vil lade være bærende i min kompetencetilgang til en fysikfagbeskrivelse.
Det er dog langt fra alle, der bruger et kompetencebegreb, der ekspliciterer et handlingsaspekt.
I Udviklingsprogrammet for fremtidens ungdomsuddannelser (Undervisningsministeriet, 1999) opereres med 4 kompetencer:

- *Faglige*: Viden, færdigheder, metoder mm.
- *Almene*: Analytiske evner, kommunikative evner, beherskelse af arbejdsformer mm.
- *Personlige*: Selvstændighed, selvtillid, initiativ, ansvarlighed, kreativitet
- *Sociale*: Evne til at deltage i demokratiske beslutningsprocesser, samarbejdsevne mm.

I denne form kan de tidligere nævnte kvalifikationer uden videre indplaceres ved blot at ændre personlige kvalifikationer til personlige og sociale kompetencer. Her er der således ikke nogle argumenter for at formulere sig i kompetencetermer, bortset fra at det nu engang er tidens sprog.

Det vil være meningsfuldt at lade evnen til at kunne bruge sin viden i en handlen være en integreret del af formålet med undervisningen. Men hvad der egentlig skal forstås herved er ikke helt klart. Hvad vil det sige at handle? Er det evnen til at kunne anvende en viden erhvervet i én faglig sammenhæng i en anden? Dette kunne godt være et væsentligt bud, men kan næppe være nok, for et sådant krav har man vel altid stillet. Der menes snarere noget med at kunne bruge sin viden uden for skolesammenhængen, efter at man har lært det, i det "rigtige" liv. Det er selvfølgelig svært at vide om en given viden opnået i skolen vil kunne bruges senere, og vi er i bund og grund ude i de samme overvejelser om transfer som i afsnittet om formale dannelsesteorier (se s. 352f). Dette er det gammelkendte problem – måske skolen grundproblem – at man lærer med fremtidig brug for øje. Så kompetencebegrebets handleperspektiv kan meningsfuldt ses som et forsøg på at etablere et forhold mellem et velkendt pensum og dets stereotype processer og så evnen til at kunne bruge det i nye og aktuelle situationer. Men hvis fysikundervisningen skal kunne bruges uden for skolesammenhænge, vil det sandsynligvis stille nogle ret omfattende krav til undervisningen; fx krav om en vis grad af autenticitet. Det er denne udfordring som Autentisk FysikUndervisning – projektet har taget op (se kapitel 6). Her har udgangspunktet været det pragmatiske kompetencebegreb "at have fod på situationen". Dvs. formålet var at give eleverne redskaber til at kunne angribe en fysikfaglig situation. De skulle kende til og kunne begå sig i fysikkulturen. Og dialogen er en vigtig motor i at erhverve sådanne kompe-

tencer. Det er gennem dialogiske processer at man lærer at bemestre de faglige situationer (se kapitel 5). Men et sådant synspunkt ligger op til at forankre kompetencebegrebet i den socialitet hvori kompetencen erhverves.

Kompetence som socialitet

En af styrkerne ved en kompetenceformulering er dens kobling til læringsteori. Ligesom dannelse kunne identificeres med læring gennem det fælles aspekt af erkendelse, kan kompetence identificeres med læring (i konstruktivistisk forstand) gennem begge begrebers stærke læggen vægt på aktivitet, på handlen. Ovenstående indkredsning af et kompetencebegreb har i vid udstrækning set kompetence som en individuel egenskab knyttet til den enkelte lærende. På samme måde som den radikale konstruktivisme så læring som en individuel udvikling. Det ville derfor være relevant at kunne udvikle et kompetencebegreb som parallelt med de sociokulturelle læringsteorier ser kompetencer som noget socialt lejret.

En sådan bredere kompetenceopfattelse fremlægges i (Jensen & Prahl, 2000) der ud fra en organisationsteoretisk synsvinkel argumenterer for at se kompetencer som et *intersubjektivt fænomen*. I deres fremstilling får kompetencebegrebet sin relevans i forbindelse med de nyere organisationsformer der præger moderne arbejde. Kvalifikationsbegrebet hører til de tidlige virksomhedsformer i industrialismen, hvor der er tale om nogle givne, objektive størrelser der skal forbindes og passe sammen: Individets/arbejdsstyrkens viden og kunnen og jobbet/arbejdsmarkedets krav. Den gode arbejdskraft, den exellente arbejdspladsmæssige adfærd kunne udledes fra arbejdsopgaverne. Med post-fordismen øges kompleksiteten i arbejdslivet og de ansattes mestring af deres arbejdssituation kan ikke længere beskrives som evnen til at kunne håndtere bestemte rutiner og procedurer. Man er i stedet nødt til at forlade sig på, og derfor forsøge at beskrive, den potentielle evne til at kunne klare opståede og ofte uvante situationer.

Denne udvikling i arbejdslivets kompleksitet mener jeg man efterhånden er blevet bevidst om også er til stede ved faglig udvikling af intellektuel og skolemæssig art. Eller måske er det et udtryk for at skole og arbejdsliv følges ad organisationsmæssigt og erkendelsesmæssigt. Et synspunkt som bestemt ikke er nyt[1]. Skolen som institution er historisk runden af industrialiseringen, eller får i hvert fald sin store samfundsmæssige betydning og position i starten af industrialiseringen, hvor den lærer eleverne de færdigheder som kvalificerer dem til industrialismens arbejdsliv. Hvis mestring af et (arbejds)fag under moderne produktionsvilkår skal hæve sig over mekanisk udførelse af fastlagte og afgrænsede færdigheder kan den ikke længere beskrives i en enkel, fastlagt logik, men må beskrives i kompetencernes handletermer. Tilsvarende kan skolefaget ikke længere nøjes med at lære eleverne at lægge sammen, at skrive osv. – dvs. fordismens kvalifikationer. Opfattelsen af faglighed må ændre sig så den er i overensstemmelse med nutidige organisationsformer og arbejds-

[1] Her tænkes især på de utallige kapitallogiske analyser af sammenhængen mellem uddannelse, stat og kapital fx (Huisken, 1973)

krav. Fagligheden må derfor også beskrives anderledes end tidligere, nemlig som en processuelt udfoldet evne til at møde fagets problemer.
Det er desuden en vigtig erkendelse at man i moderne erhverv ikke står alene på sin plads ved samlebåndet, men indgår i et komplekst samarbejde. Det er som om arbejdsdelingens opsplitning af produktionsprocessen – der oprindelig har været en forudsætning for udviklingen af den materielle velfærd – er blevet overlejret af et behov for sammenhæng, koordinering og kommunikation:

Succesrig udførelse af arbejdet forløber i et løbende samspil med andre. Kompetencen må med andre ord tænkes i forhold til en social interaktiv proces. Den meningssætten, som indgår i den kompetente handlen, er en fortløbende proces, der finder sted mellem mennesker i deres udførelse af arbejdet.
(Jensen & Prahl 2000, s. 19)

Dette synspunkt er i god overensstemmelse med det i kapitel 5 fremsatte sociokulturelle læringssyn, hvor læring ses som en fælles meningssætten, en intersubjektiv aktivitet (fx i form af dialoger) der fører til en fælles meningskonstruktion:

... en kompetente handlen udtrykker en intersubjektiv betydningsforhandling, gennem hvilken den flertydige og uforudsigelige situation får mening i og med, at den mestres intersubjektivt. Den kompetente handlen er med andre ord en kreativ konstruktionsproces, i hvilken individerne omsætter deres kvalifikationer i deres intersubjektive mestring af de muligheder, problemforståelse og udfordringer, den organisatoriske handlesammenhæng rummer.
(Jensen & Prahl 2000, s. 29-30)

En kompetence kan således ikke eftervises hos den enkelte isoleret, men må ses i forhold til hvorledes den enkelte klarer arbejdsopgaver i samspil med andre:

Kompetencen genereres altså mellem mennesker. Men selv om kompetencen på denne måde bestemmes som værende af intersubjektiv natur, så udøves den af enkelte individer – som de enkeltes muligheder for sammen med andre i en konkret handlesammenhæng at mestre flertydige situationer i forbindelse med arbejdets udførelse.
(Jensen & Prahl 2000, s. 30)

Kompetencebegrebet kan med denne forståelse rumme de krav der stilles til fælles problemløsning i fysik, som det fx er beskrevet i modelleringsforløbet (s. 247f). Samtidig ligger der i dette problemløsningsorienterede og intersubjektive kompetencebegreb implicit nogle bud på de læreprocesser, der kan udvikle kompetencerne.

Det er derfor meningsfuldt med udgangspunkt heri at forsøge at kompetenceformulere kravene til gymnasiets fysikundervisning.

UDVIKLINGEN AF EN KOMPETENCEBESKRIVELSE AF FYSIK

Efter denne lange kontekstualisering kan jeg beskrive hvorledes vi i AFU-projektet har udviklet en beskrivelse af fysikundervisningen som lægger vægt på de kompetencer, som eleverne skal opnå igennem undervisningen. Denne beskrivelse vil analyseret og udviklet yderligere i indeværende afhandling.

Udgangspunktet var et ønske om i højere grad at indfange de krav til fysikviden og fysikkunnen som der i gymnasiet stilles til eleverne, samtidig med at vi ville fremhæve hvad vi i gruppen opfattede som de centrale aspekter ved faget. Hvis man registrerer hvad man laver i fysiktimerne i 1.g, viser det sig at størstedelen af tiden går med at lære arbejdsmetoder og procedurer, så at sige at lære fysikkens arbejdskultur, mens en mindre del af tiden kan siges at blive brugt på direkte læring af konkrete fysikbegreber og lovmæssigheder. Selvfølgelig hænger de to ting sammen. Det er ofte gennem arbejdet med at lære lovmæssighederne at man bliver nødt til at stoppe op og tilvejebringe det for forståelsen nødvendige grundlag i form af enhedsforståelse, matematisk beredskab, dataopsamlingsmetodik, figurtegning osv. Det kan imidlertid i dette arbejde virke frustrerende for elever aldrig at "komme til sagen", så hvorfor ikke lade det man bliver nødt til at lære, udgøre selve sagen? Dette vil samtidig være en erkendelse af at det centrale i gymnasiets fysikundervisning ikke bør være nogle konkrete fysikformler, som ofte har en lang historik og omhandler fænomener langt fra elevernes nuværende og kommende livsverden, men snarere at vise og eksemplificere de for fysikken særegne måder at begrebssætte og forstå verden på. Så det næste spørgsmål var naturligt nok: Hvad er de grundlæggende karakteristika ved fysikkens måde at arbejde med verden på? Uden at foretage en altomfattende og tilbundsgående kortlægning blev vi enige om at noget centralt ved fysik er dets evne til at *udarbejde modeller af virkeligheden*, som gør det muligt at udsige og forudsige noget om virkeligheden. Dette kan i et større perspektiv ses som en evne til at *reducere omverdenens kompleksitet*. Luhmanns systemteori kan give en forståelse af hvordan læring kan opfattes som et systems reducering af dets omverdens kompleksitet og deraf følgende øgning af egen kompleksitet (se kap. 3, s. 120f). Modellering er et omfattende og velkendt emne inden for fysikundervisning og didaktisk forskning (Hestenes 1987, (Gilbert, 1991), (Gilberth & Boulter, 1998), (Halloun, 1996). Vi ville koncentrere os om at lære eleverne empirisk modellering, dvs. at opstille en matematisk model for et konkret fysikfænomen. Dette arbejde er beskrevet i kapitel 7.

Pointen i den udviklede modelleringsproces er, i et kompetenceperspektiv, at få fremhævet og beskrevet de processer, dvs. de konkrete handlinger som knytter sig til det at kunne op-

stille en matematisk model af et konkret fysikfænomen. Desuden fik vi disse processer operationaliseret så de kunne gøres til genstand for undervisning og læring og evaluering. Men fysik er mere end matematisk modellering. Vi ville gerne prøve at indfange hele fysikundervisningen på kompetenceform. Her kom Mogens Niss til hjælp.

Mogens Niss' kompetencebeskrivelse af matematik

I Uddannelse nr. 9/1999, som var et temanummer om kompetencer, skrev Mogens Niss artiklen *Kompetencer og uddannelsesbeskrivelse*. Den udkom da vi var i gang med vores kompetenceformuleringer og blev en vigtig inspirationskilde. Mogens Niss forankrer ikke sit kompetencebegreb i en almen pædagogisk diskurs (fx om kompetence er en markedsdiskurs eller en dannelsesdiskurs), men tager udgangspunkt i definitionen i Ordbog over det Danske Sprog. Mogens Niss vil beskrive hvad det vil sige at kunne faget matematik, dvs. hans beskrivelse af matematik falder i tråd med Undervisningsministeriets projekt om at lade fagene definere deres kernefaglighed (uden at jeg tror det har været Mogens Niss' motivation for hans arbejde). Formålet for Mogens Niss er at blotlægge fagets gøren adskilt fra dets genstandsfelt. Herved skulle det blive muligt på troværdig vis at beskrive faget på langs og på tværs i uddannelsessystemet på bedre vis end de traditionelle læseplaner. Der udfoldes 8 kompetencer af "første grad"

- tankegangskompetence
- ræsonnementskompetence
- problembehandlingskompetence
- repræsentationskompetence
- symbol- og formalismekompetence
- modelleringskompetence
- kommunikationskompetence
- hjælpemiddelkompetence

og 3 kompetencer af "anden grad"

- anvendelse i andre fag
- historisk udvikling
- særlige karakter som fagområde

I KOM-projektet (http://imfufa.ruc.dk/kom) har Mogens Niss arbejdet videre med kompetencebeskrivelsen. De enkelte kompetencer bliver detailformuleret og eksemplificeret og kompetencer af 2. grad kaldes nu for overblik og dømmekraft vedrørende matematik som fagområde.

En kompetencebeskrivelse af fysik

En kompetencebeskrivelse af et fag er et forsøg på at identificere de handlinger, som eleverne skal udføre for at kunne gennemføre de i faget ønskede aktiviteter. Disse specifikke kompetencekrav i faget skal ses i sammenhæng med og indlejres i de mere almene kompetencer, som fx formuleres i gymnasiebekendtgørelsen. De enkelte fag er alle forpligtigede på de almene kompetencer (som fx samarbejdsevne, kritisk sans osv.) og det vil altid bero på en konkret vurdering, hvorvidt man vil formulere fagspecifikke krav herom. Det vil afhænge af faglige traditioner og af hvorvidt man mener faget har særlige muligheder for eller forpligtelser til at fremme denne eller hine almene kompetence.
Desuden må det tilstræbes at de fremanalyserede kompetencekategorier er fuldstændige, dvs. dækker hele fagets virke, og gensidigt uafhængige, dvs. ingen indgår fuldstændig i en anden eller kan reduceres til en anden. Jo mindre overlap der er mellem dem, jo bedre, men overlap kan næppe undgås.

De fysikfaglige kompetencer må i lighed med andre fags være baseret på en konkret analyse af de aktiviteter, man vil anse for værende centrale i fysik. Der er således tale om et stykke empirisk arbejde, om udviklingen af deskriptive kategorier der naturligvis kan få et normativt sigte.
Inspireret af Mogens Niss' kompetencebeskrivelse af matematik formulerede vi, med udgangspunkt i vores erfaringer, hvorledes vi mente en bekendtgørelse kunne se ud i fysik, hvis den skulle holdes i kompetencetermer. Den fulde beskrivelse kan ses i bilag 18[1]. Den kom til at indeholde følgende punkter:

Eleverne skal være **i stand til** at

- Udøve fysikfaglig tankegang
- Ræsonnere fysikfagligt
- Foretage fysikeksperimenter under udøvelse af god laboratoriepraksis
- Opbygge og analysere modeller
- Arbejde med forskellige repræsentationer af fysiske fænomener
- Kommunikere i, med og om fysik

Eleverne skal besidde **kendskab til og indsigt i**

- Fysikkens relationer til andre fag
- Fysikkens særlige karakter som disciplin og erkendelsesmåde
- Fysikkens historiske udvikling

[1] Senere i dette afsnit følger min viderebearbejdning af AFU-beskrivelsen.

De sidste tre punkter er fysikkens metaaspekter. De er ikke her formulerede som kompetencer, men snarere som vidensområder. Det kan synes problematisk at adskille dem formmæssigt fra den fænomenrelaterede fysik. Selv om de ikke formuleres som kompetencer skal de jo alligevel læres med henblik på at kunne bruges i forskellige sammenhænge. Adskillelsen kan også give indtryk af, at det (kun) er disse dele af faget, som forbindes med dannelse, hvorved man risikerer at nedtone den dannende effekt i arbejdet med (de andre) kompetencer. Det er nemlig snarere dette – kompetenceudviklende - arbejde, som skal være det bærende i dannelsen, og især hvad angår den post – nyhumanistiske dannelse. For at gøre det muligt, må undervisningen nødvendigvis tilrettelægges så eleverne egne aktiviteter og refleksioner fremmes og fremhæves gennem metakognitive processer. Aktivitet, refleksion og selvrefleksion skal være nøglebegreber. Men helt centralt er det at undervisningen giver mulighed for at eleverne tilegner sig kompetencerne. Og et af de bærende elementer i en sådan undervisning er de dialogiske processer.
Der ligger et stort arbejde i at eksemplificere og konkretisere hvad det vil sige at være i besiddelse af de enkelte kompetencer. Der skal udvikles et begrebsapparat om de enkelte kompetencer, og der skal om muligt forskes i didaktisk opbyggede forløb som de i indledning til del III nævnte af (Viennot & Rainson, 1999) og (Tiberghien, 1996). Gennemgangen af modelleringsmodellen og af repræsentationsformsanalyserne i denne afhandling kan være eksempler herpå, og det at kunne ræsonnere fysikfagligt berøres i afsnittet om autenticitet.

Vi har i kompetencebeskrivelsen valgt udtrykket "at være i stand til" som et billede på evnen til at kunne udføre de nævnte aktiviteter. Herved har vi ikke inddraget et intentionelt aspekt som "at ville", der nærmer sig en dannelseskategori. Det kunne have været gjort ved en formulering som fx "at være parat til".
Vi er her ovre i *affektive* kvaliteter som engagement og interesse, der traditionelt adskilles fra de kognitive kvaliteter der ellers konstituerer kompetencerne. Men de affektive faktorer udgør en uadskillelig del af enhver læreproces (Audet, Hickman, & Dobrynina, 1996; Beyer, 1992; Hofstein & Kempa, 1985) og er ofte drivkraften i den. Jeg har i afsnittet om repræsentationsformer i fysik argumenteret for at affektivitet burde udgøre en selvstændig repræsentationsform (s. 163), så hvorfor ikke stille affektive krav til eleverne? Man må ikke give karakter for engagement i det danske gymnasium, kun for kognitive præstationer (som traditionelt sættes lig intellektuel formåen). Det er der en række grunde til (Laursen, 2000), men det var nok en overvejelse værd i et vist omfang at inddrage følelser og personlig stillingtagen i (også evalueringen af) undervisningen. Det kunne være med til at fremme dannelsesaspektet.
For at undgå at dannelseselementet ikke bliver henvist til formuleringer i en generel formålsparagraf, vil det derfor være nærliggende at tilføje en "dannelseskompetence" som forpligtiger elever og lærere til at forholde sig kritisk til fysik. Det kunne formuleres som en kritikkompetence:

□Kritisk kunne vurdere fysikkens arbejde og resultater
- kunne reflektere over fysikkens egnethed til og begrænsning ved arbejde med ikke-naturvidenskabelige problemstillinger
- kende til handlemuligheder for sig selv og for samfundet i de tilfælde hvor fysikken beskæftiger sig med aktuelle samfundsmæssige problemstillinger

Hvor anden ordens kompetencerne handler om at have et metaperspektiv på *faget* (at kunne se på faget med en sociologs, historikers eller filosofs briller) indebærer den kritiske kompetence en evne til at have et metaperspektiv på *fagligheden*, dvs. at kunne reflektere over faglige forhold. Her tænkes ikke kun på fx at kunne vurdere en udviklet model i forhold til selve modelleringsprocessen: Er løsningen rimelig i forhold til de opstillede betingelser, er det matematiske fit godt nok? En sådan kompetence er indeholdt i såvel ræsonnement- som modelleringskompetencen. En kritisk kompetence (med et dannelsesperspektiv) består snarere i at afdække selve modellens status, og hvilke konsekvenser det har at bruge den: Hvorledes påvirker modelanvendelsen problemfeltet, hvilket teoretisk grundsyn bygger systemafgrænsning og matematisering på, hvad ses der bort fra, og i hvis interesse er det?
En sådan kritisk kompetence ligger primært inden for et ny-humanistisk dannelsesbegreb (selv om det også har senmoderne elementer i sig). Hvis en kompetencebeskrivelse også skal omfatte en postmoderne dannelseskonception skal der tillige formuleres en kompetence som indfanger det selvrefleksive og det omverdensrelaterende. Jeg vil kalde det en selvrefleksionskompetence:

□relatere sig selv til fysikkens beskrivelse af omverdenen og kunne vurdere fysikkens værdinormer og vidensideal i relation til andre vidensformer og værdinormer

Sådanne kritiske og selvreflekterende kompetencer er ganske krævende og næppe mulige at opnå uden ret omfattende omlægning af undervisningen. Men skal fysikundervisningen have en egentlig dannende indflydelse på eleverne, er det nødvendigt at starte en sådan udvikling.
Dannelsesaspekterne i fysikundervisningen tilgodeses i vid udstrækning ved den måde undervisningen foregår på, ved arbejdsformer der aktiverer eleverne og organisationsformer der understøtter og fremmer dialog og eftertænksomhed, men også ved valg af emner der gør det muligt for den enkelte at sammentænke personlige holdninger med faglige og samfundsmæssige problemstillinger. At forpligte sig på at udvikle elevernes kritiske kompetence kan være en vej til at fremme sådanne dannende processer.

På baggrund af de ovenstående betragtninger har jeg med udgangspunkt i AFU-beskrivelsen i bilag 18 udarbejdet følgende kompetencebeskrivelse af fysik:

Udkast til

kompetencebeskrivelse af fysik

Eleverne skal være **i stand til** at

□ Udøve fysikfaglig tankegang
- kunne udpege de væsentligste begreber i almindelige problemstillinger med et fysikfagligt indhold, så de kan gøres til genstand for en fysikfaglig behandling.
- stille spørgsmål, som er karakteristiske for fysik, og have blik for hvilke typer svar som kan forventes
- kende, definere og håndtere fysiske begreber og størrelser og forstå deres forankring i centrale fænomener
- kende fysiske teoriers gyldighedsområde

□ Ræsonnere fysikfagligt
- forstå og anvende bogstavsymboler og formelsprog og disses relationer til naturligt sprog
- anvende og regne med enheder
- følge og tage stilling til en fysik argumentation på skrift eller fremført af andre
- kunne følge de bærende ideer i en fysisk udledning og kunne udtænke og gennemføre udledningen af fysiske formler
- løse åbne såvel som lukkede problemer inden for fysikken

□ Planlægge, udføre og beskrive fysiske eksperimenter
- anvende almindeligt forekommende måleudstyr, herunder edb-udstyr til dataopsamling og dataanalyse
- kunne vurdere måleresultaters pålidelighed og undersøgelsesmetoders hensigtsmæssighed, herunder kommentere fejlkilder og usikkerhed
- have forståelse for sammenhængen mellem teori og eksperiment

□ Opbygge og analysere modeller
- formulere et fysikfagligt problem
- gøre problemet tilgængelig for en eksperimentel undersøgelse
- udvælge relevante variable
- behandle og tolke de opnåede resultater og på baggrund heraf opstille en matematisk model der beskriver problemet
- afprøve og validere modellen
- i udvalgte tilfælde kunne koble empiriske modeller til relevant teori

□ Arbejde med forskellige repræsentationer af fysiske fænomener
- kende til forskellige repræsentationer af fysiske fænomener eller situationer og de forskellige repræsentationers styrker og svagheder
- kende de indbyrdes forbindelser mellem disse repræsentationer og kunne vælge blandt og skifte mellem forskellige repræsentationsformer, alt efter situation og formål

□ Kommunikere i, med og om fysik
- søge og anvende information om fysiske størrelser og fænomener fra tabelværker, databaser mm

- kunne behandle og i simple tilfælde vurdere udsagn om teknisk og naturvidenskabeligt prægede problemstillinger
- udtrykke sig med forskellige grader af faglig præcision i et fysikfagligt sprog
- formidle såvel teoretiske som eksperimentelle emner med et fysisk indhold til forskellige kategorier af modtagere
- kunne samarbejde med andre i løsning af praktiske og teoretiske fysikproblemer

□Kritisk kunne vurdere fysikkens arbejde og resultater
- kunne reflektere over fysikkens egnethed til og begrænsning ved arbejde med ikke-naturvidenskabelige problemstillinger
- kunne tage stilling til pålideligheden af udsagn som indeholder fysikviden i almindelige informationskilder som aviser, medier o.l.
- kende til handlemuligheder for sig selv og for samfundet i de tilfælde hvor fysikken beskæftiger sig med aktuelle samfundsmæssige problemstillinger

□relatere sig selv til fysikkens beskrivelse af omverdenen og kunne vurdere fysikkens værdinormer og vidensideal i relation til andre vidensformer og værdinormer

Eleverne skal besidde **kendskab til og indsigt i**

□ Fysikkens relationer til andre fag
- anvendelse af fysikkens resultater og metoder inden for andre fag- eller praksisområder (fx teknik, astrofysik, biofysik, geofysik)

□ Fysikkens særlige karakter som disciplin og erkendelsesmåde
- fysikkens problemområder og problemstillinger
- elementer af fysikkens verdensbillede og indsigt i de forståelser og erkendelser der ligger heri

□ Fysikkens historiske udvikling
- elementer af fysikkens historie og indblik i hvorledes fysikkens udvikling er forbundet med samfundsmæssig og teknisk udvikling

Denne beskrivelse giver sig selvsagt ikke ud for at være endegyldig, hverken i sit valg af kompetencer eller i deres beskrivelsesgrad. Formålet er primært at vise hvorledes det er muligt at beskrive de fagspecifikke krav i overordnede handlingstermer uafhængig af de konkrete faglige discipliner (som fx Ohms lov, elektromagnetisme el.lign.). Den må ses som et skridt på vejen til en anden formulering af de krav eleverne skal kunne opfylde efter endt undervisning i fysik.

Konsekvenser af en kompetenceformulering af fysik

En kompetencebeskrivelse af fysik stiller principielt ikke nye krav til eleverne. Det er en formulering af de krav eleverne ideelt set bør kunne opfylde efter deltagelse i den nuværende obligatoriske undervisning. En kompetenceformulering er måske noget så banalt

som en insisteren på at det der står i Fagbilaget skal man *kunne* - i betydningen kunne anvende, forstå, forholde sig til, reflektere over osv. Og så er det ikke nok at skrive ordene på de fænomener og begreber man skal arbejde med. Her har der efterhånden hobet sig en række fysikemner op som alle fysik(lær)ere synes er vigtige, men der er langt fra en pensumliste til en forståelse af hvad det vil sige at kunne dette pensum, endsige hvordan man som lærer kan give eleverne en rimelig mulighed for at lære det. Her kan en beskrivelse i kompetencetermer måske være en hjælp. En kompetencebeskrivelse er i højere grad end en pensumbeskrivelse et udtryk for hvorledes man kan forstå faglighed i fysik.

At kunne håndtere en kompetenceformuleret fysikbeskrivelse er dybest set en del af et (også postmoderne) dannelsesbegreb og at lære at gøre det er at dannes i fysik. Det er et dannelsesaspekt som Ole Thyssen kalder dannelse i betydning refleksivt arbejde: At kunne håndtere fraværet af gentagelse, at kunne indgå i en læring uden fast pensum og program (Thyssen, 2001).

Når det er sagt, er det nødvendigt at påpege at de emner, der i dag indgår i fysiks pensumbeskrivelse, ikke alle kan læres i den her brugte betydning. Det vil næppe være muligt at opbygge samtlige kompetencer inden for alle områderne, så i den forstand vil en kompetenceformuleret målbeskrivelse med fastholdelse af samme faglige bredde stille urealistisk store krav til elever og lærere.
Måske er det især lærerne der vil komme i klemme i en sådan omlægning af undervisningen. Hvor det har været "nok" som lærer at besidde undervisningsfaglighed[1], dvs. at have en habil fysikviden og evne at undervise i den, så er dette næppe nok i postmoderniteten:

Now, in addition, teachers need to understand and evaluate the postmodern challenges of orthodoxy. This is a hard call, but it cannot be avoided. The business of science teaching cannot be conducted as usual; or if it is so conducted, then it must be done with recognition of, and with answers to, the challenges posed by postmodernist critics. To do otherwise is professionally irresponsible.
(Michael R. Matthews, 1998)(p. 163)

Læreren må kunne forholde sig til den kritik af naturvidenskaben som ligger i det postmoderne og må kunne inddrage og behandle spørgsmål som: Hvad betyder big bang for guds eksistens? Er Gaia-hypotesen fornuftig?

Det er store krav, som vil indebære omfattende ændringer i lærernes arbejdsvilkår og et stort arbejde for den enkelte lærer at leve op til. En kompetenceformulering kan derfor næppe indføres på én gang, men man kunne fx tænke sig en gradvis indskrænkning af det obligatoriske pensum.

[1] En fordanskning af Lee Shulmans "pedagogical content knowledge" (Shulman, 1986).

Desuden er det vigtigt at påpege at en ændret fagbeskrivelse ikke i sig selv er nogen garant for at fysikundervisningen omlægges grundlæggende. En nyformulering kan være en markering af nødvendigheden af at gå nye veje og en løftestang for nødvendige forandringer. En kompetenceformulering kan påpege vigtigheden af en tilpasning af uddannelserne til et samfund i dramatisk ændring, baseret på en øget læringsmæssig erkendelse og med vægt på evnen til at kunne anvende de opnåede indsigter i relevante situationer. Men en kompetencebeskrivelse skal kombineres med andre uddannelsespolitiske tiltag, som fx ændrede evalueringsformer (se senere), efteruddannelse af lærere, andre undervisningsmidler osv. Noget af det vigtigste her er nok at kombinere indførelsen af en kompetencebeskrivelse med organisatoriske tiltag. De rammer elever og lærere arbejder under skal tilpasses de nye krav. Fx kunne man tænke sig at fysiklærerne på en skole hvert år aftaler hvilke emner man vil arbejde med det pågældende år, for at give mulighed for fælles udvikling af undervisningsmateriale, gensidig efteruddannelse, udveksling af ideer osv.

Endelig må fysikundervisningen i gymnasiet ses som et led i en livslang kompetenceudvikling inden for fysik, hvor forskellige trin i uddannelsessystemet vil lægge vægt på forskellige dele af den samlede kompetencebeskrivelse. Det behøver ikke at hedde fysik, men kan gå fra natur&teknik til kvantemekanik. Pointen er at man lærer om og forholder sig til sin omverden på en struktureret måde med en progression i kompleksitet og matematisk stringens.

Fordele og ulemper ved en kompetencebeskrivelse

Kompetencerne udvikles ved at arbejde med konkrete fysikfaglige problemstillinger. Mange forskellige emneområder kan anvendes til at udvikle den samme kompetence. Men netop overvejelserne over hvilke stofområder og problemstillinger der bedst fremmer de ønskede kompetencer, er afgørende for stofvalget. Samtidig med at arbejdsformen ikke kan vælges arbitrært. Det er en helt afgørende konsekvens af en kompetencebeskrivelse, der tager hensyn til dannelsesaspekterne, at den pædagogiske tilrettelæggelse bliver lige så vigtig som det faglige stofvalg.

En kompetencebeskrivelse af fysik vil som sin måske vigtigste betydning fremme læreres og elevers overvejelser over hvad man skal arbejde med og hvorfor og hvordan!

Det vil ikke være nok at skulle lære et bestemt fysikemne. Ellære eller bølgelære eller atomfysik er ikke vigtig i sig selv (det kan de være, men det vil så kræve en argumentation), men det kan være vigtige medier til at opnå de ønske kompetencer. Men det forudsætter at undervisningen tilrettelægges med henblik herpå.
Det at løsrive det ønskede undervisningsudbytte fra de konkret gennemgåede emner har en række fordele:

- Det er en realistisk beskrivelse af hvad der rent faktisk foregår i fysikundervisningen
- Den emnemæssige valgfrihed er motiverende for såvel elever som lærere
- Det muliggør fordybelse og hindrer pensumitis
- Giver mulighed for en udvikling af faget via inddragelse af nye/aktuelle emner
- Muliggør sammenligninger og koordinering mellem forskellige niveauer i uddannelsessystemet
- Vil kunne fremme en pædagogisk udvikling i faget

Der er en række problemer og farer ved en kompetencebeskrivelse.
Der skal findes en passende detaljeringsgrad i beskrivelsen af kompetencerne. Mogens Niss advarer mod det han kalder behaviorismefælden:

Der er ingen grænser for, hvor mange elementer, der kunne udpeges som ingredienser i de anførte kompetencer, vel at mærke elementer som stadig ville gribe hen over alle uddannelsestrin uden at være bundne til bestemte pensa. Men dette ville føre ud i en sammenhængsløs kollektion af enkeltfrosne færdigheder, som i princippet kunne måles og vejes, uden at man bare tilnærmelsesvis ville have indfanget det, som hele øvelsen går ud på, nemlig faglighed og ekspertise.
(Niss, 1999)

Der skal findes en rimelig balance mellem en overordnet beskrivelse som ikke drukner i detaljer – hvorved vi måske er værre stillet end med en bred indholdsbeskrivelse – og en detaljeringsgrad som er fin nok til at kunne vejlede elever og lærere. Dette er en delikat sag. Det er jo ikke nogen hjælp at skrive at eleverne skal lære fysik ved at arbejde med fysikfaglige problemstillinger. Det er fristende at fortsætte en påbegyndt beskrivelse som den her viste med uddybelse af de enkelte delkompetencer.

EVALUERING AF KOMPETENCERNE

En ændring af undervisningen hen imod modellering, undersøgelser, projekter, diskussioner o.l. vil med sin øgede vægt på proceskompetencer naturligvis kræve en hertil svarende eksamensform. Det er nødvendigt for overhovedet at få ændret undervisningen. Megen forskning viser hvorledes ændringer af undervisningen forudsætter ændringer af evalueringsformerne (Tamir, 1998). Men det er først og fremmest nødvendigt af hensyn til en pålidelig testning af de kompetencer vi søger at fremme.
Af *validitets*hensyn må eksamen så vidt muligt afspejle undervisningen og det vil sige at eksamen skal indebære evaluering af processer tæt på de, eleverne har gennemført i løbet

af undervisningen. En eksamensform, hvor eleverne rent faktisk gennemløber et projektforløb under vante former og med et kendt koncept giver relativ stor sikkerhed for at man tester de kompetencer man har villet opnå gennem undervisningen (forudsat naturligvis at undervisningen har givet mulighed herfor).
Ved procesevalueringer er det især evalueringens *reliabilitet* der problematiseres. Også her er der en række udenlandske erfaringer at lære af, og der er i disse opnået reliabilitetskvotioner ved proceseksaminer på 0,9 (Lomask, Baron, & Greig, 1998), hvilket må siges at være tilfredsstillende ved en mundtlig eksamen. Så det er muligt, men forbundet med en række problemer.

Hvad tester man ved procesprøver?

Det første problem ligger i klargøre sig hvad man tester og at fastlægge de omstændigheder hvorunder man gør det. Hvis man definerer en *færdighed* som: en specifik aktivitet som en elev kan oplæres til at udføre (SSCR 1984), så kan en *proces* defineres som: en rationel aktivitet der involverer anvendelsen af en række færdigheder i bestemte kombinationer.
En færdighed vil så fx være at kunne måle (noget bestemt) mens en undersøgelse (af noget bestemt, men mere komplekst) så er en proces. Her er noget jo mere synligt end andet og det er ikke altid indlysende hvad man egentlig tester. (Erickson & Meyer, 1998) fortæller således om et større canadisk "performance assessment project" hvor (bl.a.) 110 elever fra 4., 7. og 10. klasse skulle undersøge to eksperimentelle opgaver (inspireret af APU[1] projektet). I det ene fik eleverne udleveret tre – af udseende identiske – magneter og skulle afgøre hvilken af dem der var den stærkeste. Elevernes arbejde blev observeret og registreret i et skema, der angav en vurdering af elevernes måde at gribe problemet an på (rammesættelse, valg af spørgsmål mm), udførelsen af undersøgelsen (hvad de kontrollerede, hvordan, måletyper, variabelkontrol) og de opnåede resultater. Det overraskende resultat var, at

... the grade 4 students appeared to be controlling the same variables and with the same degree of frequency as the grade 10 students. (p. 857)

Som en overordnet konklusion på projektet skriver Erickson & Meyer:

... we are unable to determine whether students' performance on this task was based primarily upon some previous, out-of-school experiences (with stringed instruments, for example) or whether it was a product of something which they had studied in their school program.
(p. 861)

[1] The Assessment of Performance Unit blev dannet I 1975 under det engelske, walisiske og nordirske undervisningsministerium. Det udviklede en række evalueringsformer for evaluering af elevers kunnen i science, og gennemførte i 1980-84 omfattende testserier baseret herpå.

Dette resultatet kan naturligvis skyldes at testene ikke i tilstrækkelig grad krævede konkret fysikviden, og at undervisningen ikke i tilstrækkelig grad har fokuseret på det man ville teste. Men det påpeger hvor vigtigt det er at eksaminationen ikke blot i sin form efterspørger kunnen, som er hvermands eje, men baserer sig på fagspecifik viden og fagspecifikke kompetencer, som der er arbejdet (explicit) med i undervisningen.
Et andet aspekt af diskussionen af færdigheders generelle karakter er fastlæggelsen af de omstændigheder, hvorunder de testes. Fx nævner APU-projektet (APU 1985a p. 18-19) at 11% af de involverede elever kunne aflæse et amperemeter som havde en 0-1 A skala med 0,1 A inddelinger og 0,02 som underinddeling, men 61 % kunne aflæse et 0-5 V voltmeter med 1 V inddeling og 0,1 som underinddeling. Som det er fremhævet tidligere, er det at kunne måle åbenbart ikke bare en generel evne, man har. Skal man så beskrive meget detaljeret hvorledes målekompetence skal testes, fx som evnen til at aflæse et Fluke meter, model xxx, hvis lyset er skarpt og det sker lige efter frokost? Nej, vel. Endelig bør det nævnes, at beskrivelser af sådanne kompetencer næppe er additive, så det er svært at sammenfatte resultatet af flere færdighedstests i en samlet score. Her må vi nok forlade os på lærerens erfaringsbaserede dømmekraft.

Hvor differentieret kan man evaluere?

Det andet problem ligger i at skulle give en differentieret karakter (13-skalaen har 10 trin!) for udførelsen af den aktivitet, der skal demonstrere besiddelsen af en bestemt kompetence. Dette vil ideel set forudsætte at man kan hierarkisere de til kompetencen hørende færdigheder i en rangordning, hvor de laveste trin kan læres af alle, men de højeste kun af de dygtigste. Skal et 10-tal så være dobbelt så godt som et 5-tal – hvordan er man dobbelt så god til noget? Men er en kompetence netop ikke en helhed? Er det så et spørgsmål om at kunne det samme, men på forskellig vis og med forskellig grad af refleksion? Eller er en kompetence noget man enten har eller ikke har? Svarene herpå er ret afgørende, idet de også er koblede til hvordan man kan lære elever de ønskede kompetencer. Hvis man kan angive en trinvis vej, ad hvilken man tilegner sig kompetencen, kan man ikke udelukke at man kan måle hvor langt eleven er kommet ad denne vej. Ellers er en differentieret evaluering svær at foretage på et operationelt grundlag. Dvs. det er svært at beskrive de enkelte kompetencer med en sådan detaljeringsgrad, at den kan udgøre et grundlag for en pålidelig evaluering.
Derfor er der en læringsmæssig (og dermed en undervisnings- og evalueringsmæssig) pointe i at fastholde en holistisk tilgang, hvor læring ses som en bred, søgende proces der indbefatter såvel bevidst, kognitiv aktivitet som social, håndværksmæssig, tavs deltagelse. Dvs. en opfattelse der henter sit begrebsapparat fra mesterlære traditionen (se s. 127f). Her ses læring som deltagelse i praksisfællesskaber, og en undervisning i overensstemmelse hermed vil netop opfylde mange af de autenticitetstræk, som AFU-projektet arbejder med. Evaluering af det lærte vil foregå som den erfarne lærers følgen elevernes arbejde og un-

dervejs notere sig hvorledes bestemte (kendte og udmeldte) aspekter af arbejdet udføres. Denne tilgang blev lagt til grund for elevevalueringerne i AFU-projektet.

Årsprøve og eksamen i AFU-projektet

Mange af de samme betænkeligheder og indvendinger som gennemgået ovenfor kunne uden tvivl lige så godt knyttes til traditionel, mundtlig eksamen, så overvejelserne skulle naturligvis ikke afholde os fra i AFU-projektet at afprøve en projektbaseret prøveform.
I alle tre klasser gennemførtes i 1g en årsprøvemodel der både indebar gruppevis udførelse af et eksperimentelt projekt og mundtlig afhøring i teori. Et eksempel på et spørgsmål er vist i bilag 12. Praksisdelen bestod af en fysisk problemstilling (fx en vippe, en kugle på et skråplan, o.l.) som kan gøres til genstand for en empirisk modellering (eller mere ydmygt: en eller flere kausalitetssammenhænge). Problemet var formuleret med en sådan åben/lukkethedsgrad at eleverne havde mulighed for at demonstrere evne til at "fysikalisere" og vælge variable – i det hele taget at gennemgå den s. 252 viste modelleringsmodel – samtidig med at de blev ledt ind på nogle muligheder. Gruppen havde 3 timer til rådighed til denne del. Herefter trak gruppen et teoretisk spørgsmål, som den fik tid til at forberede, og der var eksamination i såvel projektet som teoridelen med individuel karaktergivning.
En grundig gennemgang og evaluering af prøveformen kan findes i rapporten for AFU-projektet (Bangsgaard, Dolin, Rasmussen, & Trinhammer, 2001).

I forbindelse med den praktiske del vurderedes elevernes evne til at

- udvælge problemets variable
- udarbejde en plan for udførsel af forsøg (variabelkontrol)
- gennemføre (mindst) én måleserie
- give en grafisk fremstilling
- udføre regressionsanalyse
- opstille en model
- samarbejde og løse problemer
- begå sig i laboratoriet og benytte måleudstyret fornuftigt (og optimalt)

Under den teoretiske del vurderedes elevernes

- evne til disponering og fordeling af stoffet
- evne til fremlæggelse
- begrebsforståelse

Det var ikke svært at vurdere den enkelte elev. Lærer og censor var lige så enige om karakterfastsættelsen som ved traditionelle prøver, men om dette er udtryk for en tilstrækkelig høj reliabilitet kræver det naturligvis et større erfaringsgrundlag at sige noget om. Til gengæld har prøveformen en høj validitet, og eleverne gav alle udtryk for tryghed ved prøven og for at have fået en fair og ikke tilfældig behandling.
Der er således grundlag for at tro at en evalueringsform som ovenstående kan være med i udformningen af evalueringsmåder, der i højere grad en de nuværende evaluerer kompetencer.

KOMPETENCER ELLER KERNEFAGLIGHED?

En kompetencebeskrivelse af fysikfaget forsøger at indfange de centrale elementer i en fysikfaglighed uden at relatere sig til konkrete fysikemner. En afgørende forståelsesramme er fysik som modellerende vores materielle omverden, og fysikundervisning skal langt hen ad vejen forstås som det autentiske arbejde med forholdet mellem sådanne modeller og virkeligheden. Dette arbejde vil i vid udstrækning tage form af elevernes meningssættelse gennem dialogiske processer sådan som det er beskrevet i tidligere afsnit. Den liste over kompetencer, som er opgjort i det foregående, beskriver både de måder man kan arbejde med fysikken på og de kompetencer eleverne kan erhverve sig gennem dette arbejde. Kompetencerne kan i sin sum siges at udgøre en slags *intuition for fysik*, en evne til at meningssætte fysiske fænomener i fysikfaglige termer. Denne meningssættelse er både en subjektiv og en social proces, der har dannende potentialer i sig. Dannelse kunne i denne sammenhæng ses som den enkeltes socialt indlejrede refleksion over og forholden sig til såvel faglighed som fag. Formålet med fysikundervisningen kan dermed siges at være udviklingen af en intuition for fysik inden for udvalgte emneområder koblet med en dannelsesmæssig perspektivering. Kompetencebeskrivelsen er da også hele tiden forsøgt integreret med de udviklede dannelsesaspekter.

Kernefaglighed

Vil en kompetencebeskrivelse af fysikfaget i lighed med den ovenstående kunne tilfredsstille alle der er involverede i fysikundervisning? Næppe. Den vigtigste anstødssten er sandsynligvis "udvalgte emneområder", dvs. spørgsmålet om hvorvidt der skal stilles krav om kendskab til konkrete emneområder og problemstillinger. Skal der ud over kompetencerne opstilles et "core curriculum", nogle uomgængelige lovmæssigheder, begreber, synsmåder som man fra fysiks side vil anse for nødvendige for at kunne begå sig i livet? Noget som man i en ny-humanistisk sprogbrug ville anse for værende alment dannende eller i en science literacy kontekst ville anse for værende nødvendigt for at kunne begå sig i det moderne samfund. Feynman udtalte jo, at skulle han pege på et enkelt område fra fysikken, som alle skulle have kendskab til, var det atomteorien. Og sådan har vi nok alle

vores kæpheste, men problemet er, at hvis man først åbner op for posen, så bliver den svær at lukke igen! Hvad med termodynamikkens første og anden hovedsætning? De fire fundamentale kræfter? Universets udvikling? Der er ingen tvivl om at der er centrale og uomgængelige problemstillinger nok til at fylde gymnasiets to obligatoriske år.

Denne stoftrængsel (og fagtrængsel!) har betydet, at der samtidig med kompetencebegrebets udbredelse i uddannelseskredse er startet en debat om fagenes centrale kerner, deres *kernefaglighed.* Begrebet blev udfoldet og diskuteret i Uddannelsesredegørelse 2000, hvor det blev defineret som:

... hvilken kerne af umistelige indsigter, der konstituerer faget og uddannelsen.
(Undervisningsministeriet, 2000)(s. 72)

Der er altså tale om en indholdsbestemmelse af fagene i modsætnings til kompetencebeskrivelsens vægt på at kunne handle hensigtsmæssigt i typiske fagrelaterede situationer.
Mange har en idé om at kernefaglighedsbegrebet kan bruges til at indsnævre den del af et videnområdes indhold, der skal læres, før man kan siges at kende til området. Men problemet er, at alle videnområder, der traditionelt ligestilles med fag der kan læses på universitetsniveau, er svulmet sådan op, at det er umuligt at udpege en kerne hvorfra den øvrige viden kan vokse frem fra.

Kompetencer og emner?

En måde at løse problemet på kunne være at stille krav om kendskab til et vist antal emneområder, måske fra en udvalgt liste. Eller man kunne stille krav om en vis grad af aktualitet. Eller man kunne fremhæve nogle for faget grundlæggende tankegange og betragtningsmåder som fx for fysiks vedkommende

- rum og tid (kinematik, relativitetsteori, kosmologi)
- fra det mindste til det største (stofs opbygning, fra elementarpartikler til galakser)
- processer (omdannelser, faseændringer, bevarelsessætninger)
- vekselvirkninger (nær/fjernvirkning, felter)

Hvorvidt det vil være rimeligt at definere et indhold i form af nogle emner/fænomener/problemer eleverne skal kende til efter gymnasiets undervisning i fysik, vil for mig afhænge af om det er muligt at opstille nogle fornuftige kriterier for udvælgelsen af indholdet.
Her er der mange muligheder. Man kunne fx vælge indhold ud fra

- nødvendighed for videre studier inden for fysik
- brugsværdi i forhold til elevernes hverdag

- betydning for elevernes fremtidige virke som samfundsborgere
- potentiale til at eksemplificere fundamentale fysiske problemstillinger
- fascinations- og perspektiveringsværdi i relation til elevernes personlighedsudviklingsprojekt

Den første begrundelse for indholdsudvælgelse er tæt knyttet til et kvalifikationsbegreb som jeg tidligere har argumenteret for ikke at tillægge stor vægt ud fra en opfattelse af fysik på obligatorisk niveau som havende mere almendannende end specifik fysikstudiekvalificerende sigte. Men jeg mener ikke at manglende kendskab til konkret fysikområder vil gøre elever mindre studieegnede i fysik. Studieegnethed – også i fysik - er snarere et spørgsmål om faglig modenhed, interesse og forståelse for faglige sammenhænge, hvilket fremmes gennem en kompetenceudvikling.
De to næste udvælgelseskriterier peger på nogle nytteaspekter i forhold til elevernes nære omgivelser og i forhold til elevernes deltagelse i den demokratisk proces. Dette er vigtige aspekter, som ligger inden for en "science for public understanding" – opfattelse som den fx kommer til udtryk i "Beyond 2000". Hvor farlige er mobiltelefoner? Er a-kraft farlig? Hvilken energiforsyning vil være at foretrække i fremtidens samfund? Skal man neutronbestråle fødevarer? osv., er relevante spørgsmål at forholde sig til. Og de vil langt hen ad vejen være motiverende for eleverne. Problemet med dem er at svaret kun til en vis grad er baseret på fysikviden, men nok så meget på politiske overvejelser (eller på avanceret statistik). Desuden vil beskæftigelse med mange af disse autentiske hverdagsproblemer involvere teknologisk indsigt eller avanceret fysikfaglig viden som er vanskelig at arbejde med i gymnasiale sammenhænge. Måske skal de indgå netop i et "science for all" – fag, der integrerer en række forskellige tilgange til naturvidenskabelige problemstillinger, og hvortil fysik naturligvis vil og bør kunne bidrage. Men selve kernen i fysik ligger ikke her og fagets profil og berettigelse i gymnasial undervisningssammenhæng vil jeg mene i højere grad skal basere sig på de to sidste udvælgelseskriterier (som jo ikke nødvendigvis er i modsætning til de andre).
Et indhold som kan eksemplificere grundlæggende fysikfaglige problemstillinger som har værdi i forhold til elevernes personlighedsudvikling er i overensstemmelse med de dannelsesovervejelser som jeg har foretaget dels i relation til Klafkis kategoriale dannelse og dels i relation til de postmoderne dannelsesbetragtninger. Ifølge disse skal indholdet bestå af eksemplariske fænomener/emner/problemer som kan tematisere historiske og erkendelsesmæssige grundlagsproblemer således at eleverne indfanger fysikkens tankeprocesser og forståelsesmåder og relaterer dem til deres egne og andre samfundsmæssige erkendelser[1]. Jeg tror også at der er sammenhæng mellem de to udvælgelseskriterier, idet en beskæftigelse med fundamentale erkendelsesmæssige problemstillinger vil have værdi i for-

[1] Hvorved dannelsesaspekterne får nytteværdi både i forhold til elevernes hverdag og til samfundsmæssig ageren.

hold til elevernes personlighedsudviklingsprojekt. Elevinterviewene i kapitel 10 synes at bekræfte dette.

Et indhold udvalgt efter disse retningslinier og undervist med en kompetenceerhvervelse for øje vil give eleverne – og samfundet – et grundlæggende og nødvendigt dannelseselement.

LITTERATUR

Audet, R. H.;Hickman, P. & Dobrynina, G. (1996). Learning Logs: A Classroom Practice for Enhancing Scientific Sens Making. *Journal of Research in Science Teaching, 33*(2), 205-222.

Bangsgaard, T.;Dolin, J.;Rasmussen, A.-B. & Trinhammer, O. (2001). *Autentisk fysik* (Forsøgsrapport). Valby.

Beck, U. (1992). *The Risk Society*. London: Sage Publications.

Beyer, K. (1992). Det er ikke tænkning det hele. In H. Nielsen & A. Paulsen (Eds.), *Undervisning i fysik - den konstruktivistiske idé*. København: Gyldendal.

Docter, H. M. & Sølberg, C.-E. (2001). *Naturvidenskab, dannelse og kompetence* (Papers from DCN No 6). Aalborg: DCN, Aalborg Universitet.

Emmeche, C. (1999). Naturvidenskab - sand almen dannelse. *Uddannelse*(5), 7-13.

Erickson, G. L. & Meyer, K. (1998). Performance Assessment tasks in Science: What Are They Mesuring? In B. J. Fraser & K. G. Tobin (Eds.), *International Handbook in Science Education* (Vol. 2, pp. 845-865). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

Giddens, A. (1997). *Modernitetens konsekvenser*. København: Hans Reitzels Forlag.

Gilbert, S. W. (1991). Model building and a definition of science. *Journal of Research in Science Teaching, 28*(1), 73-79.

Gilberth, J. K. & Boulter, C. J. (1998). Learning Science Through Models and Modeling. In B. J. Fraser (Ed.).

Halloun, I. (1996). Schematic Modelling for Meaningful Learning in Physics. *Journal of Research in Science Teaching, 33*(9), 1019-1041.

Hansen, J. M. (2001). Byg bro mellem mennesket og omverdenen. *Uddannelse*(5), 5-9.

Haue, H. (1999). Almendannelsen fra rod til kvist. *Gymnasieskolen*(8).

Hofstein, A. & Kempa, R. F. (1985). Motivating strategies in science education: Attempt at an analysis. *Eur. J. Sci. Educ., 7*(3), 221-229.

Huisken, F. (1973). *Uddannelsesøkonomi og uddannelseskrisen i Vesttyskland*: RUC boghandel og forlag.

Hutmacher, W. (1997). Key Competencies in Europe. *European Journal of Education, 32*(1), 45-58.

Jensen, I. & Prahl, T. (2000). Kompetence som intersubjektivt fænomen. In J. o. P. Andersen (Ed.), *Kompetence - i et organisatorisk perspektiv*. Frederiksberg: Roskilde Universitetsforlag.

Jørgensen, P. S. (1999). Hvad er kompetence? *Dansk Pædagogisk Tidsskrift*(9), 4-13.

Klafki, W. (1983). Kategorial dannelse. In S. E. Nordenbo (Ed.), *Kategorial dannelse og kritisk konstruktiv pædagogik*. København: Nyt Nordisk Forlag Arnold Busck.

Klafki, W. (2001). *Dannelsesteori og didaktik - nye studier*. Århus: Klim.

Kolind, L. (1994, 1995). *De almene ungdomsuddannelser og erhvervslivets kvalifikationskrav*. Paper presented at the Gymnasiet og hf år 2005.

Laursen, P. F. (2000). Skolen uden tabere - Bloom revurderet. *Dansk Pædagogisk Tidsskrift*(1), 39-47.
Lomask, M. S.;Baron, B. J. & Greig, J. (1998). Large-Scale science Performance Assessment in Connecticut: Challenges and Resolutions. In B. J. Fraser & K. G. Tobin (Eds.), *International Handbook of science Education* (Vol. 2, pp. 823-844). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
Luhman, N. (1998(1988)). Erkendelse som konstruktion. In M. Hermansen (Ed.), *Fra læringens horisont - en antologi*. Århus: Klim.
Mansfield & Mathews. (1985). *The Job Competence Model*: FESC.
Matthews, M. R. (1998). In Defense of Modest Goals When Teaching about the Nature of Science. *Journal of Research in Science Teaching, 35*(2), 161-174.
Matthews, M. R. (1998). *Time for Science Education. How Teaching the History and Philosophy of Pendulum Motion can Contribute to Science Literacy*. New York: Plenum.
Mortensen, K. P. (1998). Dannelse på dansk. In G. m. f. Ingerslev (Ed.), *Midt i ræset*. København: Dansklærerforeningen.
Niss, M. (1999). Kompetencer og uddannelsesbeskrivelse. *Uddannelse*(9), 21-29.
Nordenbo, S. E. (1983). Indledning: Wolfgang Klafki - fra åndsvidenskabelig til kritisk-konstruktiv pædagogik. In S. E. Nordenbo (Ed.), *Kategorial dannelse og kritisk-konstruktiv pædagogik*. København: Nyt Nordisk Forlag Arnold Busck.
Nordenbo, S. E. (1999). *Dannelse og dannelsestænkning* (7). København: Danmarks Lærerhøjskole.
OECD. (1999). *Measuring Student Knowledge and Skills - a New Framework for Assessment*. Paris: OECD.
Peters, R. S. (1980). *Uddannelsens filosofi: Udvalgte artikler*. København: Nyt Nordisk Forlag.
Qvortrup, L. (2000). *Det lærende samfund*. Available: http://www.hum.auc.dk/ansatte/profiler/gammelt/lq/kursus/laerende.htm.
Rasmussen, J. (1996). *Socialisering og læring i det refleksivt moderne*. København: Unge pædagoger.
Rolls. (1997). ?
Schmidt, L.-H. (1999). Dannelse på ny - om det socialanalytiske perspektiv på velfærdssamfundets dannelsesnormer. *Dansk Pædagogisk Tidsskrift*(1), 32-45.
Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher, 15*(2), 4-14.
Sjøberg, S. (1998). *Naturfag som allmenndannelse*. Oslo: Ad Notam Gyldendal.
Tamir, P. (1998). Assessment and Evaluation in Science Education: Opportunities to Learn and Outcomes. In B. J. Fraser & K. G. Tobin (Eds.), *International Handbook of Science Education* (Vol. 2, pp. 761-789). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
Thyssen, O. (2001). Dannelse i moderniteten. *Dansk Pædagogisk Tidsskrift*(3), 66-85.
Tiberghien, A. (1996). Construction of Prototypical Situations in Teaching the Concept of Energy. In G. Welford;J. Osborne & J. Scott (Eds.), *Research in Science Education in Europe: Current Issues and Themes*.
Undervisningsministeriet. (1997). *National kompetenceudvikling*. København: Undervisningsministeriet.
Undervisningsministeriet. (1999). *Udviklingsprogrammet for fremtidens ungdomsuddannelser*. København: Undervisningsministeriet.

Undervisningsministeriet. (2000). *Uddannelsesredegørelse 2000.* København: Undervisningsministeriet.
Undervisningsministeriet. (2001). Flere fortsætter uddannelse efter gymnasiet. *Undervisningsministeriets Nyhedsbrev, 15*(8).
Viennot, L. & Rainson, S. (1999). Design and evaluation of a research based teaching sequence: the superposition of electric fields. *International Journal of Science Education, 21*(1), 1-16.
Wedege, T. (1993). Fra kvalificering til dannelse. *Dansk Pædagogisk Tidsskrift*(3).
Ziehe, T. (1989). *Ambivalenser og mangfoldighed.* København: Politisk Revy.
Ziehe, T. & Stubenrauch, H. (1983). *Ny ungdom og usædvanlige læreprocesser.* København: Politisk Revy.

Del VI
FORSKNINGSMÆSSIGE OVERVEJELSER

Jeg vil i dette kapitel indplacere afhandlingen i en forskningsmæssig tradition, overveje forholdet mellem teori og empiri og anvendelsen af kvalitative og kvantitative metoder.
Afhandlingen er et stykke pædagogisk forskning, men indeholder samtidig aktionsforskningsaspekter og ville være umulig uden fysikfaglig indsigt. Jeg vil undersøge sammenhængen mellem disse forskellige forskningsopfattelser.
Afhandlingens meget brede problemformulering som både indeholder henvisninger til den eksisterende praksis i gymnasiet og refleksioner over denne lægger op til en kombination af empiriske og teoretiske undersøgelser. Jeg vil se på hvordan det kan foregå og konkret er foregået.
Jeg har ikke haft som intention at udføre en undersøgelse, som kan være repræsentativ for al fysikundervisning i gymnasiet, men nok at kunne afdække nogle karakteristiske forhold ved den gymnasiale fysikundervisning med en vis almen forklaringsværdi. Derfor har de kvalitative metoder naturligt nok haft betydelig større vægt end de kvantitative, hvilket jeg også vil kommentere.
Endelig vil jeg overveje afhandlingens gyldighed og pålidelighed.

Denne afhandling har ikke et forskningsmetodisk sigte, så det følgende er at betragte som en refleksion over det udførte arbejde og ikke som en forskning i forskningsprocessen.

FORSKNING ELLER UDVIKLINGSARBEJDE?

Forskning er for mig at se udvikling af ny viden gennem forfølgelse af spørgsmål på videnskabelig hæderlig vis. Denne meget brede opfattelse er i overensstemmelse med OECDs holdning til forskning, som den kommer til udtryk i den såkaldte Frascati-manual fra 1995 (www.oecd.com). Her anses både (traditionel) forskning og udviklingsarbejde som forskning, vel i erkendelse af at det inden for det pædagogiske felt er svært, og måske også uhensigtsmæssigt, at skelne mellem de to aktiviteter. Jeg opfatter selv det her fremlagte arbejde som begge dele, idet ALF-projektet gav nogle forskningsbaserede indsigter som blev inddraget i AFU-projektets udviklingsdel samtidig med at AFU-projektet blev genstand for forskning. En intention med AFU-projektet var således at lade forskningen øve direkte indflydelse på det praktisk pædagogiske udviklingsarbejde. Dette er naturligvis ikke muligt fuldt ud, for som Karen Borgnakke udtrykker det:

Et praktisk pædagogisk udviklingsarbejde kan ikke forskningsbaseres fra a-z, eller fra først til sidst. Den praktiske kompleksitetsgrad er alt for høj, og levende liv er alt for bevægeligt.
(Borgnakke, 2001)(s. 17)

Praksisfeltets kompleksitetsgrad har i virkeligheden to implikationer:

Den viden, som forskningen forsøger at trække ud af den undervisningsmæssige praksis, vil altid være præget af det konkrete, det kontekstuelle, de involveredes forforståelser osv. Man kan med grundige, systematiske, refleksive tilgange tage højde for denne kulturelle mangfoldighed, men det gør det meget vanskeligt at komme med normative udsagn, som kan have almen praksisgennemslag. I hvert fald fristes man til at formulere en slags *uddannelsesforskningens usikkerhedsrelation*: Jo mere præcist og uforbeholdent man vil udtale sig om uddannelsesmæssige forhold, jo mindre konkrete er de pågældende forhold. Tilsvarende kan man udtale sig mere præcist om meget generelle forhold.
Det følger af denne relation at praktikere ikke direkte og uformidlet kan anvende uddannelsesforskningens resultater. De skal tilpasses praktikerens egen virkelighed. Den gennem uddannelsesforskningen opnåede viden skal således ikke opfattes som dogmatiske sandheder, men snarere som indsigter i et felt. Men forskningens værdi (for samfundet) kan i en vis forstand måles ved dens anvendelighed som tolkningsredskab i en handlingssammenhæng.
Det var det der skete i del III. Her blev forskningen fra ALF-projektet (og anden forskning) anvendt i praksissammenhænge, for at se om den kunne "holde", om teorierne var anvendelige som en tolkningsramme for undervisning i fysik og som retningsgivere i en udviklingssammenhæng. Det var de. Samtidig foregik der et forskningsbaseret udviklingsarbejde, dels gennem arbejdet med at indkredse de anvendte begreber og dels gennem den strukturerede udvikling af undervisningskoncepter som fx modelleringsmodellen.
Denne mere udviklingsprægede forskning blev der så blevet forsket på i de følgende dele.

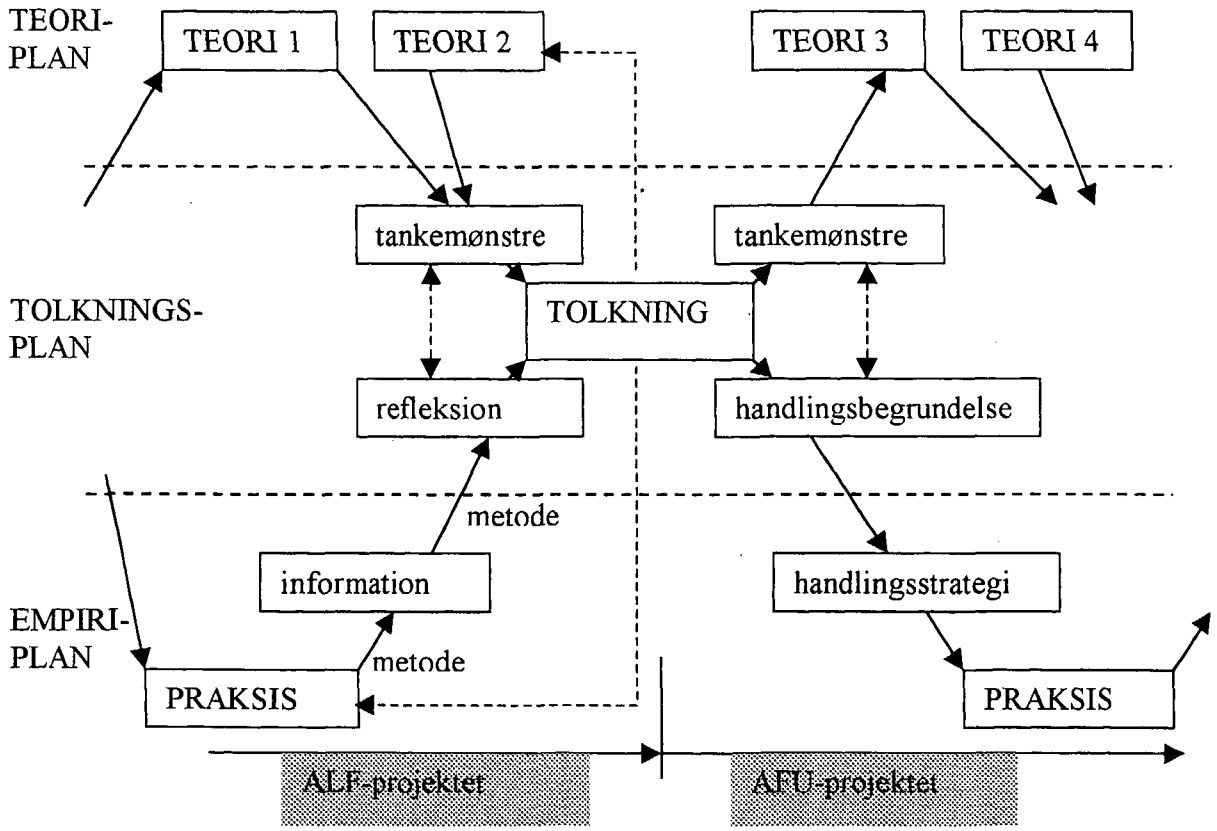
TEORI OG EMPIRI

Afhandlingen skifter mellem teoribaserede og empiribaserede kapitler. Dette afspejler den vekselvirkning som projektet har haft mellem teoretiske overvejelser og undersøgelser af hvordan fysikundervisningen ser ud og opfattes og hvordan den kan ændres.
Teori og empiri er to store og ikke velafgrænsede kategorier.
En *teori* er en generalisation af hvordan noget fungerer. En forklaring, en forståelsesramme, en betragtning, en tankekonstruktion. For at anvende afhandlingens begrebsapparat så vil man kunne betragte den som en repræsentation af nogle fænomener. Teorier er naturligvis ikke statiske, de kan modificeres gennem konfrontation med de fænomener, de skal repræsentere.
Teorier hænger sammen med *metoder*. En metode er en systematisk fremgangsmåde til at indsamle og bearbejde informationer, og ofte vil den valgte metode være knyttet til den eller de teorier der er i spil. Men også det valgte praksisfelt og de informationer man ønsker at trække ud af det kan være medbestemmende i valg af metode. Så metoderne kan måske ses som koblingen mellem teori og empiri.
Empiri har at gøre med erfaring og praksis, men er ikke det samme som praksis. Man vil ofte forbinde empiri med det virkelighedsnære, med eksperimentelle resultater, data fra feltet der undersøges, data fra og om en given praksis. Men generelt set er det det materiale som gøres til genstand for undersøgelse. Man kan mere generelt opfatte ethvert input til sine (teoretiske) overvejelser som em-

piri, således at fx også andres teoretiske overvejelser kan være erfaringer som har empiristatus i forhold til egne teoretiseringer over praksis. Jeg vil dog her forbeholde empiribegrebet til de tilfælde hvor inputtet indeholder konkrete informationer om det undersøgte felt.

I videnskabelige undersøgelser indgår empiri og teori ofte i en vekselvirkning. Man kan tænke sig rent teoretiske studier, men rene empiriske studier er ret meningsløse. Om ikke andet vil det kræve nogle teoretiske overvejelser at udvælge den rette empiri.
I indeværende afhandling har jeg arbejdet på tre planer: Et teoriplan og et empiriplan[1], som er blevet bundet sammen af et tolkningsplan. Tolkning fungerer således i vid udstrækning som generelt anvendt metode. Jeg har illustreret det i figur VI.1.

Fig. VI.1



Afhandlingen er i høj grad båret af tolkninger baseret på både teori og empiri. I figuren skal man tænke sig tiden forløbe fra venstre mod højre. ALF-projektet bestod af flere tolkningscyklusser, hvor jeg ved hjælp af teoriprægede tankemønstre har reflekteret over empiriplanets informationer og dermed udviklet en række teorier, som har kunnet begrebssætte den observerede praksis.

1 Man kunne overveje at kalde det et praksisplan, men med det empiribegreb, jeg her har indskrænket mig til, vil der være stor sammenfald.

Det øjeblik forskningen blev aktionsrettet (nemlig i AFU-projektet) går tolkningspilene fra feed-back til feed-foreward. Nu giver refleksionerne en tolkning af handlingerne som sætter en dobbeltbevægelse i gang. På den ene side har tolkningen fostret nye ideer som har nødvendiggjort korrektioner til den anvendte teori og evt. inddragelse af ny teori. På den anden side har tolkningen givet nogle begrundelser for at ændre praksis, så med baggrund i tolkningens indsigter er der udviklet en handlingsstrategi, som har været styrende for fremtidig handling. Herefter kan bevægelsen fortsætte. Den nye tolkning kan have sit primære udspring i den nye praksis eller i en ny teoretisk vinkel på praksis, og den kan være et teoriudviklende feed-back eller et handlingsrettet feed-foreward.

Sammenhængen er naturligvis mere kompleks end her vist. Karen Borgnakke foretager en grundig analyse af teori/empiri-praksis relationen i *Koblinger – mellem kritiske læringsteorier og empirier om praksis* (Borgnakke, 1998), specielt i relation til pædagogisk udviklingsarbejde. Det er dog langt uden for afhandlingens ramme at inddrage disse analyser, formålet her er snarere at illustrere hvorledes tolkningerne har båret teori/praksis-relationen i afhandlingen.

Empirien

Empiri kan være relateret til den undersøgte praksis, men også til andre former for input som kan påvirke tolkningerne fx andres undersøgelser af relevante situationer. I det første tilfælde kan man tale om primær empiri, idet andet om sekundær empiri.

Jeg har i løbet af de to projekter indsamlet en bred vifte af *primær empiri*:

- observationer af klasser og udvalgte grupper under normalundervisning, udarbejdelse af feltnoter
- videooptagelser af undervisning
- elevspørgeskemaer
- elevinterviews (både individuelle og gruppevis)
- lærerinterviews og lærernes egne nedskrevne overvejelser
- elevmateriale (skriftlige opgaver, prøver, fysikrapporter, projektrapporter, dagbøger)

Desuden har jeg indsamlet et omfattende *sekundært empirimateriale* i form af artikler og bøger som behandler problemstillinger svarende til mine. Da jeg startede ALF-projektet gik jeg systematisk 5-8 år tilbage i de førende tidsskrifter af relevans for mig, og i de artikler og bøger som indeholdt viden og ideer jeg kunne bruge fulgte jeg de centrale litteraturhenvisninger. Jeg har således inddraget over 500 henvisninger i indeværende afhandling.

Dette materiale er *tolket* på forskellig vis. Jeg har forsøgt at sammenholde teoriernes tankemønstre med empiriens virkelighedsbillede så teorien kunne give en ramme for tolkningerne og empirien kunne belyse teorierne.

Teoriafklaring

Mit teoretiske udgangspunkt var en relativ bred og upræcis konstruktivistisk opfattelse af læring.
Jeg har derfor læst og diskuteret forskellige (især) konstruktivistiske teorier og konfronteret dem med hinanden og empirien.
Det har i høj grad været en gensidig proces, hvor teorien har givet nye synsvinkler på empirien, men hvor empirien på sin side har afsløret begrænsninger i og stillet krav til de anvendte teorier. Denne vekselvirkende arbejdsform har nuanceret teorigrundlaget og tydeliggjort at et så komplekst felt som undervisning ikke kan rummes af én teori. Jeg har derfor inddraget en bred vifte af - primært konstruktivistisk orienterede - tilgange, således som det fremgår af de forskellige afsnit.
Fx har jeg, for at få indfanget gruppelæreprocesserne, trukket på sociokulturelle tilgange og her indenfor specielt dialogiske læringsopfattelser. Den kulturhistoriske tradition har derfor fået en relativ central plads.
Teoriafklaringerne har været en central del af arbejdet, netop fordi jeg har fokuseret på kvalitative aspekter. Jeg har afsøgt mulige forståelsesrammer og relateret min forforståelse og det empiriske materiale hertil. Derfor har jeg i afhandlingen medtaget afsnit der tilsyneladende alment diskuterer teoretiske positioner. Disse afsnit er imidlertid skrevet løbende og samtidig med indsamlingen af empiri, og jeg håber at de gennem deres søgende form kan være med til at udvikle og fremme andres refleksioner over undervisning og læring i fysik.

Tolkningerne

Jeg startede observationerne med et meget bredt fokus. Jeg fulgte simpelthen med i timerne, og lærte klasserne og lærerne at kende. Efterhånden dukkede der situationer op, hvor der "skete noget" som syntes at have med læring at gøre. Det kunne være en klasseundervisningssituation, hvor der tydeligvis ikke skete det læreren var interesseret i, eller et gruppearbejde, hvor eleverne syntes at opnå en erkendelse. Der skete en *identifikation* i Jette Fogs betydning (se senere), dvs. et valg af hvorledes man ser de ønskede begreber i det empiriske materiale (Fog, 1994)(s. 167f).
Disse situationer så jeg igennem og overvejede hvad der skete. Jeg valgte nogle eksemplariske sekvenser, og bearbejdede dem efter følgende tretrinsraket:

- Struktureret beskrivelse
- Tolkning af udsagn - hvad er de udtryk for?
- Indpasning i en teoriramme

Som en del af denne proces diskuterede jeg situationernes korrespondens og koherens for at sikre gyldigheden af det udvalgt materiale (se senere).

En stor del af tolkningerne er foretaget af elevdialoger udskrevet fra videooptagelser. Jeg vil derfor specielt omtale hvilke problemer der er forbundet hermed.

Videooptagelserne

Jeg[1] startede med at præsentere mig selv og projektet og få elevernes accept af og lyst til at deltage. I ALF-projektet fulgte jeg størstedelen af timerne i fysik og optog de fleste af disse på video. Især i starten blev alle timer optaget, men efterhånden som jeg fik etableret et mere snævert fokus, indskrænkede optagelserne sig til udvalgte perioder. I AFU-projektet er der foretaget videooptagelser af samme udvalgte undervisningsforløb i alle tre klasser for at muliggøre sammenligninger.

Det er et centralt spørgsmål, i hvor høj grad min tilstedeværelse og videokameraet påvirkede eleverne. Det er min opfattelse, at påvirkningen var minimal. Efter de første timer i klasserne indgik jeg som en naturlig og accepteret del af klasserumssituationen. En gruppe, der blev optaget, kunne selvfølgelig bruge kameraets tilstedeværelse som en anledning til en morsom bemærkning, men det afstedkom tydeligvis ikke en vigtig adfærdsændring.

Kameraet er blevet brugt på tre principielt forskellige måder med hver deres styrker og metodiske problemer. Det er der redegjort for i Bilag 19.

Klasseoptagelserne er, især i ALF-projektet, taget så jævnligt, at det er muligt at følge udviklingen i klassen og i enkeltpersoners ageren. Efterhånden som interessen koncentrerede sig om udvalgte elever blev disse i særlig grad optaget, så det har været muligt at følge disse gennem de to år.
Tyngden i optagelserne ligger i *gruppeoptagelserne*. Det er her det er muligt at gå dybere i enkelte elevers faglige tilegnelse og i de processer der foregår i grupper og som ofte er rammen om den enkeltes læring.
Der er optaget *enkeltinterview* af eleverne i x-klassen i ALF-projektet i 1.g lige efter efterårsferien og igen ved valgfagssnakken i februar og igen i efteråret i 2.g, således at det er muligt at følge den enkelte elevs udvikling i holdning til fag, skole, liv. Det er også muligt at registrere individers refleksioner over deres tilegnelsesproblemer. I AFU-projektet er der kun foretaget båndoptagelser af elevinterview.

Dialoganalyse af videooptagelser

Dialogens datagrundlag er i første omgang de ytringer som lærere og elever frembringer i klasserummet, men i overensstemmelse med Bakhtins dialogbegreb (se kap. 5) er det også deres skriftlige frembringelser samt de overvejelser de gør undervejs.
At undersøge alle disse data er alene af omfangsmæssige grunde svært, men der knytter sig desuden en række metodiske problemer, som jeg vil fremdrage.

Når klasserumsaktiviteterne bliver forskningsdata flyttes de fra den kontekst, hvori de er dannet, til forskerens sfære. Ved undersøgelser af sproglig/social/kulturel mening og betydning, som er stærkt kontekstbundet, vil udvælgelsen, præsentationen og den nye kontekst, forskeren bringer dem i, i høj grad påvirke dataenes information og betydning. Ved vores analyser gør vi dataene til en del af *vo-*

1 I ALF-projektet var vi to forskere til stede i starten.

res betydningsverden, og de bliver derfor også data om *os* (Lemke, 1998)(p.1176). Kun ved at være bevidst herom kan man minimere betydningen af forskerens forforståelse for tolkningen.

Dialoganalyse er et forsøg på at finde mønstre via aggregering af hændelser, som hver især trækkes ud af deres kontekst efter nogle bestemte kriterier. Et vigtigt princip for aggregering er *covariation*: En ændring i kontekst eller et tilbagevendende karakteristisk træk ved konteksten afføder en bestemt ændring eller et bestemt udtryk i dialogen.
Disse covariationsmønstre kan være svære at fange ud fra et begrænset datamateriale, især hvis man ikke ser efter nogle sammenhænge som man på forhånd har valgt at interessere sig for. I sådanne tilfælde kan validiteten af ens analyse være meget lille. Jeg har startet observationerne med et meget åbent fokus og de mønstre jeg fremdrager er vokset frem af mange timers tilstedeværelse i klassen, samtaler med elever og lærer, læsning af elevarbejder, iagttagelse af videooptagelser mm, hvorved jeg har tilstræbt en så høj grad af validitet som muligt (se senere). Men det er stadig *mine* analyser og min meningstilskrivelse, så reliabiliteten er ikke nødvendigvis meget høj (se senere). Jeg har dog fremlagt analyserne for de andre deltagere i projekterne og på den måde sikret mig, at vi ser de samme hændelser og tilskriver dem den samme tolkning.

Covariation er udtryk for en ændring og en ændring sker i forhold til noget, hvorfor *sammenligning* er en central del af dialoganalysen. Følges fx bestemte elevers adfærdsmønstre er det vigtigt også at følge andres for at se om disse handler anderledes eller på samme måde.

Jo mere omfangsrigt materiale man har, jo højere grad af validitet kan opnås. Videooptagelser - som har udgjort et centralt datamateriale - er ekstremt informationsholdigt: Ord, betoninger, intonationer, gestus,... alt er med. Men samtidig er en bearbejdning nødvendig for at få reduceret kompleksiteten, og dette er netop hvad der sker ved analysen. Når en sekvens er fundet interessant er den typisk blevet skrevet ud. Herved sker der en ejendommelig dobbelthed: På den ene side ser man hvor mange fyldord, gentagelser, abrupte sætninger, pauser, ændringer osv. mundtlig sprog består af. Udtryk, som man ikke er opmærksom på når man overværer episoden eller ser videooptagelsen, og som i daglig tale virker naturlige, springer i øjnene når de skrives ned. Der er udsagn og ytringer som i deres rette, talte kontekst er fuldt forståelige og meningsfulde, men som skrevet ned virker nærmest uforståelige. Så transkriptionen udvider ens oplevelse af optagelsen. Men på den anden side, og dette er tolkningsmæssigt vigtigere, er det forbløffende hvor lidt af den aktuelle, filmede hændelse, der kommer med på en udskrift. Ofte har man ved gennemlæsning af en sådan udskrift svært ved at genkende sekvensen og forstår næsten ikke hvorfor den var interessant og kan ikke lysende klart se de pointer som var tydelige på videobåndet. Udskriften mangler den intonation som kan afgøre om en ytring er et samtykke eller det modsatte, om det udtales tøvende eller sikkert, ironisk, fjollende osv. Ved gentagne gennemsyn af videoen kan noget af dette tilføjes udskriften, især pauser, afbrydelser o.l., men jo mere man tilføjer af den slags *nonverbale ytringer* jo mere bliver udskriften forskerens tolkning af hændelsen, den bliver data om forskeren.

Men det er vigtigt at være opmærksom på, hvor stor en del af den sproglige mening der er *intertekstuel*. Den ligger i gestus, attituder, betoninger, i valg af ord og vendinger i relation til den aktivitet den indgår i.
Den sproglige mening er desuden som nævnt stærkt *kontekstbundet*. Mange ytringer giver kun mening hvis man ekspliciterer hvilken sammenhæng de indgår i. Der kan være tale om en *faglig sammenhæng*, en *aktuel situation* eller en *kulturel kontekst*: Er eleverne ved at repetere et emne eller ved at få det introduceret, hvad der er sket tidligere i forløbet? Er sekvensen sidst på dagen hvor elever tit er trætte og uoplagte, er nogle bestemte dominerende elever fraværende el.lign.? Hvordan er klasserumskulturen, hvordan taler læreren normalt til eleverne, hvordan er stemningen, hvilken rolle har bestemte elever?
For at kunne tage højde for disse kontekstbindinger er det vigtig at alle udsnit af undervisning placeres i den kontekst som er nødvendig for at kunne foretage en valid tolkning.

Forskningstradition

Som det fremgår af ovenstående har jeg ikke trukket på nogen speciel forskningstradition (såsom etnometodologi, grounded theory el.lign.[1]), men har ladet mig lede af de problemer, jeg har opstillet.
Afhandlingens meget brede sigte har gjort det oplagt at trække på forskellige traditioner alt efter det aktuelle fokus. Jeg har således portrætteret personer og grupper, hvilket ligger inden for etnografiske forskningstraditioner, men også analyseret afgrænsede situationer som mere ligner case-studier. Arbejdet med modelleringsmodellen og kompetenceformuleringen af fysik er vel eksempler på teoribygning, altså grounded theory ligesom modellen i figur 9.1 kan ses som udtryk herfor. Der er dog én forskningstradition som jeg har anvendt eksplicit og bevidst, nemlig den fænomenografiske uddannelsesforskning. Her har jeg samarbejdet med Gitte Ingerslev og udnyttet hendes erfaringer med undersøgelser af elevers og læreres holdninger til undervisning og læring.

Hvis man ser meget overordnet på uddannelsesforskning, og måske holdning til uddannelse i det hele taget, er det som om man kan udskille to brede traditioner: En centraleuropæisk og en angelsaksisk tradition.
Den centraleuropæiske lægger vægt på at læse de teoretiske klassikere (helst i originaludgaver) og kritisere og sammenligne dem. Jeg opfatter det som en relativ bevarende tradition, men med stor vægt på refleksion. Klafkis dannelseskonception kan vel ses i dette lys, idet hans tidstypiske problemer (se s. 348) næsten kan have kanon-status, og grundtanken i kernefaglighedsbestræbelserne kan også siges at ligge inden for denne tradition.
Den angelsaksiske forsknings- og uddannelsestradition lægger mere vægt på at løse problemer. De teorier, der så kan bidrage hertil, inddrages i fornødent omfang. Der lægges derfor vægt på at ændre de eksisterende forhold, handling bliver vigtig. Ideerne i en kompetencetilgang kan siges at tilhøre denne tradition.
Jeg føler mig mest i overensstemmelse med den angelsaksiske forskningstradition.

1 (Cresswell, 1998) har en glimrende gennemgang af fem vidt brugte forskningstraditioner.

Et forhold er gået igen i mine undersøgelser, nemlig samspillet mellem kvalitative og kvantitative metoder. Jeg vil derfor foretage en sammenligning af de to tilgange til uddannelsesforskning.

KVALITATIVE OG KVANTITATIVE METODER

I litteratur om sociologisk/psykologisk forskning skelnes der ofte skarpt mellem kvantitative og kvalitative metoder. Quantitas på latin betyder størrelse, mængde, mens qualitas betyder beskaffenhed og egenskab. De to tilgange har derfor forskellige målsætninger og arbejder med forskellige spørgsmål. Den kvantitative undersøgelse fokuserer på størrelsen af et på forhånd afgrænset fænomen, ofte for at verificere/falsificere en hypotese. Den kvalitative undersøgelse arbejder med at karakterisere, at gestalte, at undersøge beskaffenheden af et fænomen, måske så man bliver i stand til at opstille en hypotese.
Bengt Starrin morer sig med, på basis af en række forfatteres forskellige opfattelser af kvalitativ og kvantitativ forskning, at opstille nedenstående liste med kendetegn på de to metoder (Starrin, 1995):

Kvantitativ - Kvalitativ:

Objektiv - subjektiv
deduktiv - induktiv
hård - blød
videnskab - kunst
positivisme - hermeneutik
kausal - teleologisk
mekanistisk - finalistisk
forklaring - forståelse
positivisme - fænomenologi
makro - mikro
distance - nærhed
ekstensiv - intensiv
kulde - følelser
empiristisk - naturalistisk
tal – ord

En sådan opstilling i to modstillede ordsæt kan give indtryk af to uforenelige tilgange.
Der er imidlertid ikke tale om to typer af metoder, som udelukker hinanden, men om at finde den undersøgelsesmåde, der passer bedst til det, man er interesseret i at få noget at vide om.
Kvantitative undersøgelser arbejder med data der kan kvantificeres, dvs. beskrives ved hjælp af tal. Man vil typisk gennem en kvantitativ registrering forsøge at kortlægge et felt for at finde ud af hvordan interessante problemer eller egenskaber fordeler sig - interessante i den forstand at de ved-

rører mange personer og derfor er karakteristiske for feltet. Man kan desuden undersøge, om der er nogle korrelationer mellem de forskellige fordelinger – hvilket ikke skal forveksles med årsagssammenhænge, der oftest vil kræve en kvalitativ undersøgelse at fastlægge. Hvis man spørger nok mennesker, giver kvantitative målemetoder mulighed for generaliseringer. Man kan fx have nogle ideer om sammenhængen mellem undervisningsform og elevudbytte, men det er umuligt at sige noget generelt herom på basis af egne og nogle kollegaers erfaringer. Hvis man derimod undersøger mange læreres undervisning og deres elevers udbytte heraf, bliver et evt. mønster mere troværdigt som et generelt billede af feltet. Diskussionen kommer så til gengæld til at dreje sig om målbarheden af undervisningsform og elevudbytte.

Problemet med de kvantitative opgørelser er, at de ikke altid bringer os så langt hvad angår *forståelse* for, hvad der sker. Hvorfor virker fx en bestemt undervisning på en bestemt måde? For at forstå sådanne sammenhænge er man nødt til at være til stede og forsøge at finde ud af hvorfor, der sker det, der sker. Hvilken betydning tillægger de forskellige involverede de samme hændelser? Ja, oplever de i det hele taget det samme - hvad er der egentlig sket? Selv om 1000 elever fx skriver, at de er glade for fysikøvelser (eller det modsatte), hvad er det så et udtryk for? Er de glade for den variation i undervisningen, fysikøvelser giver, og ville de derfor være lige så glade for at se en film? Synes de, de lærer mere fysik gennem øvelserne? Og hvad forstår de så ved at lære mere fysik? Osv.
De kvalitative metoder forsøger at indfange svarene på sådanne spørgsmål. Gennem observationer og interviews vil man kunne få uddybet relevante forhold, og man vil kunne fortolke hændelser for at finde meninger og årsager. Man vil prøve at forstå de involveredes handlinger - hvad er meningen med det vi ser, hvad betyder det for de involverede? Kvalitative undersøgelser baserer sig således på en tro på det intentionelle i mennesket, på at handlingerne er hensigtsmæssige ud fra en eller anden logik. Formålet er ofte at finde denne logik.
En af de kvantitative metoders store fordele, er den højere grad af kontrol af de variables indflydelse på undersøgelsen og større mulighed for reproduktion. Man arbejder med et stort materiale, fx mange elever og mange besvarelser, så man kan opnå en bestemt grad af repræsentativitet. Men dette opnås altså på bekostning af forståelse for, *hvorfor* det observerede foregår. Dermed mister man nogle pejlemærker for *handling*. Man må vide, hvorfor noget sker, for at kunne handle hensigtsmæssigt i forhold til det.
I modsætning hertil vil en kvalitativ undersøgelses resultater i ringere grad kunne kontrolleres og reproduceres. Man taler fx med en bestemt elev i en bestemt kontekst, og andre elever ville sandsynligvis reagere anderledes. Alligevel kan man vurdere almengyldigheden af sit materiale fx ved at kombinere den opnåede indsigt med den øvrige viden, man har om feltet. Styrken ved kvalitative undersøgelser er så, at man får indsigt i, hvordan og hvorfor nogen føler , tænker og handler, som de gør. En sådan erkendelse kan have en høj brugsmæssig værdi, idet det er muligt herudfra at formulere krav til ændret praksis.

Men de to tilgange er vævet meget ind i hinanden. De kvantitative data kan jo være rammerne for de kvalitative observationer og kendskab hertil vil ofte være en nødvendig forudsætning for en kor-

rekt tolkning. Desuden kan kvantitative data afsløre hvilke problemstillinger, der har et omfang, så de berettiger til en kvalitativ behandling. Omvendt kan en kvalitativ undersøgelse afsløre nogle aspekter, som det kan være interessant at undersøge i en større målestok. Jeg har da også i vid udstrækning koblet de to. Fx har jeg stillet åbne spørgsmål i spørgeskemaerne, som senere er blevet fulgt op i interview, og jeg er ved tolkningerne af videooptagelserne gået tilbage og set i spørgeskemaerne, hvad de enkelte elever har svaret på spørgsmål, som kan have betydning for tolkningen. Jeg har også i afsnit af spørgeskemaer spurgt efter forhold, som jeg har fundet interessante på baggrund af kvalitative data.

De forskellige slags viden, de to typer metoder giver, opfattes ofte som havende forskellig status, forskellig grad af "sandhed". Viden, der udtrykkes i tal, har en høj grad af autoritet over sig. Tal anses for objektivt sande, dvs. neutrale og pålidelige og uafhængige af interesser. Kvalitative data er i sagens natur oftest personlige udsagn, og de affærdiges derfor ofte som subjektive og partsindlæg. Skellet er imidlertid til en vis grad kunstigt. Alle kvantitative data er samlet af mennesker med et bestemt sigte for øje. Nogle informationer er udvalgt på bekostning af andre, evt. fordi det var muligt at måle dem, og de præsenteres på en bestemt måde. Oplysningerne er derfor ikke neutrale, men repræsenterer nogle synspunkter. Ved de kvalitative data er det mere åbent, hvilke holdninger der ligger bag forskellige udsagn, og at der er tale om en tolkning foretaget af bestemte personer.

Men det er vigtigt at slå fast, at begge de to tilgange stiller krav til systematik, pålidelighed og troværdighed. Også den kvalitativt orienterede forsker er bundet af det empiriske materiale. Så forskerens subjektivitet spiller ikke en større rolle i kvalitativt orienteret forskning end i kvantitativt orienteret. I begge tilgange skal forskeren træffe valg begrundet i *virkeligheden,* som den nu engang ses af forskeren.

PÅLIDELIGHED OG GYLDIGHED

Det er centralt for en undersøgelse som denne at spørge, i hvor høj grad man kan stole på observationerne og tolkningerne. I hvor høj grad er de udtryk for det, der skete, og kan man stole på forskerens forståelse af det? Denne troværdighed beskrives ved hjælp af begreberne pålidelighed og gyldighed.

Pålidelighed

Pålideligheden (også kaldet reliabiliteten) af en undersøgelsesmetode (og dermed af undersøgelsen) fortæller noget om hvorvidt andre ville få samme indsigt som forskeren, ville vurdere situationen på samme måde, ville tolke den som forskeren gør. Begrebet giver især mening ved kvantitative undersøgelser, fx ved karaktergivning i forbindelse med eksamen, hvor eksamens pålidelighed kan udtrykkes ved hvorvidt censorer giver samme karakter for samme præstationer og ved den grad af

overensstemmelse der er mellem forskellige censorers karaktergivning for samme præstationer. Der er tale om undersøgelsens og undersøgelsesmetodens konsistens, reproducérbarhed og stabilitet. Begrebet deles ofte op i to dele, nemlig ekstern og intern pålidelighed.

Ekstern pålidelighed (eller stabilitet) siger noget om hvorvidt andre forskere ved anvendelse af samme metodik vil komme frem til samme resultat. Forskellige censorer skulle gerne bedømme samme eksamenspræstation til samme karakter. Ville andre forskere i mit sted få samme indsigt?

Intern pålidelighed handler om undersøgelsesmetodens indre konsistens, dvs. at de samme forskere ved anvendelse af metoden på et andet objekt - eller på samme objekt til et andet tidspunkt - vil komme til det samme resultat. Metoden skal således ikke rumme mulighed for indre modsigelser, men give et entydigt resultat for de, der anvender den. En censor skal kunne bedømme opgaver på samme måde år efter år, og bedømme niveaumæssigt ens besvarelser på samme måde. Resultatet må ikke være påvirkeligt af undersøgerens humør, hvornår på dagen undersøgelsen foretages, hvem der undersøges osv.

Det er tydeligt, at ovennævnte formuleringer har svært ved at indfange det der sker, når man arbejder med kvalitative, tolkende metoder. Man *måler* ikke på en situation, men undersøger og tolker den. Man skal så klart og præcist som muligt afdække struktur og dynamik i de observerede handlinger. Som Jette Fog (1994, s.157) udtrykker det:

Vi har ikke brug for et "mål", som på forhånd er stemt og beregnet til at kunne måle i alle mulige forskellige situationer. Vi har tværtimod brug for, at vores undersøgelsesmetode hver gang kan indstilles på det fænomens særegenhed, som den skal undersøge.

Hvis jeg alligevel skal udtale mig om mine undersøgelsers pålidelighed, kan jeg fremdrage følgende:

Afhandlingens eksterne pålidelighed

Problemet er, at hændelser, som de undersøgte, ikke kan gentages; de er enestående og derfor principielt utilgængelige for andre forskeres vurderinger. Men netop ved en videooptagelse indfanges så store dele af feltet, at det er meningsfuldt efterfølgende at tolke på optagelsen. Her bliver optagelsesmetodens interne pålidelighed til gengæld vigtig: At man kan stole på at forskerens optagelse ikke er anderledes biased af den aktuelle situation end af andre situationer. I det omfang dette er opfyldt, kan man godt tillade sig at sige, at hændelsen gentages, og man kan lade andre forskere komme med deres tolkninger ud fra samme metodik, og dermed vurdere metodens eksterne pålidelighed.

I ALF-projektet var vi ofte to observatører i klassen, som senere har foretaget hver sin tolkning af karakteristiske klip af det observerede, og disse tolkninger er så blevet fremlagt for hele ALF-gruppen. Det var muligt herigennem at opbygge en fælles tolkningsramme.

Steinar Kvale opererer med tre fortolkningsniveauer til indfangning af den eksterne pålidelighed: Selvforståelse, common sense fortolkninger og teoretiske fortolkninger (Kvale, 1984):

- Ved det første fortolkningsniveau vil man undersøge, om de observerede kan bekræfte, at ens tolkninger er i overensstemmelse med deres egen opfattelse. Det kan fx ske ved at lade dem se en videosekvens og komme med deres egen opfattelse af situationen og sammenholde den med observatørens. Dette er gjort i begrænset omfang.
- Ved commen sense fortolkningen kan man få sine tolkninger bekræftet af andre, der kender de observerede fx en anden observatør eller klassens lærer. Jeg har i vid udstrækning diskuteret mine tolkninger med de øvrige deltagere i ALF-projektet og de i begge projekter involverede lærere, således at jeg har sikret mig mod fejltolkninger p. gr. a. manglende kendskab til rammerne og eleverne.
- Ved den teoretiske fortolkning kan man lade en kompetent forsker vurdere sin fortolkning. Jeg har diskuteret videosekvenserne med andre forskere både på konferenser og seminarer, og har herigennem set at tolkningerne kan forstås og accepteres af et bredt udsnit af forskermiljøet.

Undersøgelsernes interne pålidelighed

Man er altid påvirket af situationen, fordi man er en del af den. Men man kan eksplicitere forholdene, observationerne er sket under, og forsøge herudfra at synliggøre de relationer, der er mellem observatør og de observerede, og vurdere hvilken påvirkning disse har på tolkningerne.

Selv om man, i hvert fald i en kvantitativ forskningsmetodik, ofte forsøger at adskille forsker og forskningsobjekt, så er det et problem, at jo mere instrumentel og distanceret forskeren forholder sig til personerne der undersøges, desto mindre får han/hun at vide. Neutralitet kan tilstræbes, men aktiv holden sig uden for det sociale rum kan af de personer, der er genstand for observation, opfattes som fornærmende og følelseskoldt, og dermed påvirke det observerede felt. Dette gælder naturligvis i høj grad i situationer, hvor man som forsker er tæt på andre personer, fx ved interview eller ved arrangerede undervisningssituationer. Men også ved videooptagelse af gruppearbejde er man tæt på hinanden. Man er dele af den samme virkelighed og derfor til en vis grad forbundne. Man må derfor som klasserumsforsker finde en måde at forholde sig til eleverne og lærerne på, som ikke påvirker situationen væsentligt, men som samtidigt gør at man bliver accepteret som en del af klassens miljø. Jeg mener, at jeg ret hurtigt blev en del af klasserne. Jeg blev tiltalt og svarede, kendte elevernes navne[1]. Nogle gange spurgte eleverne om noget, og hvis det ikke influerede på lærerens intentioner, svarede jeg. Eleverne kunne fjolle med mikrofonen, men jeg følte ikke, de ellers opførte sig anderledes, end de ville have gjort uden mig.

Den interne pålidelighed glider flydende over i begrebet gyldighed.

1 Især i ALF-projektet, hvor jeg kun fulgte én klasse. I AFU-projektet, hvor jeg fulgte tre klasser, kendte jeg ikke navne på alle elever.

Gyldighed

Gyldighed (eller validitet) er et udtryk for i hvor høj grad man rent faktisk undersøger det man gerne vil undersøge. Altså at ens metodik er anvendelig til det ønskede formål. Et velkendt eksempel på at det ikke altid er tilfældet, er eksaminer som mål for fagligt niveau. Måske måler en eksamen snarere elevens evne til at gå til eksamen end vedkommendes dybereliggende forståelse for faget.
For tolkende metoder er gyldighedens kobling med den interne pålidelighed tydelig. Hvis metodikken ikke formår at tage højde for personlige forhold vil disse påvirke hele undersøgelsesfeltet, og dermed undersøgelsesresultatet, så vi ikke kun undersøger et bestemt objekt eller fænomen i sig selv, men fænomenet sådan som det er under påvirkning af forskeren. Desuden påvirkes forskerens opfattelse af det observerede af den teoretiske forforståelse. Det sete afhænger af øjnene der ser.
En måde at komme ud over disse forhold på, er ved at *argumentere* for den udførte analyse, således at kriterierne for vurderingerne er gjort eksplicitte. Jette Fog (1994, s.166-170) giver et eksempel på en sådan trinvis og systematisk afprøvning af gyldighed:

a) *Identifikation* af de begreber, der kommer til syne i materialet, og en redegørelse for hvorfor det er fornuftigt at fremhæve netop disse træk. Det kan være kriterier, som er udviklet ud fra teoretiske betragtninger, og som tilpasses de konkrete forhold.
b) *Korrespondens*, dvs. en dokumentation for hvor udbredte de identificerede træk er i materialet og hvordan de hænger sammen med andre begreber. Dette skal sikre mod en ensidig brug af empirien.
c) Det sidste trin drejer sig om *koherensen* i materialet, dvs. den indre logik, som der er mellem de forskellige dele og aspekter af materialet.

Ved at følge disse trin kan man sandsynliggøre, at ens fortolkninger er dækkende for den observerede virkelighed.

En vigtig forudsætning for at kunne foretage disse trin, er at kende det undersøgte felt godt.
Emil Kruuse refererer med dette udgangspunkt nogle retningslinier for hvordan man kan øge et forskningsprojekts validitet.
Han opererer med 6 synsvinkler på en undersøgelse, hvor de 5 er gengivet her (den 6., konsensus, hører efter min opfattelse mere under ekstern pålidelighed) (Kruuse, 1992):

1. Tid. Jo længere tid man opholder sig i den gruppe, man skal studere, jo større er sandsynligheden for at man fortolker sine observationer på en logisk konsistent måde, at man ikke springer til en hurtig konklusion.
Jeg har været mange timer i de observerede klasser. I ALF-projektet lærte jeg eleverne at kende lige så godt som man som lærer kender sine elever. Ja, måske bedre, idet jeg har studeret dem på video, har interviewet dem, har fået deres holdninger på spørgeskema osv.
2. Sted. Jo tættere man rent geografisk er på dem, man skal observere, jo bedre fortolkningsmulighed. Ved klasserumsobservationer er man selvfølgelig i klasserummet, men (geografisk) nærhed vil her også sige at sidde så tæt ved de observerede fx ved gruppearbejde, at man kan høre og se

detaljer. Ikke alene var jeg selv tæt på gruppen, men videokameraer og mikrofoner registrerede alt, der foregik.

3. Variation af omstændigheder. For at lære klassen bedre at kende, vil det fx være lærerigt at følge dem over en hel skoledag og se hvordan forskellige elever agerer i forskellige fag. Gitte Ingerslevs observationer i kapitel 2 er et eksempel herpå.

4. Sprog. Kendskab til de observeredes sprog er nødvendig for en korrekt fortolkning. Måske især i ungdomsgrupper, hvor sprogkoden kan være meget forskellig fra observatørens.

5. Intimitet. Jo højere grad af intimitet, nærhed og fortrolighed, man opnår med de observerede, jo mere nøjagtige fortolkninger. Intimiteten kan opnås ved at deltage i "private" arrangementer, dvs. arrangementer uden for det normale observationsrum fx ekskursioner, caféeftermiddage, klassefester o.l. og her indgå i diskussioner og almindelig selskabelighed. Dette har jeg kun gjort i meget begrænset omfang, men alene den mængde tid, jeg har tilbragt blandt eleverne, har givet en vis fortrolighed. Faren ved en sådan nærhed er, at man mister sin objektivitet, at man går fra at være observatør til at være deltager. Der kan godt være forekommet sådanne tilfælde.

Der er ikke nogen enkel sammenhæng mellem pålidelighed og gyldighed, og det er ikke altid muligt at skelne mellem dem. Men jeg er enig med Jette Fog i at betragte pålideligheden som en forudsætning for gyldigheden.

Selv om jeg har sikret en høj pålidelighed er det helt centralt at fastholde gyldigheden. Det er ikke nok at andre forstår mine spørgsmål, jeg skal være sikre på at jeg stiller de rigtige spørgsmål, at jeg undersøger det jeg gerne vil.

Overordnet set vil jeg mene, at projektets resultater har en relativ høj gyldighed. Alle de 5 områder, som Kruuse opstiller for at øge en undersøgelses gyldighed, har jeg i vid udstrækning dækket. Ved desuden at have en meget forskelligartet empiri, har jeg haft mulighed for at sammenholde de samme elevers udsagn og ageren - også over tid. Jeg har således kunnet sammenholde elevers udsagn i interviews og spørgeskemaundersøgelser med observationer og på den måde kunnet undersøge konsistens og inkonsistens mellem elevudsagn og handlinger.

LITTERATUR

Borgnakke, K. (1998). Koblinger- mellem kritiske læringsteorier og empirier om praksis. In J. Bjerg (Ed.), *Pædagogik - grundbog til et fag*. København: Hans Reitzels Forlag.

Borgnakke, K. (2001). Om forholdet mellem forskning og praktisk udviklingsarbejde. In K. Borgnakke;K. S. Jacobsen & B. Kristiansen (Eds.), *Pædagogisk forskning, udvikling og uddannelse*. København: Statens Humanistiske Forskningsråd.

Cresswell, J. W. (1998). *Qualitative inquiry and research design: Choosing among five traditions*. London: SAGE Publications.

Fog, J. (1994). *Med samtalen som udgangspunkt*. København: Akademisk forlag.

Kruuse, E. (1992). *Kvalitative forskningsmetoder*. København: Dansk psykologisk Forlag.

Kvale, S. (1984). Det kvalitative interview. In H. Enderud (Ed.), *Hvad er organisationssociologisk metode? Den 3die bølge i metodelæren*. København: Samfundslitteratur.

Lemke, J. L. (1998). Analysing Verbal Data: Principles, Methods and Problems. In B. J. Fraser & K. G. Tobin (Eds.), *Inernational Handbook of Science Education* (Vol. 2). Dordrecht: Kluwer Academic Publichers.

Starrin, B. (1995). *Kvalitativ analys*. Lund: Studentlitteratur.

SAMLET KONKLUSION OG PERSPEKTIVERING

Det er en sammensat og emnemæssigt vidtspændende afhandling der her afsluttes. Den er et forsøg på at sammenfatte, bearbejde og perspektivere to større forskningsprojekter med det overordnede formål at kunne tilvejebringe et beslutningsgrundlag for ændringer af fysikundervisningen i det almene gymnasium. Jeg har villet undersøge hvad der er svært ved at lære fysik, hvordan man kan tilrettelægge en fysikundervisning som tager hensyn hertil, og hvordan en sådan undervisning så opleves af de elever der deltager i den - med det sigte at kunne kvalificere en ændringsproces af faget. Da der ligger en forandringsintention bag arbejdet har jeg i indledningen opstillet en slags hypotese om at de forestillinger, som såvel elever og lærere har om såvel læring som fysikfaget, har afgørende indflydelse for hhv. deres involvering i og deres tilrettelæggelse af undervisningen. Og omvendt spiller undervisningen tilbage på elevernes forestillinger om fag og læring.
Afhandlingen veksler derfor mellem empiriske og teoretiske tilgange til undervisning og læring, således at empirien afføder behov for teoretiske studier, der udviklet begreber som afprøves i praksis, og denne praksis gøres så til genstand for refleksion og perspektivering.

Der tages afsæt i hverdagen i klasserummet i den første del, og det første studium (kap. 1) fokuserer på elevernes oplevelse af overgangen fra folkeskolens fysik(/kemi) undervisning til gymnasiets 1. g fysikundervisning. Det fremgår at eleverne kommer med altovervejende positive holdninger til faget, og de oplever ikke overgangen specielt svær. Mange elever udtrykker ligefrem tilfredshed over at få de forklaringer i gymnasiet, som de føler de ikke har fået i folkeskolen. Men de kommer ikke med konkrete interesser eller specifikke ønsker til indhold og de har en meget ufuldstændig opfattelse af hvad det vil sige at lære noget. Dette kan give motivationsmæssige problemer når der skal arbejdes med et på forhånd fastlagt stof ligesom det kan være svært at forstå de faglige krav der stilles.
I det andet empiriske studie (kap. 2) følges en klasse i næsten alle dets fysiktimer i 1. og 2. g. Gennem observationer, videooptagelser og interview bliver det tydeligt hvorledes en undervisning som baserer sig på elevers gruppevise dialog med hinanden om faglige problemer virker motiverende og fremmende for deres faglige forståelse. Desuden har undervisningsformen læringspotentiale for såvel udfordringsorienterede som tryghedsorienterede elever. Det bliver samtidig klart hvorledes tilfredsheden med den faglige fordybelse slår over i frustration når de mange emner skal nås og klassen bliver tvunget til mere traditionelle undervisningsformer.
Ud af disse empiriske studier vokser behovet for en begrebssætning af de bærende momenter i den fulgte undervisning og en afklaring af de fundne læringsmæssige problemer, både de problemer som generelt er forbundet med læring og de problemer som specifikt kan henføres til fysikfagets egenart.

Anden del af afhandlingen er derfor en række teoretiseringer over læring og faget fysik. I kapitel 3 indkredses konstruktivismen som såvel et læringsteoretisk som erkendelsesfilosofisk kompleks. Jeg valgte de konstruktivistiske læringsteorier fordi de nærmest udgør et læringsteoretisk paradigme inden for naturvidenskabelig lærings- og uddannelsesteori, men må samtidig indse, at de i deres udgangsposition oftest er meget kognitivistisk orienterede hvorved de nedtoner de mellemmenneskelige aspekter af læring og undervisning. Gennem kapitlet danner jeg mig et overblik over de mange forskellige konstruktivistiske retninger og ender med at grov kategorisering i mentalistiske og sociokulturelle teorier. Især sociokulturelle teorier finder jeg relevante til at analysere den fulgte undervisning og det læringsmæssige potentiale heri. Disse teorier er også mindst kognitivistiske og dermed bedre til at begrebssætte fx motivationelle faktorer som ligger uden for det eksplicit faglige, hvilket jeg argumenterer for er en meget vigtig del af undervisningen.
Kapitel 4 er en begrebssætning af centrale dele af fysikfaget. Jeg udvikler repræsentationsformsbegrebet så det kan indfange de krav der stilles til det at forstå fysikken. Jeg rendyrker 7 forskellige repræsentationsformer (fænomenologisk, eksperimentel, deskriptiv, matematisk symbolsk, begrebsmæssig, billedmæssig og kinæstetisk) og viser hvorledes de kan anvendes som et redskab til analyse af undervisning. Jeg definerer en læreproces i fysik som en bevægen sig mellem forskellige repræsentationsformer med transformationerne mellem de forskellige repræsentationer som forståelsens arnesteder. I beherskelsen af repræsentationsformerne ser jeg det første bud på en af de kompetencer, som jeg vil ende med at beskrive fysikfaget med. Som en væsentlig del af dette kapitel uddrager jeg nogle pædagogiske og didaktiske konsekvenser af et repræsentationsformsfunderet læringsbegreb.
Kapitlet om dialogisk læring i fysik (kapitel 5) sammentænker de to foregående kapitler. Med udgangspunkt i en konkret analyse af dialogen i en elevgruppe inddrager jeg Bakhtins dialogbegreb til at forklare hvad der sker når eleverne lærer fysik gennem samtale fx om repræsentationsformsskift. Jeg viser hvorledes en dialogisk samtaleform kan fremme elevers tænkeprocesser; hvorledes denne narrative tilgang til faget kan bane vejen for en logisk-deduktiv forståelse. Igen slutter jeg med at angive nogle didaktiske og pædagogiske retningslinier, her hvis man vil fremme en dialogisk undervisning.

Disse primært teoretiske overvejelser over læring og undervisning i fysik dannede den indholdsmæssige basis for et samarbejdsbaseret aktionsforskningsprojekt mellem mig og tre fysiklærere. Dette projekt havde autenticitet som et centralt begreb fordi det både udtaler sig om en kvalitet ved den lærendes opfattelse af arbejdsprocessen og ved selve arbejdets indhold. Del III behandler nogle nøglebegreber og hovedarbejdsområder fra autentisk fysikundervisning projektet.
Kapitel 6 er helliget projektets omdrejningsbegreb autenticitet. Jeg forankrer begrebet i en international diskurs og giver det en læringsteoretisk indlejring hvorved det er muligt at udstikke nogle undervisningsmæssige retningslinier centreret omkring udforskningsbase-

ring og fællesskabsorganisering. Et vigtigt karakteristikum ved autentisk undervisning viser sig at være dens vægt på argumentation, hvorved den ses at hænge tæt sammen med den tidligere udviklede dialogiske undervisning. Jeg vil anse autenticitetsbegrebet som nyttigt i relation til udviklingen af såvel motivationelle som fysikfaglige sider af undervisningen.
Hovedarbejdet i autentisk fysik gruppen blev helliget modellering. I kapitel 7 gør jeg status over dette arbejde. Modellering indplaceres i afhandlingen både som en autentisk aktivitet, en diskurs og en repræsentationsform, og det at kunne modellere argumenterer jeg for er en central del af det at have lært fysik. Ud fra en opstillet modeltypologi arbejder jeg især med analogimodeller og empiriske (eksperimentelle) modeller. Gruppen udarbejdede en skematik for udviklingen af eksperimentelle modeller, som blev gennemprøvet i de tre deltagende klasser. Den blev også den bærende idé i den projekteksamen som også blev udviklet i AFU-projektet, og som viste sig velegnet til evaluering af evnen til at kunne konstruere empiriske modeller. Alle elever kunne lære det vi senere udformede som en modelleringskompetence, og som indgår i den samlede kompetencebeskrivelse af fysik. Modelleringsprocessen viser sig at have nogle vigtige dannende elementer i sig, idet den dels giver eleverne nogle redskaber til omverdensforståelse og dels er med til at udvikle en epistemologisk indsigt.
Del III afsluttes med en analyse af anvendelsen af begrebskort. De sættes i kapitel 8 ind i den sociokulturelt orienterede læringsteoretiske ramme som afhandlingen bevæger sig inden for, og det bliver tydeligt hvorledes arbejdet med begrebskort udvikler elevernes dialogiske evner og fremmer deres fysikforståelse gennem de dannede tematiske mønstre. Inden for denne diskurs definerer jeg også begreber som dele af et tematisk mønster, et kommunikativt fænomen, og ser hvorledes meningstilskrivelse kan foregå gennem arbejdet med tematiske mønstre. Herved bringes disse centrale områder af fysiklæring ind i afhandlingens dialogiske kontekst.

I del IV forfølger jeg den opstillede hypotese om sammenhængen mellem lærerholdninger og undervisningstilrettelæggelse og mellem undervisning og elevholdninger.
I kapitel 9 sammenfatter jeg en række fænomenografiske undersøgelser af lærertilgange til undervisning ved at indpasse dem i den didaktiske trekant bestående af elev, lærer og stof. Herved fremkommer tre lærerpositioner: En lærercentreret/indholdsorienteret position, en elevcentreret/læringsorienteret position og en elev/lærer-samspils position. Gennem observation, lærerudsagn og spørgeskemaer argumenter jeg for at de tre lærere i AFU-projektet med en vis rimelighed kan siges at tilhøre hver sin af de tre lærerpositioner, som med hver sin opfattelse af fag og læring realiserer forskellig undervisning inden for den fælles overordnede autenticitetshat.
Resultaterne af denne undervisning undersøges i kapitel 10. Gennem en spørgeskemaundersøgelse, en række interview og baseret på klasserumsobservationer kan jeg se hvorledes eleverne dels har udviklet nogle fælles træk, som kan tilskrives at de overordnede ideer i

autentisk fysik projektet har sat sig sine spor, og dels at der er forskelle mellem klasserne, som kan tilskrives de pågældende læreres prægning. Generelt føler eleverne at de har kunnet bruge fysikundervisningen i en personlighedsdannelse. De har generelt været meget tilfredse med undervisningen, en tilfredshed som primært skal tilskrives undervisningsformen, men som også for manges vedkommende bunder i følelsen af at have arbejdet med noget meningsfuldt. At arbejde med fysik med det teoretiske afsæt som autentisk fysik projektet hviler på og med den praksis som er opbygget omkring denne teori kan altså siges at give en større tilfredshed og et større engagement end for fysikklasser i gennemsnit. Specielt er det vigtigt at fremhæve, at den dialogiske, autentisk baserede fysikundervisning viste sig at motivere en stor gruppe elever bestående af især piger, som man ellers ofte ser melde sig ud af undervisningen, uden at den lod de stærke drenge i stikken.

Gennem teoretiske begrebssætninger og empiriske afprøvninger er der i afhandlingen etableret en forståelsesramme for læringsproblemer i fysik. Fagets logisk-deduktive struktur, herunder dets abstraktioners modelagtige karakter, sammenholdt med de mange repræsentationsformer der er i spil, har vist sig at vanskeliggøre tilegnelsen af fysikkens tankesæt. Ved at arbejde eksplicit med disse primært fagligt-kognitive problemer, fx gennem opbygning af dialogiske rum, arbejde med transformationer mellem repræsentationerne, udvikling af modelleringskompetence mm., har det vist sig at eleverne i vid udstrækning har kastet sig entusiastiske ud i arbejdet og har oparbejdet en meget positiv holdning til fysikken. Disse positive resultater skal utvivlsomt også tilskrives de arbejdsformer og holdninger til faget som autentisk fysik projektet har anvendt og udviklet. Fremvæksten af en gruppearbejdskultur fx gennem meget projektarbejde, stor grad af medbestemmelse, megen metasnak, aktiverende arbejdsformer - hele denne måde at organisere det faglige arbejde på har virket motiverende for næsten alle elever. Afhandlingen har dermed også anvist nogle veje som man som lærer kan følge i sin undervisning, og som i vid udstrækning tager hånd om de påpegede læringsproblemer i fysik.
Der er hermed etableret et grundlag hvorpå det er muligt at diskutere ændringer i fysikundervisningen.

Del V er helliget en sådan diskussion, der samtidig kan ses som en perspektivering af de foregående dele af afhandlingen.
Indledningsvis argumenterer jeg for nødvendigheden af at nyformulere de krav der stilles i gymnasiet til elever der har fulgt fysikundervisningen. Det sker i erkendelse af at en pensumformulering, som den nuværende bekendtgørelse i vid udstrækning kan siges at være, i høj grad er konserverende og har svært ved at rumme de i afhandlingen opnåede erkendelser af fysikdidaktisk art. Samtidig er det tydeligt at der med den viste sammenhæng mellem lærerholdninger og undervisningspraksis skal gøres op med nogle ret dybtliggende pædagogiske grundsyn hvis undervisningen skal ændres. En måde at starte denne proces på

kunne være gennem inddragelse af lærerne i en formålsdiskussion og en diskussion af hvordan man kan formulere kravene til eleverne.
Dette sker i kapitel 11. Gymnasiets traditionelle splittelse mellem en kvalificerende og almendannende funktion er i dagens uddannelsespolitiske diskurs formuleret som et valg mellem kompetencer og kompetencer! Jeg forholder mig til denne "diskursmajorisering" ved at acceptere den åbenbart uundgåelige kompetenceterminologi, slå på dens styrker og forsøge at inkorporere det vigtigste arvegods i den. Jeg foretager derfor en grundig gennemgang og analyse af kvalifikationsbegrebet og dannelsesbegrebet i relation til fysik for at kunne vurdere hvilke elementer der bør indgå i et kompetencebegreb. Styrken ved en kompetenceformulering er dens insisteren på anvendelse, brug af den opnåede viden, handlen. Modellering og arbejde med repræsentationsformer er to centrale dele af fysikfaget, som denne afhandling har udformet en handlingsheuristik for. De danner grundlag for to af de kompetencer der indgår i den samlede kompetenceformulering som AFU-projektet foretog. De øvrige kompetencer heri er ikke beskrevet med baggrund i en tilsvarende grundig didaktisk analyse. Alligevel virker det meningsfyldt at arbejde hen mod en nyformulering af fysikfaget, hvis handleperspektivet kan fastholdes samtidig med at kompetencerne tilføres de dannende aspekter af fysikfaget. Jeg går derfor grundigt ned i dannelsesbegrebet og formulerer en fysikfaglig dannelse både i en nyhumanistisk tradition og i relation til en postmoderne dannelse. I en nyhumanistisk kontekst trækker jeg på Klafkis kategoriale dannelsesbegreb og opfatter fysikfaglig dannelse som kommende ud af at arbejde med det fagligt eksemplariske, herunder også de matematisk-abstrakte dele af faget, men med det samfundskritiske sigte som ligger i en "science for public understanding" tradition. Det er fx dannende at arbejde med forholdet mellem model og virkelighed, og lære at man kan manipulere med modellen og derved udsige noget om virkelighedens muligheder og begrænsninger. Denne "traditionelle" dannelse skal suppleres med en dannelsesmæssig forholden sig til det postmoderne samfunds individualisering og differentiering. Det vil sige at kunne reflektere over fysikfaglige forhold i relation til sig selv og i relation til en overordnet faglighed. Her kommer den personlige meningssættelse i centrum, men med en forståelse for de personlighedsoverskridende og samfundsrelevante elementer. Fx at modeller er en bestemt form for reduktion af omverdenens kompleksitet, så at lære at manipulere modeller er en vej til refleksiv kompleksitetsreduktion.
Med en sådan indarbejdning af dannelsesaspekter er det meningsfuldt at foretage en kompetenceformulering af fysik, hvilket jeg giver et forsigtigt bud på.

Afslutningsvis reflekterer jeg over afhandlingen som et forskningsprojekt. Jeg opstiller en model for forholdet mellem teori og empiri i afhandlingen, hvor tolkningsprocesser udgør bindeleddet imellem dem. Disse kvalitative metoder sammenlignes med kvantitative metoder og deres styrker og svagheder fremlægges. Endelig diskuteres afhandlingens pålidelighed og gyldighed.

Perspektivet i afhandlingen er de muligheder for forandring som den anviser. Der etableres et teoretisk grundlag for didaktisk udvikling, et grundlag som er både læringsteoretisk og fysikfagligt funderet, og der gives nogle bud på hvorledes man kan gennemføre en undervisning på dette grundlag. En undervisning som fremmer elevernes motivation og engagement og som bidrager til en naturvidenskabelig dannelsesproces. Den nyformulering af fysikfaget i kompetencetermer som udvikles i afhandlingen kan ses som en potentiel løftestang for fagdidaktisk udvikling. Men den kan ikke stå alene. Den må nødvendigvis kombineres med organisatoriske ændringer og med en bred forskningsmæssig indsats hvor også lærere inddrages.
Men forhåbentlig er der her givet et lille løft.

BILAG

Bilag 1	AFU-ansøgning
Bilag 2	Spørgeskema fra AFU-projektet begyndelsen af 1.g (aug. 99)
Bilag 3	Interviewguide AFU-projektet aug.99
Bilag 4	Spørgeskema fra AFU-projektet i slutningen af 1.g (april 00)
Bilag 5	Spørgeskema fra ALF-projektet midt i 2.g (dec. 97)
Bilag 6	Interviewguide fra ALF-projektet jan. 98
Bilag 7	Refleksionsspørgsmål til lærer i ALF-projektet ½ år efter afslutning (jan 99)
Bilag 8	Modellering i fysik (elevark)
Bilag 9	Ideer til 10-timersprojekt
Bilag 10	Eksempel på modellering i fysik
Bilag 11	Afleveringsopgaver i fysik i modellering
Bilag 12	Eksempel på eksamensspørgsmål
Bilag 13	Elevevaluering af årsprøve
Bilag 14	Samtale den 13/8 2001 mellem deltagerne i AFU-projektet
Bilag 15	ATI spørgeskema
Bilag 16	RoLI spørgeskema
Bilag 17	Spørgeskema AFU-projektet slutningen af 2.g (april 01)
Bilag 18	AFU-projektets kompetencebeskrivelse af fysik
Bilag 19	Klassifikation af videooptagelser og tekniske forhold

AUTENTISK FYSIKUNDERVISNING

Jens Dolin sept.1999

Formål

At undersøge hvorledes man kan opbygge et åbent udforskningsmiljø i en gymnasiefysikklasse baseret på en autentisk, problemorienteret undervisning. Hermed menes en undervisning hvor eleverne selv i så vid udstrækning som muligt identificerer problemer og afprøver løsninger.
At undersøge hvilke dele af fysikfaget der er mest velegnet til en sådan undervisning, hvilke muligheder og begrænsninger der er for at gennemføre den, og at udvikle undervisningsmateriale og -former der fremmer den.
At udvikle evalueringsformer som fremmer proceskompetencer i fysik og som lægger op til en afsluttende studentereksamen der også tester evnen til at kunne gennemføre en naturvidenskabelig arbejdsproces.

Udgangspunkt

Der har i Danmark (som i de lande vi normalt sammenligner os med) gennem de seneste 10-15 år været en vigende interesse blandt unge for at beskæftige sig med naturvidenskabelige fag; mest udtalt har denne tendens været for fysik. Fx ønsker 79% af de unge der vælger sproglig gymnasium ikke at beskæftige sig med fysik og kemi i deres uddannelsesforløb; det samme gælder for 75% af de unge der vælger en social- og sundhedsuddannelse og for 66% af de unge der starter på hf. Selv blandt de der vælger matematisk gymnasium udtaler 23 % at de ikke ønsker at beskæftige sig med fysik og kemi (DPI 1996) i gymnasiet. Disse holdninger slår igennem i tilvalgsmønstret i gymnasiet, hvor kun 3% af en ungdomsårgang vælger fysik på højt niveau mod fx 8 % i Norge og 16% i Sverige (Allerup m.fl. 1998). I 1989 valgte 3204 elever således fysik på højt niveau i gymnasiet mod 1925 elever i 1996. Dette valgmønster og den holdning hos de unge som dette er et udtryk for præger også valgmønstret til de videregående uddannelser.
Årsagerne til denne udvikling er mange og sammensatte. Fagenes egenart kan være en vigtig faktor (Niss 1996). De hårde naturvidenskabelige fag er gamle og har akkumuleret en uoverskuelig mængde viden i en hierarkisk og sammensat struktur. Der er ofte tale om abstrakte begreber, termer og symboler udviklet gennem århundreder, som det kræver et sejt, tålmodigt arbejde at tilegne sig. Naturvidenskabernes rolle og status i samfundet har desuden ændret sig og fagene har i forbindelse hermed også fået et mindre tiltrækkende image hos de unge. Fagene kan opfattes som verdensfjerne, som tematiserende ikke-relevante problemstillinger på en reduktionistisk og dogmatisk måde. I et vist omfang kan undervisningen give belæg for disse holdninger ved i overvejende grad at formidle viden og svar uden at give eleverne mulighed for selv at stille spørgsmål og undersøge løsningsmuligheder. Ikke alene mindsker dette motivationen, men det giver heller ikke i tilstrækkelig grad eleverne de kompetencer som de får brug for i senere studier og erhvervsfunktioner i retning af selvstændighed, initiativ, metodik og en brugbar faglighed.

Dette er et problem både set i et elevkvalificerings- og samfundsøkonomisk perspektiv og set i et demokratiserings- og dannelsesperspektiv (jfr. Sjøberg 1997).

Det er naturligvis ikke muligt at ændre de her skitserede forhold i et enkelt forskningsprojekt. Men ved at forske i nye undervisnings- og evalueringsformer som fremmer elevernes forståelse af fysikken og øger deres evne til at anvende det lærte, kan grunden være lagt til på langt sigt at påvirke udviklingen i positiv retning.
Jeg har lige afsluttet et tre-årigt forskningsprojekt "At Lære Fysik" (ALF-projektet) som motiveret af de ovenstående problemstillinger har søgt at afdække læringsproblemer og

læreprocesser i fysik. Projektet er udført i samarbejde med lektor Karin Beyer, RUC, adjunkt og ph.d. Jytte Bang, Psyk.Lab.KU, lektor Henrik Bang, Christianshavn Gymnasium, lektor Verner Schilling, Nørre Gymnasium og lektor Susanne Stubgaard, Rysensteens Gymnasium (og under projektet formand for Fysiklærerforeningen).
Jeg har i dette projekt fulgt en klasse hvor adjunkt Tove Bangsgaard, Frederiksberg Gymnasium, var fysiklærer gennem de to obligatoriske års fysikundervisning i matematisk gymnasium. Undervisningen var i vid udstrækning baseret på elevernes egne diskussioner af det faglige indhold. Store dele af undervisningen blev optaget på video og analyseret ud fra forskellige synsvinkler, men med fokus på hvordan læringen foregik. Eleverne udfyldte spørgeskemaer og blev løbende interviewet om deres holdning til undervisningsformer, fagindhold, hvad var svært, hvorfor og meget mere. Tilsvarende blev Tove Bangsgaards refleksioner over undervisningen registreret. På baggrund af dette omfattende materiale, litteraturstudier og diskussioner på konferencer og i fysiklærer- og forskerkredse har jeg fået en vis indsigt i hvilke problemer og begrænsninger der ligger i gymnasiets fysikundervisning. Jeg har kunnet se hvilke sider af faget, på såvel forms- som indholdssiden, der vanskeliggør en fysikforståelse og dermed også er med til at mindske interessen og lysten til at arbejde med fysikproblemer, og jeg har kunnet se hvorledes bestemte tilgange til faget hindrer udviklingen af ønskede fysikkompetencer.
Men jeg har også fået indblik i hvilke potentialer og mulige udviklingsveje der findes. Jeg har kunnet se hvad undervisningens tilrettelæggelse, etableringen af et fælles refleksivt rum, den fokuserede faglige tilgang betyder for elevernes engagement og faglige udbytte. Enkelte gange er jeg bl.a. på baggrund af forskningsartikler kommet med forslag til andre måder at gribe de faglige problemer an på, og efter en fælles udvikling af ideer har Tove Bangsgaard efterprøvet dem i klassen.
Det er disse sidstnævnte aspekter af ALF-projektet som jeg ønsker at videreføre i dette projekt.

Form
Projektet er et samarbejdsbaseret aktionsforskningsprojekt. Det er baseret på et tæt samarbejde mellem mig som forsker og tre fysiklærere i gymnasiet med henblik på at vi sammen kan udvikle nogle undervisningsformer og et fagligt indhold som fremmer et stort fagligt udbytte konkretiseret ved en række fysikkompetencer.
I megen uddannelsesforskning er lærere og elever kun genstand for forskernes observationer, de bliver gjort til objekter for forskernes registreringer af bestemte hændelser og udviklinger. Men herved tabes også muligheden for at integrere forskningen med praksis og dermed mindskes forskningens potentiale for at ændre praksis. Forskningen lever i en verden parallel med gymnasiets praksis - på samme måde som en traditionel undervisning kan reducere eleverne til statister og medføre parallellisme, dvs at den ved undervisningen opnåede viden læres parallelt med den på forhånd givne (og i fysik ofte forkerte).
I modsætning hertil vil dette projekt inddrage lærerne som ligeværdige og aktive deltagere. Det betyder at hvad der skal forskes i og den vej forskningen skal forløbe - inden for formålsformuleringen - diskuteres og besluttes i fællesskab. Vi vil aftale på hvilke områder og hvordan vi vil ændre undervisningen, og disse ændringer og nye ideer vil lærerne forsøge at gennemføre. Jeg vil observere og analysere undervisningen og vi vil igen i gruppen diskutere lærernes erfaringer og mine observationer (og samtaler med eleverne) og mine overvejelser herover. De indhøstede, fælles, erfaringer kan vi sammenholde med teorier for undervisning, læring og evaluering, og overvejelserne vil være udgangspunkt for nye beslutninger om ændringer af undervisningen. Denne proces vil integrere teori og praksis på en måde som vil forbedre de indhøstede erfaringers anvendelighed for andre.

Indhold
Det teoretiske udgangspunkt for projektet er en pragmatisk blanding af forskellige (og af mange opfattet som indbyrdes modstridende) konstruktivistiske læringsteorier, såsom den **radikale konstruktivisme** (bl.a. von Glasersfeld 1995) og **socialkonstruktivismen** (bl.a. Gergen 1995), idet vi vil konbinere førstnævntes realistiske/instrumentalistiske tilgang med sidstnævntes fokuseren på de sociale processers betydning. Disse teoriers læringsteoretiske og epistemologiske grundsyn vil vi bygge videre på ud fra et **dialogisk læringssyn** (Bakhtin 1981) og ved at præcisere og indarbejde begreberne autencitet, udforskningsorientering, meningsfuld læring, high order thinking, metakognition og repræsentationsformer. Dette arbejde foretages med en stadig op fokus på mulighederne for at udvikle og evaluere de opnåede proceskompetencer.

Autencitet er et bredt begreb, udviklet af bl.a. John Dewey, Seymor Papert, D.P.Ausubel, Joseph D.Novak, som betoner vigtigheden af at undervisningen i skolen har fælles træk med den verden man lærer om, både hvad angår form og indhold.
Autencitet kan defineres i forhold til eleverne, personlig autencitet, dvs fysikundervisningen skal sige eleverne noget og give mening i relation til deres hverdag. Autencitet kan også defineres i forhold til den samfundsmæssige relevans og relevans i forhold til demokratiske beslutningsprocesser, samfundsmæssig autencitet. Endelig kan man sætte fokus på faglig autencitet, dvs at fysikundervisningen arbejder med fysikken på en faglig realistisk måde.
Hvor de to første autencitetsformer i høj grad berører fysikindholdet (fysiske fænomener som eleverne møder i deres hverdag og samfundsrelevante emner) stiller ønsket om faglig autencitet tillige krav om en bestemt form og en bestemt metode.
Roth (1995) opridser 5 aspekter som undervisningen skal have fælles med forskningen for at man kan kalde undervisningen autentisk (og her refererer Roth altså især til faglig autencitet):

1) Ikke-veldefinerede problemer indgår i undervisningen.
2) Eleverne oplever usikkerhed, tvivl og hvorledes naturvidenskabelig viden og arbejdsform i vid udstrækning er social (uden at naturvidenskabelig viden derfor er en relativ størrelse).
3) Elevernes læreproces er baseret på den viden de har som udgangspunkt.
4) Eleverne skal opfatte sig som medlemmer af et undersøgende fællesskab hvor man deler viden, praksis, ressourcer og dialog.
5) I disse fællesskaber kan deltagerne trække på andres ekspertise såsom lærere, materiale mm.

Hvis undervisningen også skal være **udforskningsbaseret** skal eleverne
a) selv identificere problemer og løsninger og afprøve løsningerne. Problemerne kan vælges ud fra elevernes hverdag og ud fra samfundsrelevante problemstillinger, men også ud fra fysikkens grundvidenskabelige problemkreds.
b) udforme deres egne procedurer og analysemåder
c) formulere nye spørgsmål baseret på de udsagn og løsninger de har
d) koble deres erfaringer til videnskabelige begreber og principper, og dele og diskutere procedurer, opfattelser, løsninger med hinanden
f) lære hvordan man søger og afprøver viden

En sådan undervisningsform kan være **utryghedsskabende**, især for såkaldt certainty-orienterede elever (Schmidt&Huber 1995), og det vil indgå i projektet hvorledes man kan opbygge et miljø som støtter disse elevers gradvise udvikling af en udforskende læringsstil.

Ønsket om autencitet ligger tæt op ad begrebet om **meningsfuld læring** således som det er udviklet af Ausubel og videreudviklet af bl.a. Novak (1998). Her opstilles en model for tilrettelæggelse af undervisningen, herunder udvælgelse af fagligt indhold, som muliggør

elevernes tilegnelse af stoffet på en måde så det kan bruges aktivt i nye situationer.

Med disse didaktiske tilgange til fysikundervisningen som grundlag vil jeg sammen med de tre gymnasielærere arbejde med at udvikle et begrebsapparat som beskriver nogle generelle **fysikkompetencer** bl.a. baseret på evnen til **high order thinking** (Resnick 1987), herunder **metakognitiv refleksion** (Baird and Northfield 1995), og evnen til at kunne forbinde forskellige **repræsentationsformer** (Roth 1995, Dolin 1998).
Udviklingen vil foregå via udarbejdelse og afprøvning af forskellige arbejdsformer og forskelligt undervisningsmateriale, som i højere grad end traditionel fysikundervisning fremmer en lære**proces** i fysik.

Megen forskning viser hvorledes ændringer af undervisningen forudsætter ændringer af **evalueringsformerne** (Tamir 1998). Vi vil trække på den stadig voksende udenlandske litteratur om **performance-based assessment** (fx Erickson and Meyer 1998) og udvikle evalueringsformer der i højere grad end traditionelle summative evalueringer tester resultatet af og fremmer autentiske læreprocesser og high order thinking - processer og -evner, og som er tættere på egentlige (natur)videnskabelige arbejdsprocesser: at observere, opstille hypoteser, registrere, blande sig i og generalisere. Altså en testning af de fysikkompetencer vi søger at fremme.
Især ved procesevalueringer er det vigtigt at overveje evalueringens reliabilitet. Der er dog udviklet en række scoringsmetoder med en relativ høj reliabilitet, fx har det såkaldte CCL projekt (Common Core of Learning) opnået reliabiliteter på 0,89-0,91 (Lomask 1998). Netop fordi der er flere lærere involveret i projektet er det muligt at bedømme reliabiliteten af de afprøvede procesevalueringer for at finde de bedst egnede til den afsluttende eksamen.

Mange af disse overvejelser og begreber er grundlaget for de kompetencer som det store PISA-projekt (Programme for International Student Assessment)(OECD 1999) (der bl.a. er afløseren for TIMSS) ligger til grund for deres vurdering af "scientific literacy", et begreb som ligger tæt op af hvad vi ville kalde en naturvidenskabelig almendannelse. Dette begreb vil uden tvivl i de kommende år være med til at sætte dagsordenen for hvad eleverne skal lære i naturvidenskabelige fag.

Projektet vil arbejde med at udvikle de her nævnte begreber i en dansk undervisningstradition og med at operationalisere dem inden for gymnasiets fysikundervisning.

Metoder
Samarbejdsbaseret aktionsforskning er baseret på dialog og refleksion. Udgangspunktet er de undervisningsmæssige ændringer som vi vil forsøge at gennemføre for at opfylde formålsformuleringen. Ideerne hertil vil stamme dels fra mine egne erfaringer, både som underviser og som forsker, dels fra den stadig mere omfattende litteratur om interventionsforsøg i fysikundervisning, herunder inspiration fra ovenfor nævnte projekter i udlandet.
Den gennemførte undervisning vil blive observeret og registreret af mig, primært via videooptagelser, en registreringsform som jeg gennem ALF-projekt har opnået stor erfaring i at gennemføre og tolke. Denne registrering vil blive suppleret af elevspørgeskemaer og interview med eleverne samt de faglige produkter eleverne producerer. Desuden vil lærernes reflektioner blive inddraget.
Dette materiale vil jeg tolke i relation til ovenstående formåls- og indholdsbeskrivelse, og disse tolkninger vil blive gjort til genstand for fælles refleksioner for mig og de tre lærere. Med udgangspunkt heri vil vi videre- og nyudvikle arbejds- og evalueringsformer og -materiale, som vil blive afprøvet, observeret osv.
Endelig vil vi løbende inddrage lærere og forskere såvel i Danmark som i udlandet, bl.a. de

nedenfor nævnte, i vores overvejelser og som ressourcepersoner.
De tre deltagende fysiklærere repræsenterer forskellige faglige holdninger, men en fælles positiv grundholdning over for ændringer i de nævnte retninger. De arbejder desuden på skoler med et meget forskelligt elevgrundlag. Dette giver den nødvendige spændvidde til at projektets resultater kan få en bred udbredelse.

Relation til anden forskning på området
Det danske forskningsmiljø for didaktisk forskning i de naturvidenskabelige fag i gymnasiet er ikke stort, og jeg har personlige forbindelser til og jævnlig kontakt med størstedelen af det.
Uden for RUC arbejder jeg bl.a. sammen med lektor Claus Michelsen, Dansk Institut for Gymnasiepædagogik, Syddansk Universitet Odense, som arbejder med begrebsdannelse i matematik og fysik. Vi er begge tilknyttet et forskningsprojekt financieret af Gymnasieafdelingen om evaluering af de skriftlige studentereksamensopgaver i fysik. Formålet er at afdække hvilke former for forståelse opgaverne tester og hvilke forståelsesproblemer der er de mest almindelige hos eleverne.
Jeg er med i Go'Daktik-gruppen, som er en sammenslutning af didaktikforskere fra især IMFUFA, RUC og Danmarks Lærerhøjskole, hvor vi udveksler forskningsresultater og diskuterer forskningsproblemer, og som ud over 5-6 møder om året tilrettelægger seminarer om fagdidaktik/uddannelsesforskning især i relation til matematik og fysik.
Jeg er desuden med i FLIP-gruppen (FysikLærere Interesseret i Pædagogik), hvor forskere sammen med gymnasielærere i fysik (og enkelte seminarielærere) udveksler erfaringer og diskuterer forskningsresultater.
På RUC findes på IMFUFA en aktiv didaktikgruppe som arbejder med didaktiske problemstillinger i relation til de videregående og de gymnasiale uddannelser. Mange er involveret i forskning som ligger tæt op ad dette projekt, og vi vil kunne fortsætte den frugtbare dialog som allerede findes.
Desuden deltager jeg i RUCs fagdidaktiknetværk, hvor fagdidaktiske forskere fra en række miljøer på RUC diskuterer almene didaktiske problemstillinger (fx dannelsesbegreber, kompetenceudvikling, arbejdsformer mm) ud fra deres respektive fagdidaktiske ståsteder.
Endelig har jeg tætte relationer til Danmarks Lærerhøjskole, idet jeg i efteråret 99 er ansat som projektmedarbejder på Institut for Matematik, Fysik, Kemi og Informatik på projektet "Undersøgelse af elevers overgang fra folkeskolens fysik/keminndervisning til fysikundervisningen i de gymnasiale uddannelser". Dette projekt er en integreret del af Autentisk Fysik - projektet, idet de holdninger og den viden elever kommer med fra folkeskolen er af afgørende betydning for deres udbytte af gymnasiets undervisning.

Internationalt føjer projektet sig ind i det omfattende arbejde som pågår med forskning i de naturvidenskabelige uddannelsers form og indhold.
Jeg er National Correspondent i EARLI (European Association for Research in Learning and Instruction) og har herigennem tætte kontakter til tilsvarende forskning ved University of Nijmegen, Dep.of Educational Sciences og Universität Bremen, Institute of Physics Education. Jeg har været på studiebesøg begge steder og udvekslet forskningsideer og -resultater. Ved EARLIs 8th European Conference for Research on Learning and Instruction i Gøteborg 24.-28. august 1999 var en stor del af de fremlagte forskningsresultater (1.100 i alt) helliget problemer tæt op ad de indeværende projekt arbejder med, og jeg er i regelmæssig kontakt med netværk af dises forskere.
Jeg er desuden medlem af ESERA (European Science Education Research Association) og har herigennem bl.a. fået kontakt med Philip Adey, King's College, og det såkaldte CASE-projekt (Cognitive Acceleration through Science Education), som også er et udviklingsprojekt for lærere i naturvidenskabelige fag (Adey and Shayer 1994). Ved ESERAs Second International Conferen-

ce i Kiel 31.august - 4. september 1999 blev der ligeledes præsenteret en lang række forskningsresultater med umiddelbar relevans for dette projekt, og jeg har med udgangspunkt i nogle af kontakterne arrangeret en studietur til Amsterdam, Faculty of Science, for at få et indblik i de hollandske erfaringer.
Jeg arbejder tæt sammen med forskere (John Baird fra Melbourne University, Ian Mitchell fra Monash University m.fl.) tilknyttet det australske PEEL-projekt (Project for Enhancing Effective Learning) og dets videreudvikling PAVOT (Perspective And Voice Of Teacher) som er et aktionsbaseret forskningsprojekt der følger hovedideerne i nærværende projekt. Jeg har været på to studiebesøg i Australien, og John Baird og Ian Mitchell har været adskillige gange i Danmark. Endelig samarbejder jeg tæt med svenske forskere der beskæftiger sig med tilsvarende forskning, primært Torsten Madsén, Högskolan Kristianstad, og Sven-Oluf Hägglund, Högskolan Eskildstuna.
Det australsk-svensk-danske samarbejde har indtil nu resulteret i artiklen Baird et al 1995.

Praktiske forhold og tidsplan
Projektet har til huse på IMFUFA, RUC, hvorved det eksisterende miljø og de eksisterende faciliteter kan udnyttes.
Jeg forventer en del rejseaktivitet for at kunne få inspiration og udveksle erfaringer med lignende projekter i udlandet, hvilket begrunder det relativt store rejsebudget.
Projektet er startet juni 1999 med arbejdet i tre 1g-klasser i fysik. De følges de to obligatoriske år indtil juni 2001, og efteråret 2001 anvendes til afsluttende bearbejdning og rapportskrivning.

Litteratur

Adey, P.& **Shayer**, M. (1994): *Really Raising Standards*, Ruthledge, London.
Allerup, Peter m.fl. (1998): *Matematik og naturvidenskab i ungdomsuddannelserne - en international undersøgelse*, DPI.
Ausubel, D.P. (1968): *"Educational Psychology: A Cognitive View"*, Holt, Rinehart and Winston, New York.
Baird, John & **Northfield**, Jeff (1995): *"Erfaringer fra PEEL-projektet"*, KLIM, Århus.
Baird, John & **Hägglund**, Sven-Olof & **Ingerslev**,Gitte & **Dolin**, Jens (1995): "Some international Teacher-led initiatives for active science learning, i *PEEL-seeds*.
Bakhtin, Michail (1981): *"The dialogic imagination"*, Holmquist, C. (ed.), University of Texas Press, Austin.
Dolin, Jens (1998): Om repræsentationsformer i fysikundervisningen. Foredrag ved fysikkonference arrangeret af Gym.Afd.1998
DPI (1996): *Unge undervejs*.
Erickson and **Meyer** (1998): "Performance Assessment Tasks in Science: What are they mesuring?" i Fraser&Tobin (ed.): *International Handbook of Science Education*, Kluwer Academic Publishers, London.
Gergen, Kenneth J: "Social Construction and the Educational Proces" i Steffe&Gale (1995): *"Constructivism in Education"*.
Schmidt, Maria & **Huber**, Günter (1995): *Uncertainty vs. certainty oriented Students Decision Making in Learning Processes*, University of Tübingen.
Lomask, M.S. et al (1998): "Large-Scale Science Performance Assessment in Connecticut: Challenges and Resolutions" i Fraser&Tobin (ed.): *International Handbook of Science Education*, Kluwer Academic Publishers, London.
Niss, Mogens (1996): *Nej til naturvidenskab*, Kronik i Politiken.
Novak, Joseph D. (1998): "The pursuit of a Dream: Education Can Be Improved" i Mintzes et al: *Teaching Science for Understanding*, Academic Press.
OECD (1999): *Measuring Student Knowledge and Skills - A New Framework for Assessment.*
Resnick, L. (1987): *Education and learning to think*, Washington, National Academy Press.
Roth, Wolff-Michael (1995): *Authentic School Science*, Kluwer Academic Press, London.
Sjøberg, Svein (1997): *Science Education, Some Perspectives from Current Research and Reflection*, OECD-seminar, Oslo.
Tamir, Pinchas (1998): "Assessment and Evaluation in Science Education: Opportunities to Learn and Outcomes" i Fraser&Tobin (ed.): *International Handbook of Science Education*, Kluwer Academic Publishers, London.
von Glasersfeld, Ernest (1995): *"Radical Constructivism. A Way of Knowing and Learning"*, The Falmer Press, London.

Spørgeskema til 1g fysik

Q1. Navn: _____ Q2. Klasse/skole: _____

Først nogle spørgsmål om din oplevelse af fysik i folkeskolen:

Q3. Synes du at du havde let eller svært ved fysik?

- ☐ Meget svært
- ☐ Svært
- ☐ Midt imellem
- ☐ Let
- ☐ Meget let

Q4. Hvad var let og/eller svært ved fysik? _____

Q5. Kunne du lide fysik?

- ☐ Jeg kunne slet ikke lide det
- ☐ Under middel
- ☐ Middel
- ☐ Over middel
- ☐ Jeg kunne rigtigt godt lide det

Q6. Hvad synes du var godt ved faget? _____

Q7. Hvad synes du var dårligt ved faget? _____

Q8. Hvd ville du gerne have ændret for at faget var blevet bedre? _____

Q9. Hvordan var dit udbytte af fysik(/kemi)-undervisningen?

Q10. Kommentarer: _____

- ☐ Meget stort
- ☐ Stort
- ☐ Middel
- ☐ Lille
- ☐ Meget lille

Q11. Har undervisningen fremmet din interesse for naturvidenskab?

Q12. Kommentarer: _____

- ☐ Ja, meget
- ☐ Ja, lidt
- ☐ Hverken eller
- ☐ Nej
- ☐ Tværtimod

Så nogle spørgsmål om dine holdninger til fysik generelt:

Prøv at skrive hvad fysik er: _____

Er der et eller flere emner/problemstillinger du har lyst til at arbejde med i fysik i gymnasiet?

- ☐ Ja
- ☐ Jeg er ligeglad med hvad vi arbejder med
- ☐ Nej, jeg tror ikke der er nogle emner der interesserer mig

Hvis ja, hvad vil du gerne arbejde med i fysik: _____

Hvorfor er det vigtigt at lave eksperimenter (øvelser) i fysik?

_____

Fysikken er en så god beskrivelse af virkeligheden (som den er) som det er muligt at lave.

- ☐ Enig
- ☐ Uenig
- ☐ Ved ikke

Kommentarer: _____

For at klare sig godt i fysik må man ...

have gode evner	☐ Helt enig	☐ Enig	☐ Uenig	☐ Helt uenig
være heldig	☐ Helt enig	☐ Enig	☐ Uenig	☐ Helt uenig
have en særlig matematisk begavelse	☐ Helt enig	☐ Enig	☐ Uenig	☐ Helt uenig
arbejde hårdt med faget hjemme	☐ Helt enig	☐ Enig	☐ Uenig	☐ Helt uenig
lære meget fra lærebog eller noter udenad	☐ Helt enig	☐ Enig	☐ Uenig	☐ Helt uenig

Nogle spørgsmål om gymnasiet generelt og om dig selv:

Hvad lavede du sidste år?

- ☐ 9.klasse
- ☐ 10.klasse
- ☐ Efterskole
- ☐ Andet

Hvorfor valgte du gymnasiet:

_____
_____
_____

Prøv at beskrive hvad det efter din mening vil sige at lære noget.

_____
_____
_____
_____

Hvordan lærer du selv bedst noget?

_____
_____

Hvor vigtigt synes du forholdet til læreren er for at lære noget?

- ☐ Meget vigtigt
- ☐ Vigtigt
- ☐ Ligegyldigt
- ☐ Ved ikke

Kommentarer _____

Cirka hvor mange bøger er der hjemme hos jer?

- ☐ Ingen eller meget få (0-10 bøger)
- ☐ Bøger til én boghylde (11-25 bøger)
- ☐ Bøger til én bogreol (26-100 bøger)
- ☐ Bøger til to bogreoler (101-200 bøger)
- ☐ Bøger til tre eller flere bogreoler (mere end 200)

Hvad er dine planer efter studentereksamen? _____

Interviewguide august 1999

1. Hvorfor har du valgt at gå i gymnasiet?
2. Hvad synes du om fysik som fag?
3. Kunne du lide det i folkeskolen?
    a. emner
    b. arbejdsmåder
    c. læreren
4. Hvad lærte du?
5. Hvordan var overgangen?
6. Hvad **er** fysik?
7. Hvad er forskellen på fysik og andre fag som fx historie og dansk?
8. Hvad vil det sige at lære noget?
9. Hvordan lærer du?
10. Hvilke arbejdsformer kan du bedst lide?
11. Vil du opfatte dig som naturvidenskabeligt interesseret?

Navn: _____ Klasse/skole: _____

Først nogle spørgsmål om din oplevelse af fysik i gymnasiet i forhold til folkeskolen.

Tænk tilbage på fysik/kemi-undervisningen i 9./10.klasse. Giv en karakteristik af hvordan du oplevede faget.

Tænk så på undervisningen i fysik her i løbet af 1.g. Giv en karakteristik af hvordan du oplever faget.

Hvordan var dit engagement og din lyst til fysik i folkeskolen?	☐ ringe ☐ ikke så godt ☐ nogenlunde ☐ godt ☐ meget godt
Hvordan er dit engagement og din lyst til fysik på nuværende tidspunkt i gymnasiet?	☐ ringe ☐ ikke så godt ☐ nogenlunde ☐ godt ☐ meget godt

Beskriv hvorledes du har oplevet overgangen fra folkeskolens fysik/kemi undervisning til gymnasiets fysikundervisning (fx med hensyn til sværhedsgrad, interesse, arbejdsindsats, arbejdsform osv.).

Så nogle spørgsmål om gymnasiets fysikundervisning

Har gymnasiets fysikundervisning ændret din holdning til hvad fysik er? ☐ Ja ☐ Nej

Hvis "ja", beskriv så i hvilken retning:

Har undervisningen i 1g fremmet din interesse for naturvidenskab? ☐ Ja, meget ☐ Ja, lidt ☐ Hverken eller ☐ Nej ☐ Tværtimod

Opfatter du det I har arbejdet med i fysik som vedkommende? ☐ aldrig ☐ sjældent ☐ af og til ☐ ofte ☐ altid

Hvad af det I har arbejdet med i 1g synes du har været mest interessant - og hvorfor?

Hvad synes du om 10-timers projektet som arbejdsform i forhold til almindelig fysikundervisning - og hvorfor?

Hvad synes du dit udbytte har været af 10-timers projektet - beskriv og forklar hvorfor

Planlægger du at vælge højniveaufysik i 3.g? ☐ ja ☐ nej ☐ ved ikke

Hvorfor?

Har din holdning til at vælge højniveaufysik ændret sig i løbet af 1g? ☐ ja ☐ nej ☐ ved ikke

Hvorfor?

Spørgeskema 2x dec. 1997. Navn:

1. Føler du der er sammenhæng mellem de enkelte fagområder i fysik (sådan at noget af det man lærer fx i ellære kan bruges i fx kernefysik)?

☐ ja ☐ nej ☐ ved ikke

Begrund dit svar:

2. Kan du bedst lide systematiske forløb (dvs et forløb hvor man starter med at definere begreberne og så anvender dem)? ☐ kryds her eller kan du bedst lide tematiske forløb (hvor man ser på anvendelser/eksempler og så samler begreberne op bagefter)? ☐ kryds her
Begrund dit svar:

3. Kan du lide at arbejde i grupper i fysik? ☐ ja ☐ nej ☐ ved ikke
Hvad kan du lide/ikke lide ved at arbejde i grupper?

4. Har du i gruppearbejdet let ved uenighed i gruppen?

☐ meget let ☐ middellet ☐ middelsvært ☐ meget svært

5. Kan du bedst lide åbne øvelser og opgaver (hvor du selv skal definere en del af opgaven)? ☐ kryds her
eller lukkede øvelser og opgaver (hvor læreren har bestemt formuleringen)? ☐ kryds her
Begrund dit svar:

6. Forklar kort hvad der menes med en model i fysik:

7. Nævn et eksempel på en model i fysik:

8. Synes du fysik er

☐ meget let ☐ middellet ☐ middelsvært ☐ meget svært

hvorfor:

9. Hvad kan du bedst lide ved fysikundervisningen?

10. Hvad synes du er dårligst ved fysikundervisningen?

11. Er det et problem for dig at undervisningen i fysik er anderledes end i andre fag?

☐ ja ☐ nej ☐ ved ikke

evt. begrundelse:

Interviewguide 2x januar 1998

(følg alt op med hvorfor?)

1. Fysikundervisningen

Holdning til faget (meget interessant↔helt uinteressant)
Hvilke dele af fysikken kan du bedst lide
Hvilke dele er sværest (forstå begreberne/løse ligninger/bruge modeller/regne opg/...)
Hvordan læser du hjemme på fysik
Hvordan opfatter du dig fagligt
Hvad får du ud af forskellige typer uv (lærergennemgang/gruppedisk/pararb./individuel arb)
[bevidsthed om dialogens betydning - hvad skal der til for at dialogen bliver god]
Hvad skal der til for at du skal blive interesseret i fysik (indhold/miljøet/formen/læreren)
Hvad vil det sige at lære noget i fysik?
Hvad driver lærehandlingerne (systemet↔personlig interesse)
Har du ændret holdning til fysik i løbet af gymnasieforløbet?
[læringsbegreb i fysik]

2. Livet i skolen

Hvilke fag holder du mest af
Hvilke fag holder du mindst af
Forskel på disse fag og fysik
[læringsbegrebet i andre fag]
Foretrukne arbejdsformer [din ideelle skoledag]
Vurdér dit faglige udbytte af forskellige arbejdsformer
Hvilke krav må du stille til dig selv i forbindelse med gruppearbejde
\- - - -- - - - - Klasseundervisning
Hvad kræves der for at en lærer er en god lærer
Hvordan trives du på skolen
Har du hovedparten af dine kammerater på skolen
Laver du arbejde på skolen ud over uv (elevråd/skoleblad/kor/fællesudvalg/...)

3. Livet uden for skolen

Bor du hjemme/alene. Fars/mors erhverv. Andre søskende (placering)
Tidsforbrug på en gennemsnitlig dag (betydning af aktiviteter)
[lystbetonet/pligt]
Erhvervsarbejde.
Sport. Hjem har vakt interessen. Dyrker du sport med andre fam.medl.
Kæreste? Hvad laver han/hun. Alder. Mødested.
Ser du nyheder/læser avis. Følger du fx med i færøsagen.
Ved du hvilket parti du ville stemme på i morgen
Hjemmekultur: fordeling af hjemmets opgaver. Indbyrdes forhold. Kan du tale om lekti-er/skole. Har din familie respekt om de beslutninger du træffer.

4. Dig selv/selvopfattelse

Hvad er efter din egen opfattelse dine stærke/svage sider. Hvordan er de udviklet.
Hvad er dine planer for året efter stud.eks. Fremtidsplaner på langt sigt.
Hvordan ser dit liv ud om 10 år.
Vil du tage job i udlandet.
[Udfordringsorientering/tryghedsorientering]

Det vil være dejligt, hvis du gad nedskrive nogle overvejelser over forløbet i x-klassen. Jeg forestiller mig at du overvejer spørgsmål a la:

Hvilke forventninger havde du til klassen og forløbet i begyndelsen (hvis du havde nogle)?

Hvordan mener du man lærer fysik (dvs hvordan skal uv struktureres, gennemføres mm), hvad mener du egentlig fysik er, dvs hvad er essensen i fysik, som du gerne vil have eleverne lærer, og hvordan har disse opfattelser præget din uv?

Det vil være godt hvis du kunne kommentere enkeltelevers udvikling, fx elever som har udviklet sig mere end forventet/normalt, som har gjort det modsatte, eller som på anden måde skiller sig ud.

Hvordan var klassen (i forhold til "normalklasser"). Hvilke karakteristiske træk havde den? Hvordan påvirkede det uv?

Har skolemiljøet haft nogen indflydelse på uv (på elevernes generelle opførsel), hvad med klassens andre lærere?

Hvordan synes du din pædagogiske "stil" virkede?

Hvordan påvirkede det dig/din uv at klassen blev observeret?

Hvordan tror du det påvirkede klassen?

Opnåede du det du ville (fagligt, socialt)?

Hvad vil du ændre i et fremtidigt forløb?

... og hvad du eller har af overvejelser, kommentarer mm

Ang uv-vejl: vi skal sende den ud til alle søndag den 31.jan. Vil det være ok for dig at mødes fredag den 29. og diskutere vores udkast? Jeg kan hele dagen, så vælg selv tid og sted.

På gensyn og kærlig hilsen
Jens

MODELLERING I FYSIK

De fleste ting man ser på i hverdagen er så komplicerede, at de er meget svære at beskrive og forklare i alle detaljer. Tænk på en bold der hopper, en pære der lyser mm. Derfor bruger man ofte i fysik (og i andre videnskaber) at lave en model af det fænomen man gerne vil undersøge. Dvs. man laver et forsimplet billede af fænomenet (en repræsentation) hvor man har valgt de faktorer ud, som man mener har størst betydning for det undersøgte.
Dette papir skal være en hjælp til at lære at lave sådanne modeller.
På diagrammet er skematisk tegnet alle de trin man skal igennem, hvis man vil prøve at danne en model af et fænomen i hverdagen. I praksis vil I næppe komme ud for at skulle gennemgå alle trinnene.
Diagrammet består af de arbejdsopgaver, man skal udføre (*processerne*), og de resultater, der skal komme ud af de enkelte arbejdsopgaver (*produkterne*).

Virkelighed
Som eksempel er valgt et hverdagsfænomen som sikringer.
Sådan nogle der sidder i mange elektriske installationer, i biler osv.

Formulere et problem
(1. trin i fysikaliseringen.)
Start med at stille nogle enkle spørgsmål. Hvad bruges den til? Hvordan virker den? Hvilket område er centralt for dens funktion? Kan fysik give et bidrag til beskrivelse af denne virkelighed? Hvilke områder af fysikken kan bruges til at beskrive dens funktion?
Man kan jo også stille mange spørgsmål, der ikke fører i den rigtige retning.
Hvilke ånder flyver hen og fortæller sikringen, at det er på tide at lukke elforsyningen ned..
nej det er lidt for langt ude

Problemformuleringen
skal bestå af et overordnet spørgsmål
som kan styre ens arbejde.

Gøre problemet tilgængeligt for eksperimentel undersøgelse.
(2. trin i fysikaliseringen.)
Hvilket udstyr har vi brug for inden for det område af fysikken, hvor problemet befinder sig? Er det muligt at måle direkte på virkeligheden eller skal der opstilles en eksperimentel erstatning eller efterligning?
(Alt det her tænker en fysiker på allerede i 1. trin af fysikaliseringen, det er formentlig også styrende for fantasien)

Den eksperimentelle opstilling
skal gøre det muligt at finde nogle måledata,
som belyser problemformuleringen.
Tegn en grovskitse af opstillingen

Variabelvalg
1. Prøv at ændre lidt her og der på opstillingen, mens I foretager nogle prøvemålinger, så I lærer fænomenet og udstyret lidt at kende

notér ikke nødvendigvis noget ned.
2. Overvej/undersøg hvilke størrelser det er muligt at variere,
og i hvor stort et interval de hver især kan ændres.
(Materialebegrænsninger, måleinstrumenter, lokaleforhold)
3. Sæt navn på de variable (størrelser) I har opdaget.
4. Giv hver variabel en bogstavsforkortelse.
5. Overvej hvilken benævnelse (enhed) hver variabel har, idet I måske kigger igen på måleudstyret.

Problemets variable
Liste over
Variable størrelser
Faste størrelser
Forventede begrænsninger

Planlægning af måleserie
1. Overvej hvilke dele af opstillingen, der skal
ændres på undervejs for at variere de forskellige størrelser,
f.eks. hvilke knapper der skal drejes på.
2. Vælg en central variabel.
3. Find ud af, hvor mange måleserier I egentlig skal lave.

Plan for udførelse
Notat om faste størrelser
Rækkefølge af måleserier
Tabelforslag/måleskema

Gennemførelse af målinger
1. Vælg i hvilken rækkefølge I vil ændre de forskellige variable.
2. Overvej hvor mange målinger I har brug for i hver måleserie.
3. Overvej om nogle størrelser skal måles flere gange (f.eks. tider)
4. Spred målingerne i hele variationsområdet.
5. Bemærk måleusikkerheder
6. Gentag mistænkelige målinger

Måledata
Faste størrelser noteret
Overskuelig tabel med usikkerheder
Alt med benævnelser

Databehandling.
I har nu alle måleresultaterne i skemaer.
For hver måleserie skal I finde en formel, der beskriver sammenhængen:
For at kunne fastlægge en evt. sammenhæng, tegner I måleresultaterne ind i et alm. koordinatsystem.
Tyder grafen på at der er en sammenhæng mellem de to variable?
Hvis I mener at der er en sammenhæng mellem de to variable,
skal I undersøge om sammenhængen er lineær, potens eller (sjældent) eksponentiel.

I afgør om sammenhængen er lineær (eller en anden) ved at kigge på
de indtegnede punkter, og derefter konkludere, om det er rimeligt at lægge en ret linie
gennem punkterne. Evt. kan I overveje, om enkelte af målepunkterne skal forkastes,
fordi de ser helt forkerte ud (I kan have lavet en fejlaflæsning).
Selve forskriften for den rette linie finder I ved at taste resultaterne ind i
lister i lommeregneren, og derefter få lommeregneren til at lave lineær regression.
Eller måske passer en anden regression bedre.

Datarepræsentation
De tegnede grafer
De fundne forskrifter

Datatolkning
I skal nu oversætte grafen eller den matematiske formel fra lommeregneren til fysik:
Hvad er enheden på hældningskoefficienten ? Hvad betyder hældningskoefficienten ?
Hvad med konstantleddet (skæring med y-aksen), hvilken fysisk betydning har den?
(eller for potenssammenhæng: Hvad betyder potensen?)
Til sidst overvejer I, om der er nogle fysiske forklaringer på,
at sammenhængen er som den fundne.
Hvis der er flere måleserier, findes sammenhængen mellem hvert par af variable.
Disse sammenhænge skal I nu koble sammen til en formel.
Fx har et hold i et forsøg målt på hvornår en metaltråd brænder over.
De har fundet, at effekten (P) ved overbrændingstidspunktet afhænger af
metaltrådens diamenter (d) og ...

Model
De fundne udtryk kan sættes sammen, således at $P = f(d, l, \ldots)$

Afprøvning af model
Hvor gode forudsigelser giver modellen? Vurdér usikkerheder.
Giver modellen de rigtige enheder?
For at færdiggøre modellen, skal I overveje gyldighedsområdet for modellen (dvs. i hvilke intervaller kan værdierne for de variable være), og I skal overveje om I kan give en samlet fysisk beskrivelse eller forklaring af modellen.

Konklusion
Giv et resumé af hvad I har opnået.
Er modellen velegnet? Hvilke begrænsninger har den?

Formidling
Beskriv jeres overvejelser og de fundne resultater i en rapport.
Vurdér hvilke oplysninger det er vigtigt at videregive.
Tegn opstillinger.

Rapport
Følger standardformen, men med vægt på at beskrive de processer I har gennemgået

Projektkatalog fra årsprøver og projekter Samlet 20/4-01

* Betyder, at formuleringerne har været brugt ved årsprøven hos Anne-Birgitte, Tove og/eller Ole. Bemærk, at i de problemer, der har været anvendt i årsprøverne, er den afhængige variabel en *usammensat størrelse*. De formuleringer, der blev brugt ved årsprøven var introduceret med en indledning, som f.eks. i første eksempel. Endvidere havde lærerne et sæt "sikkerhedsmålinger" i baghånden, hvis eleverne slet ikke lykkedes med en eneste måleserie. Disse sikkerhedsmålinger kom ikke i anvendelse.

1*. *Som et primitivt vandingsanlæg benyttes en spand med huller i langs bunden, som vist på figuren. Spanden er ophængt et stykke over den jord, der skal vandes. Vandstrålerne vil lande på jorden i en cirkel. Den vandrette afstand fra hullet i spanden til det punkt på jorden, hvor strålen rammer kaldes anlægges vandingsvidde.*

Tilrettelæg og gennemfør et eller flere eksperimenter, der belyser følgende problemstilling:

Hvilke faktorer har indflydelse på **spandens vandingsvidde**, og hvilken sammenhæng er der mellem vandingsvidden og disse faktorer.

2. Hvilke faktorer har betydning for **overbrændingsstrømstyrken i en sikring**, og hvilken sammenhæng er der mellem strømstyrken og disse faktorer.
3. Hvilke faktorer har betydning for **modstanden i en tråd**, og hvilken sammenhæng er der mellem modstanden og disse faktorer.
4. Hvilke faktorer har indflydelse på **hastigheden af en bil** på et skråplan, og hvilken sammenhæng er der mellem hastigheden og disse faktorer.
5. Hvilke faktorer har indflydelse på den **maksimalt opnåelige strømstyrke** fra en kobling af **solceller** og hvilken sammenhæng er der mellem strømstyrken og disse faktorer.
6. Hvilke faktorer har indflydelse på den **temperaturforøgelse**, som en elektrisk **dyppespiral** giver, og hvilken sammenhæng er der mellem temperaturforøgelsen og disse faktorer.
7*. Hvilke faktorer har indflydelse på **trykket i en væske**, og hvilken sammenhæng er der mellem trykket og disse faktorer.
8*. Hvilke faktorer har indflydelse på en **kugles trilletid** på en faldrende (et skråplan), og hvilken sammenhæng er der mellem trilletiden og disse faktorer.
9*. Hvilke faktorer har betydning for **faldtiden for papirforme**, der falder (med bunden nedad) gennem luft, og hvilken sammenhæng er der mellem faldtiden og disse faktorer.
10*. Hvilke faktorer har betydning for **svingstiden af et lod** ophængt i en fjeder, og hvilken sammenhæng er der mellem svingningstiden og disse faktorer.
11. Hvilke egenskaber ved en cykel har betydning for **cyklens trillelængde** og hvilken sammenhæng er der mellem trillelængden og disse egenskaber?
12. Hvilke faktorer har betydning for **bremselængden for en træklods** og hvilken sammenhæng er der mellem disse faktorer og bremselængden?
13*. Hvilke faktorer har indflydelse på **nedbøjningen af en udspringsvippe** og hvilken sammenhæng er der mellem nedbøjningen og disse faktorer?
14. Hvilke egenskaber ved en **guitarstreng** har betydning for **frekvensen** og hvilken sammenhæng er der mellem frekvensen og disse egenskaber?
15. Hvilke faktorer har betydning for **energiforbruget i et køleskab** og hvilken sammenhæng er der mellem energiforbruget og disse egenskaber?

16. Hvilke faktorer har betydning for **faldtiden for kugler**, der falder gennem en **sej væske** og hvilken sammenhæng er der mellem faldtiden og disse faktorer?
17. Hvilke faktorer har betydning for **nyttelasten for en båd** og hvilken sammenhæng er der mellem nyttelasten og disse faktorer?
18. Hvilke faktorer har betydning for **nyttelasten for en ball**on og hvilken sammenhæng er der mellem nyttelasten og disse faktorer.

19*. Hvilke faktorer har indflydelse på et **penduls svingningstid**, og hvilken sammenhæng er der mellem svingningstiden og disse faktorer.

20*. Hvilke faktorer har indflydelse på **fjedres forlængelse**, og hvilken sammenhæng er der mellem forlængelsen og disse faktorer.

PS: Jeg beklager, at jeg ikke kunne få ryddet ud i de forskellige tabuleringer, der har været brugt i de tre forskellige dokumenter, som nærværende er sammenstykket fra! Mvh. Ole

Eksempel på modellering i fysik

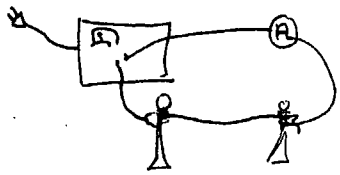
Fænomen fra virkeligheden: Elektriske sikringer

Problemformulering:

En elektrisk sikring består af en metaltråd, der brænder over, når strømstyrken gennem den når over en bestem værdi, som vi her kalder for overbrændingsstrømstyrken.
Når det sker så afbrydes strømmen.
For en 6 amperes sikring er overbrændingsstrømstyrken 6A.

- Hvordan konstruerer man en 6 amperes sikring?
- Hvilke faktorer har betydning for overbrændingsstrømstyrken og hvilken sammenhæng er der mellem denne strømstyrke og disse faktorer.

Eksperimentel opstilling:



Problemets variable:

Vi vil variere længden (L), diameteren (d), omgivelsernes temperatur (T) og materialet og vi vil måle overbrændingsstrømstyrken (I_o)

Plan for udførsel (måleresultatkemaer)

Fastholdte størrelser: d= T = materialet er

L			
I_o			

Fastholdte størrelser: L= T = materialet er

d			
I_o			

Fastholdte størrelser: L= d = materialet er

d			
I_o			

De tre måleserier udføres to gange med hvert sit materiale.

Måledata:

Vores forsøg gav følgende måledata:
Fastholdte størrelser: d=0,20mm T =21^{0}C
materialet er 'sikringstråd'

L/m	0,5	1,0	0,246
Io/A	7,6	7,6	7,6

Fastholdte størrelser: L=0,25m T =21^{0}C
materialet er 'sikringstråd'

d/mm	0,2	0,35	0,5	0,56
I_o/A	7,6	17	31,5	35,5

Fastholdte størrelser: L= 0,25m T =21^{0}C
materialet er 'konstantan'

d/mm	0,12	0,25	0,5
I_o/A	1,7	5,0	13,5

Datapræsentation (grafer):

To stk. på dobbeltlogaritmisk papir.

Model:

For sikringstråden ved stuetemperatur gælder at
$I_o = 87 A/mm^{1,5} \cdot d^{1,5}$
For konstantantråd ved stuetemperatur gælder at
$I_o = 37\ A/mm^{1,5} \cdot d^{1,5}$
Overbrændingstemperaturen er uafhængig af trådens Længde.

For sikringstråden gælder at $d = \left(\frac{I_o}{87}\right)^{1/1,5} A^{1,5} \cdot mm$,

så for en 6 amperes sikring må der gælde at diameteren skal være

$$d = \left(\frac{6A}{87}\right)^{1/1,5} A^{1,5} \cdot mm = 0,17mm$$

Konklusion:

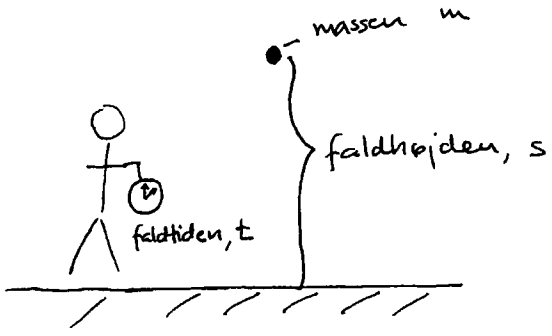
De faktorer der har betydning for hvilken strømstyrke der skal til for at en metaltråd brænder over er materialet og tykkelsen, hvorimod længden af tråden er uden betydning. Sammenfattende kan man sige at sammenhængen er givet ved
$I_o = K \cdot d^{1,5}$, hvor K er en materialekonstant, d er trådens diameter og I_o er den strømstyrke der skal til for at brænde tråden over. Vil man bruge en sikringtråd til at fremstille en 6 amperes sikring af, kan man bruge en vilkårlig længde og en tykkelse på 0,17mm.

Rapport: Hvis man har været så omhyggelig med notater, som i dette eksempel, så er rapporten jo næsten skrevet. Men rapporten SKAL indeholde (et forsøg på) en fysisk forklaring. Hvorfor er overbrændingsstrømstyrken uafhængig af længden? Hvorfor er overbrændingsstrømstyrken afhængig af diameteren som angivet i formlen. Hvad sker der fysisk når en tråd brænder over ?

Afleveringsopgaver i fysik, modellering.

Afleveres torsdag den 30 marts 2000.

Opgave 1.
Et hold elever måler på faldtiden af metalkugler for forskellig faldhøjde og med forskellig masse af kuglerne.



De laver to måleserier.
I den første måleserie fastholdes faldhøjden (s) til to meter, mens massen varieres.

Holdet måler følgende:

s = 2 m

Massen/gram	100	200	300	500
Faldtiden/sek	0,63	0,62	0,63	0,64

I den anden måleserie fastholdes massen (m) til 100 g, mens faldhøjden varieres. Holdet måler følgende:
m = 100 g

Faldhøjden/m	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5
Faldtiden/sek	0,32	0,45	0,55	0,63	0,71

Tegn begge måleserier ind på almindeligt millimeterpapir.
Hvad viser den første måleserie ? Afhænger faldtiden af massen ?
Tegn den anden måleserie ind på dobbeltlogaritmisk papir og find ved hjælp af lommeregneren sammenhængen (formlen) mellem faldhøjden (s) og faldtiden (t).
Beskriv sammenhængen med ord.

Opgave 2.
Et hold undersøger hvordan lysintensiteten (L) af en pære afhænger af afstanden til lyskilden (r).

De måler følgende

Afstanden/m	0,20	0,50	0,75	1,0	2,0
lysintensiteten	21	3,5	1,51	0,83	0,21

Tegn måleserien ind på almindeligt millimeterpapir og på dobbeltlogaritmisk papir. Bestem ved hjælp af lommeregneren sammenhængen mellem lysintensiteten (L) og afstanden (r). Beskriv sammenhængen med ord.

Praktisk spørgsmål 2

Når man står på en vippe i svømmehallen vil den bøje ned. Denne nedbøjning har betydning for hvor højt det efterfølgende spring bliver.

figur

Tilrettelæg og gennemfør et eller flere eksperimenter, der belyser følgende problemstilling:

> Hvilke faktorer har indflydelse på nedbøjningen af en udspingsvippe, og hvilken sammenhæng er der mellem nedbøjningen og disse faktorer.

Praktisk spørgsmål 5

For faldskærmsudspingere har luftmodstandens indflydelse på faldskærmen en stor betydning for faldets udførsel. Forholdene omkring luftmodstand kan undersøges med faldende pa pirkegler (med spidsen nedad).

Tilrettelæg og gennemfør et eller flere eksperimenter, der belyser følgende problemstilling:

> Hvilke faktorer har indflydelse på en papirkegles faldtid, og hvilken sammenhæng er der mellem faldtiden og disse faktorer.

Elevevaluering af årsprøve i autentisk fysik , FG, 2000

Sammenskrivning af elevsvar på spørgeskema med åbne spørgsmål

Gruppesammensætningen og gruppestørrelse:
Gruppen havde ikke virket, hvis vi ikke selv havde sammensat den
Det er et must at sammensætte sin egen gruppe
Supergodt at sammensætte den ideelle gruppe efter egen vurdering

Alle pointerer vigtigheden af at de selv er med til at bestemme hvem de skal arbejde sammen med..

Vi var 4 - gav maximal forberedelses- og fordybningstid
4 er for mange, svært at dele opgaverne imellem os og allesammen få sagt lige meget og svært at sidde 4 om en lommeregner
Det skal være muligt at gå op alene
Der bør højst være 3 i en gruppe
Vi var 3 og størrelsen var god
Den ultimative størrelse er 2

Stor enighed om at 2-3 personer er det optimale antal.

Den praktiske del:
Gik nemt og godt - vi havde for lang tid (3 timer)
Meget lidt plads og meget larm - ellers hyggeligt og okay at I gik rundt og stillede spørgsmål
3 timer er tilpas; Alt for meget larm. At der er en praktisk del øger perspektivet og dæmper nervøsiteten
Lidt forlang tid - beder med mere forberedelsestid
Man havde god tid
Måske en anelse for lang og visse af forsøgene havde måske for få mulige grader at angribes fra
For meget tid i forhold til eksperimentets omfang
God stemning

Alle er glade for den praktiske del. Ret mange anfører, at der er for lang tid sat af hertil i forhold til forsøgenes muligheder. Enten kan tiden sættes ned, eller kravene sættes op. Vigtigt at rammerne er gode: God plads og ro.

Forberedelsestiden:
Meget intensiv. Vi kunne godt have brugt 10-15 min mere
Svært at dele opgave op og ikke tid nok
Svært at koordinere, når man er 4
For kort
Var god fordi man kunne dele imellem sig
Udmærket tidslængde - vi havde travt og der var stress, men det bedrer resultatet

Ca. halvdelen fandt forberedelsestiden for kort. Desuden bør der nok arbejdes eksplicit med hvordan en gruppe kan dele arbejdet mellem sig.

Eksaminationen:
Rolig, god tid
Rolig og afslappet, meget behagelig
Helt i top, man bliver rolig, når man er flere
Okay, men usikkerhed om hvad de andre skulle sige
Godt, alle fik en chance for at sige noget

Alle var meget tilfredse. Man var mindre nervøs end ved traditionel prøve.

Karakteren:
De faldt efter hvor meget vi kunne, fremfor hvor meget vi sagde
Var retfærdig nok
Vi fik de karaktere, vi havde fortjent
Yderst gavmild
For lidt
Godt bedømt

Nogle syntes de fik for høj karakter, andre syntes de fik for lidt. Men der var ingen utilfredshed med de differentieringer inden for gruppen, som vi foretog.

Andet:
Det sluger meget tid at være 4. Vi blev under den praktiske del spurgt om nogle underlige spørgsmål før vi havde klarhed over forløbet - gjorde os nervøse og forvirrede.
Kameraet var irriterende
Hvis grupperne ikke bliver for store, er grupper bedre end 1 person
Vil helt klart foretrække denne måde

Samtale den 13/8 2001 mellem Jens Dolin og lærer X, Y og Z.

jd: Hvordan har det været at være med i et forsøg som AFU-projektet, har I fx måttet ændre jeres undervisningspraksis?

Z: Jeg tror man *skal* ændre sin praksis, men jeg synes det har været meget, meget svært at gøre det. Da vi startede tænke jeg på autenticitet, og vi snakkede om at det ikke var sikkert vi kunne bruge det begreb på alt det pensum der var ... og så synes jeg faktisk det kom meget til at handle om arbejdsformer, hvor jeg følte mig ...æhh .. dårlig til at organisere gruppeorganiseret undervisning og ... det var lige som om der var, har været et tæt sammenløb mellem autenticitetsbegrebet og så gruppearbejde. Og jeg har ikke haft problemer med at få det til at fungere når det drejede sig om eksperimentelt arbejde, det er nok fordi jeg er vant til at have mange forskellige typer projekter med alle mulige mærkelige emner, men jeg synes det har været meget svært at styre på den teoretiske undervisning. Der har jeg så haft to dårlige oplevelser og en god med gruppearbejde, en dårlig med solceller og en dårlig med bølgelære og en god med kernefysik.

Jeg føler vi har inspireret hinanden på mange forskellige måder ... og jeg er blevet inspireret af jer både med hensyn til projektarbejde og gruppearbejde, men det har så også haft den bagside, at jeg har forsøgt nogle gange at gøre nogle ting som ikke var naturlige for mig. Fx med bølgelære syntes jeg det lød fantastisk spændende det X beskrev med at eleverne gik og lavede noget, arbejdede noget teori igennem og samtidig med de kom ind og så nogle forsøg du demonstrerede og nogle andre forsøg de selv skulle lave. Det prøvede jeg så, men mine var ikke opdragede til at styre sådan et langt forløb. Jeg havde ellers givet dem en seddel, men de følte ikke rigtig at de fik vejledning nok i hvornår de skulle lave hvad og hvordan.

Så jeg synes det har været udfordrende, men også frustrerende og nogle har jeg været ked af at det ikke har fungeret ... og tænkt nej, jeg må hellere hoppe tilbage til det jeg plejer at gøre.

jd: Hverken du X eller Y har ændret jeres undervisning særlig meget?

Y: Jeg har selvfølgelig forsøgt at tænke den ind i de der baner med autenticitet, og på længere sigt har jeg især tænkt den ind i den der eksamensform, og ... modellering har gjort at jeg har undervist anderledes i indhold eller ... jeg har tænkt nogle af tingene anderledes, hvor undervisningsformen har været den samme. Men det har da gjort at jeg er blevet mere opmærksom på nogle ting ... hvad eleverne har svært ved, men det har ikke ændret den måde jeg underviser på.

Men jeg har tænkt over hvordan jeg planlagde forløbene, men øh rammerne om dem – det der med at det er elevaktiverende og at de bestemmer meget, det er det jeg også har gjort i et par år før. Og de første gange jeg kørte de der meget elevcentrerede forløb ... hvis eleverne opdagede at der var bare den mindste tvivl hos læreren, så kuldsejler det jo. Man skal virkelig være sikker på at man virkelig står inde for det man gør, hvis man vil noget andet end det de har forventninger om.

X: Jeg tror i virkeligheden ikke jeg har ladet mig binde særlig meget af at det hedder autentisk fysik, men selve undervisningsformen har jo været over massevis af år at jeg har udviklet mig selv i den retning som jeg underviser nu.

Den der måde at gribe 10-timers projekterne an på er jo i hvert fald ny for mig – og lave den modellering der. Og det synes jeg har været udelukkende positivt. Jeg har lige pludselig kunnet se noget som man kunne styre som lærer samtidig med at eleverne følte det som noget meget åbent de gik og foretog sig.

Y: For mig blev eksamen også en lidt mere naturlig forlængelse af hverdagen. Nogen gange har jeg sådan en idé om at det der forgår til eksamen det må jeg lære dem til sidst ... de eksperimentelle forløb gør at jeg har kunnet se en større idé i at de har skullet lave de eksperimentelle rapporter.
Z: Altså, jeg synes det der har været den største succes, det er modellering, men det er også der har ligget et problem, at vi satsede så meget på empirisk modellering, at eleverne ikke rigtig fik lejlighed til at udvikle deres begrebsdannelse på samme måde som man måske plejer at gøre.

...

jd: Hvad er det der kører timen?

Z: Jeg har en plan for timen, jeg skriver noget ned på et stykke papir som jeg skal huske i den time, men lige så snart timen er i gang, så kigger jeg ikke mere på det papir, men det der kører det er tanken om hvad der skulle ske i den time da man skrev det papir. Uanset hvad der stod, så er det tangenterne, engagementet, eller elevernes spørgsmål. Så spørger de lige pludselig om hvad der sker når man falder ned i en elevator, så kommer man til at snakke om det.
Jeg har prøvet i årevis at skrive timeplaner, og de første år blev der alt for meget stof, ..

jd: Det virker som om det er den faglige logik, der kører timen?

Z: Logik vil jeg ikke kalde det, men emnekreds, i dag er det fx mekanik ... nu snakker vi altså en lærercentreret klasseundervisning, det er nemmere at styre hvis man har gruppearbejde hvor man har forberedt at eleverne skal gøre det og det, men jeg er ikke god til at lave de der arbejdssedler, så det har jeg ikke prøvet så meget, men der kan man gøre det tror jeg, men står jeg som lærer så har jeg i hovedet at i dag skal vi igennem de her par sider i bogen, det har en eller anden overskrift, og så gør jeg *ikke* som der står i bogen, men styrer mere ud fra hvad eleverne kommer med af reaktioner på de ting jeg siger, de kommer med nogle spørgsmål eller de kommer med nogle eksempler, så er det dem man kommer til at snakke om.
[under en længere samtale om logbøger, som Z prøvede i perioder:]
... metakognition eller metaaspekter det var det spændende ved logbogen, men det er også det der er mit svageste punkt som lærer det er metaaspektet, det er at få samlet op, og det er sådan set ligegyldigt om det er gruppearbejde eller klasseundervisning. Det er der logbogen kunne bruges, og den var god de gange den fungerede ... det var noget med proportionaliteter den ene gang og usikkerhed den anden gang.

jd: Hvad er god undervisning i fysik?

Z: Det er hvis eleverne hører efter hinandens spørgsmål, det er et tegn på at der er noget fælles i gang.
X: Når en gruppe elever sidder og diskuterer og udvikler og prøver at forstå de begreber der er i spil inden for det man nu er i gang med – får nogle diskussioner i gang, det er lidt det samme. At der er en dialog omkring emnet.
Et tegn er også at der en iver, en glæde, en aktivitet ... ved eksperimentelt arbejde fx
Z: Også at de tør ... også svare på hinandens spørgsmål.
Y: Ja, engagement og det at turde. At hver elev føler at de er værdifuld. Oplever sig selv som værende værdifuld i den undervisning der er. Hvis man kunne opnå at undervisningen havde været dårligere, hvis hver enkelt ikke havde været der, så havde det jo været fremragende. Men det er jo et stort mål at sætte, men at de har en ide om at hver især bidrager, kan bidrage, med noget til andres gode.

jd: Er det noget I bevidst arbejder på at fremme – og hvordan?

Z: En konkret ting fx initiativ ved øvelser hvor man kan kønsopdele, så bliver det ikke sådan at pigerne bliver sekretærer og drengene drejer på knapperne, der bliver flere der prøver noget forskelligt.
Y: At være meget efter dem, hvis jeg fornemmer at nogen ikke gider lytte på hvad nogen af de andre siger, det prøver jeg at gå meget ind i ... om de vise respekt for hinanden selv om man ikke lige siger det på den rigtige måde. Det er jeg meget opmærksom på.
X: Jeg kan ikke genkende at de ikke lytter til hinanden ...
Z: Jeg synes det kan være et problem når man har klasseundervisning, hvis man er for lærercentreret kan det nemt gå hen og blive spørgsmål fra den enkelte elev til læreren som læreren svarer på, og det bliver jeg en gang i mellem opmærksom på sker hos mig selv, og så kan jeg gøre noget der minder om det du siger, for når så en har stillet et spørgsmål så kan man vende det om og spørge: hvem kan svare på det?

jd: Du gør ikke noget bevidst for at de lytter til hinanden, at de har respekt for hinanden (henvendt til X)?
X: Jamen, det skal de gøre, det skal de have. Jeg kan ikke lige komme i tanker om at de ikke har haft det.
Y: Jamen det er sikkert også fordi du i din undervisningsform er åben. Der er da mange fysiklærere der mener der er ét svar og én rigtig måde.
X: Altså jeg kan sagtens genkende det du (Z) siger om klasseundervisning, og det har stresset mig enormt, derfor har jeg simpelthen holdt op med det ... jeg kan ikke holde ud at der sidder en og spørger om noget der er skide vigtigt og som man egentlig burde svare på eller have ud i en dialog i klassen, og det har man ikke rigtig tid til, jeg er blevet skide stresset over det der.
Z: Det er en af grundene til at du er gået fra klasseundervisning til gruppeorganiseret?
X: Der kan man jo da i hvert fald gå rundt og snakke med dem og så kan man i fred og ro svare sådan en gruppe på nogle interessante spørgsmål. Og for mig og se betyder det egentlig ikke noget at resten af klassen ikke hører svaret på et eller andet spændende spørgsmål. Det er jeg egentlig lige glad med, for det gør de egentlig ikke alligevel rigtig, tror jeg. Jeg tror de falder lidt i søvn eller lidt af når den der lærer-elev ting kører, ikke?
Z: Ja, det er det de gør. Kan du så godt overkomme at forberede det, hvis du har tre klasser og kører gruppearbejde i alle tre klasser?
X: Det har jeg aldrig prøvet. ... Men det er du ikke fordi jeg ... så er der jo lærerforedraget i stedet for, som afslutter sådan et forløb. Der må de sådan set ikke afbryde, der gider vi ikke høre alle de der spørgsmål under foredraget. Når læreren sætter det hele på plads som opsamling på det hele. Så er det et rigtigt foredrag, og der kommer spørgsmålene så måske bagefter, men der har alle måske større chance for at deltage i debatten, ikke? Det er i hvert fald uden jeg bliver stresset af det, der er ligesom afsat tid til at nu er debatten fri.
Z: Jeg kan godt forstå at du ikke bliver stresset i timen når du har gruppearbejde, sådan har jeg det også, det er en meget mere afslappet form, men jeg synes den kræver mere forberedelse af læreren. Og at gøre det i fire klasser, som jo er det naturlige antal for en mat-fys lærer ...
X: Der er en af fiduserne at samle den i blokke, så er det en gang om ugen man sætter sig ned og tænker over det, ikke. Så tænker du samlet over den klump af timer. Jeg tror egentlig ikke det tager længere tid at forberede sig til den type undervisning, jeg tror bare det er et spørgsmål om at vende sig til det. Men det kommer an på hvad man vil, ikke. Hvis det man vil er at få gennemgået en side i lærebogen, det tager ikke så lang tid at forberede – at man skal holde det foredrag, vel? Skrive det op på tavlen og så skal de regne nogle opgaver. Det tager ikke så lang tid, men hvis man *vil* i klasseundervisningen have eleverne med i noget elevaktiverende i løbet af den time man har dem, så kræver det da også megen forberedelse. Altså, når du forbereder at

der skal være de og de spørgsmål her som jeg skal ud i klassen og have ping-pong ... det er grundlæggende de spørgsmål som bliver skrevet ned på nogle arbejdspapirer.

...

Det der har fået mig til at arbejde hen imod den gruppebaserede undervisning er at der er mange flere elever der får sagt noget

Z: Det er det jeg også godt kan lide med den, jeg synes bare ikke jeg har være særlig god når jeg har forsøgt at organisere det.

X: Nej, og det er det jeg mener med at det kommer an på hvad man vil. Altså hvis man gerne vil have at der skal være meget dialog blandt eleverne, så er det, jeg synes i al fald det er meget svært at køre som klasseundervisning. Det er svært at overskue om alle er med i dialogen.

Z: Af en eller anden grund så har mit gruppearbejde næsten altid resulteret i at eleverne har syntes det emnet var forfærdelig svært. Det har flyvningens fysik, det har være verdensbilleder, det har været bølgelære. Jeg tror det er noget med at jeg forventer for meget af dem, forventer at de kan køre sådan et helt emne igennem. Men jeg har gode erfaringer når det har været et eller andet emne inden for et område, kernefysik, hvor de så vælger et emne selv, siger det her vil vi gerne vide mere om. Men en gennemgang af et eller andet stof, som man kan kalde lærebogsstof, gruppeorganiseret, det kan jeg ikke huske jeg har haft held med. I bølgelære havde jeg lavet en seddel om hvilke sider de skulle læse og gennemgå og opgaver de skulle regne i den forbindelse og øvelser de skulle lave og kommunikation med mig og ... det var for løst.

Y: Fordelen for mig er at det ligger i den der tre-timers blok. Når de starter den får de et program, der skal ske det og det i den her blok ... jeg kan nå at starte op og slutte af. Det kan jeg sagtens nå når det er 3-4 timer, så kan jeg godt bruge et kvarter i starten og i slutningen. Det giver for eleverne en klar struktur på undervisningen.

Z: Jeg kan godt se at der så alligevel er forskel på to og tre timer.

X: Ja, for eleverne kan man nå noget afrundet.

De spørgsmål, som jeg ville have stillet eleverne hvis jeg havde lavet klasseundervisning, der kigger man jo sit stof igennem og tænker: Nu spørger jeg dem så om ... hvad er definitionen på strømstyrke, og så er der en der svarer

Z: Hvis du ville lave klasseundervisning, så ville du have at de læste først og så ...

X: ... så havde de læst et eller andet og så spørger jeg dem om noget ...

Z: aha nå, men sådan gør jeg ikke ...

X: ... og de spørgsmål samler man så i et eller andet, det hedder så et arbejdsark, det er helt elementære små spørgsmål om det de har læst hjemme, eller vil læse nu de sidder i gruppen.

Z: Sådan gør jeg jo ikke. Jeg gennemgår og så overhører jeg næste time.

X: Jamen, så er det overhøringen vi taler om. Mit gruppearbejde erstatter overhøringen ...

Z: og dit foredrag til sidst erstatter gennemgangen.

jd: Hvad vil det sige at lære fysik?

Z: Det er noget med at kvalificere sin nysgerrighed i forhold til naturen. Der ligger også i det at jeg helst ikke vil ødelægge deres nysgerrighed, jeg vil gerne nære den og styrke den, altså også gerne kvalificere den så de får nogle skarpere begreber til at angribe den med.

Y: At man overhovedet ved hvad man kan spørge om.

jd: Dvs. en elev har lært fysik, hvis vedkommende kan stille nogle gode spørgsmål inden for et område?

Z: Ja, det synes jeg er nok. Altså jeg synes ikke man behøver kunne give svarene, det er selvfølgelig lækkert hvis eleven også selv kan give svaret og det kan eleven nogle gange, men

så er vi på et højere niveau end i gymnasiet. Så kan man mene at der er nogle ting man gerne skal kunne forklare, når man har lært fysik ...

Y: men det er bare reproduktion.

jd: Hvad skal fysik så være i gymnasiet?

Z: Ja, da er de nødt til at have set nogle eksempler på spørgsmål og de er også nødt til at have hørt nogle eksempler på svar, og så kan man som lærer have nogle kæpheste – de skal simpelthen vide hvordan regnbuen opstår, at tvillingeparadokset betyder ..., men det er individuelt fra lærer til lærer.

jd: Dvs. der er ikke noget kernestof?

Y: Jo, det kan man godt sige, nogen måder at stille kvalificerede spørgsmål på er vel også at have en idé om at .. der er noget der er bedre til at indfange det end andet. Altså ...atommodellen er vel en eller anden måde som har lagt grunden for at forklare en hel masse ting på i fysik, ikke. Hvor jeg er ret ligeglad med alle de der små ting der så hænger på, men der kan man sige, det ville være svært at lære dem at give forklaringer og blive gode til at stille spørgsmål hvis man droppede den, så kommer man tilbage til et eller andet 1800-tals. Ellers har jeg ikke noget.

X: Men tror du andre vil være enige med dig?

Y: Næ, men det er vel et eksempel på at en måde at beskrive verden på kan give mange forklaringer på mange ting. Den måde at beskrive tingene på er mere grundlæggende end fx brydningsloven, ikke.

jd: Så kan man ikke nøjes med at beskrive nogle kompetencer?

X: Jeg er sådan set fløjtende ligeglad med hvilke kerneområder der eksisterer. Jeg har ikke noget imod der er nogle der gør sig kloge og sætter sig ned og udpeger de kerneområder, bare jeg kan blive fri. Jeg skal nok gøre som der står i en eller anden bekendtgørelse, jeg tror absolut ikke man ville undervise på obligatirisk niveau uden at have atommodellen inde, det kan man simpelthen ikke komme uden om.

Z: Sådan har jeg det også. Men om der overhovedet skal være nogle områder?

X: Det er det jeg svarer nej til.

Y: Det gør jeg også.

Z: Det svarer jeg ja til, mest af hensyn til kulturen, for at gøre et eller andet for at bevare en form for fællesskab, at der er en lille smule fælles at snakke om. Nå ja, kan I huske da vi havde om det? Jeg synes ikke det skal være ret stort, men et eller andet så man kan sige at når man har gået i gymnasiet i fysik, så har man lært ikke bare Bohrs grønærtemodel, med atomet som en lille kerne med små grønærter om, men så har man måske ligefrem lært om orbitaler. Det måske lidt mærkeligt at man i fysik bruger den der folkeskolemodel, når man i kemi bruger orbitalmodellen.

X: Det er fordi den kan forklare en hel del, vel.

Z: Vi kan nemmere tegne den, det er vel bare det.

Y: Er det ikke også for at sige at på det niveau er det godt nok, ligesom vi siger at kernen, med mindre man går ud af nogle sidegrene, består af det og det, selv om det ikke ... til det niveau er den model god nok.

Z: Jo, jeg synes bare ikke den er nær så interessant, der er ikke det der perspektiv med at ... ,den er sådan lidt mekanisk.

jd: Hvordan vil I vægte det kvalitative og det kvantitative? Hvor meget skal eleverne kunne regne, hvor vigtigt er det i forhold til at de forstår en god historie?

X: Jeg tror det at kunne løse fysikopgaver bidrager i høj grad til at få en forståelse af fysikbegreberne,.
Z: Jeg tror det er enormt vigtigt.
Y: For mig er det ikke særligt vigtigt. Jeg kunne godt undervise i obligatorisk fysik uden de
5 regnede en eneste opgave.
...
X: Jeg tror ikke man kan komme så langt med de gode historier kun. Man bliver nødt til at gå ind og have noget begrebsforståelse for at kunne ligge noget i de gode historier, tror jeg. Hvis man vælger nogle ordentlige fysikopgaver man skal løse, så bidrager de til begrebsforståelsen, ellers
10 kan man jo lige så godt lade være med det, jo.
Y: Jeg tror godt man kunne undvære dem. Mange af de der fysikopgaver er en forberedelse til højniveau ...
Z: Nej, der er mere i det end det, der er det at det faktisk er muligt forudsige, det er faktisk muligt at tale kvantitativt om tingene, der foregår i naturen.
Y: Det er jeg enig i, hvis man gør det. Jeg siger ikke at man slet ikke skal regne opgaver, der er
16 selvfølgelig også en ide i bare at sætte ind i en formel, hvad formlen kan, regne frem i tiden.
Z: De store fortællinger skal være der, men jeg har faktisk oplevet et par gange at de nærmest kan tage motivationen fra dem, fordi de ikke er særlig interesseret i historien – her har vi et barometer, og det er i øvrigt 400 år siden Toricelli lavede et sådant forsøg. 400 år! så er det
20 gammelt det vi lærer i fysik.
X: Det er vel også mere historie end en stor fortælling. Hvis man nu tager den med: af stjernestøv er du kommet, den historie bliver sgu da først sjov når du har det begrebsapparat der gør at du kan gå ind og regne, og ... Jeg tror ikke man får en ordentlig forståelse uden at regne på det.
Y: Nogle af bøgerne fra turen til London de var ret meget uden formler
X: Det var bøgerne til Science for Public Understanding
Z: Det var så også for folk der ikke skulle gå videre med det.
Y: Ja, hvad er det egentlig man bidrager til. Jeg synes selv ikke at eleverne skal have fysik for at
28 nogen få skal vælge det på højniveau og hele den der snak. Jeg har mere lyst til at arbejde for den anden retning. Og det spejler sig baglæns på det jeg går og gør og siger. Jeg vil ikke opfinde noget smart så eleverne let kan komme igennem obligatorisk niveau og så alle kan gå på højniveau og blive ingeniører. Det er da det der også er i gang fra højere sted.

At undervise i fysik

Dette spørgeskema er beregnet på at udforske hvordan gymnasielærere opfatter det at undervise i et specifikt fag.[1]
Derfor kan dine svar på dette skema meget vel afvige fra de svar du ville give i dit andet fag.

Navn: _____

For hvert spørgsmål bedes du sætte en cirkel om et af tallene fra 1 til 5. Tallene står for følgende svar:
1 – dette er kun **meget sjældent** tilfældet
2 – dette er **af og til** tilfældet
3 – dette er tilfældet ca. **halvdelen** af tiden
4 – dette er **hyppigt** tilfældet
5 – dette er **næsten altid** tilfældet

1.	Jeg planlægger min undervisning i fysik ud fra den antagelse at eleverne har meget lidt nyttig viden om de emner vi skal i gang med	**meget sjældent** 1	2	3	4	**næsten altid** 5
2.	Jeg synes det er meget vigtigt at det fremgår fuldstændig klart af fysiktimerne hvad det er der bedømmes til eksamen	1	2	3	4	5
3.	I timerne prøver jeg at samtale med eleverne om emnerne vi arbejder med	1	2	3	4	5
4.	Jeg synes det er vigtigt at præsentere eleverne for en masse viden i timerne, så de ved hvad det er de skal lære i fysik	1	2	3	4	5
5.	Jeg vil gerne have at fysikprøver og eksamen skal give mulighed for at vurdere elevernes begrebsudvikling inden for faget	1	2	3	4	5

[1] Spørgeskemaet er udviklet af professor **Michael Prosser**, LaTrobe University, Melbourne, og professor **Keith Trigwell**, University of Technology, Sydney.

6. Vi sætter tid af i klassen så eleverne kan diskutere i grupper hvad det er for vanskeligheder de har med at forstå emnet	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
7. I fysiktimerne følger vi ofte en god/grundbog	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
8. Jeg prøver at give eleverne opgaver så de hele tiden ændrer den opfattelse de har	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
9. I timerne prøver jeg at bruge svære eller ukendte eksempler for at provokere debat	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
10. Jeg strukturerer undervisningen så jeg ved eleverne kan bestå de formelle eksamenskrav	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
11. Jeg tror det er vigtigt i fysik at give lærerforedrag så eleverne kan få præcise noter at støtte sig til	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
12. Når jeg underviser i fysik, giver jeg kun de oplysninger eleverne skal bruge for at bestå eksamen	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
13. Jeg synes jeg burde kende svarene på alle de spørgsmål eleverne kan finde på at stille i fysik	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
14. Jeg sætter tid af til at eleverne i grupper kan diskutere deres ændrede opfattelse og forståelse af faglige begreber i faget	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
15. Jeg synes det er bedre at eleverne selv tager noter end at de skriver af fra tavlen	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
16. Jeg synes at meget af undervisningstiden i fysik skal bruges på at udforske elevernes ~~egen~~ ne ideer	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**

Overvejelser over hvad det vil sige at lære[1]

Navn:_____

Køn:_____ Alder:_____ Undervisningserfaring:_____år

Primært undervisning i gymnasiet ___ Andet?_____

Vejledning:
Spørgsmålene i dette skema handler om hvordan du opfatter det "at lære".
Der er ikke nogen rigtige eller forkerte måder at opfatte udsagnene i skemaet. En reaktion på et udsagn er *rigtig* hvis udsagnet præcist afspejler din opfattelse.

Læs gennem udsagnene så hurtigt som muligt. Brug ikke en masse tid til at reflektere over sætningerne, men marker din første hurtige reaktion på udsagnet.

Du vil se undervejs at indholdet i nogle udsagn er identisk, men skrevet på en lidt anden måde. Dette er ikke gjort for at snyde den adspurgte, men for at afprøve hvordan vi bedst muligt kan præcisere og forbedre skemaet.

For hvert udsagn bedes du sætte en cirkel om det nummer der passer bedst sammen med din umiddelbare reaktion – efter følgende skala:

5 = Jeg er helt enig
4 = Jeg er næsten enig, men har et par forbehold
3 = Jeg er ikke sikker, udsagnet passer ikke rigtig
2 = Jeg er temmelig uenig, men lidt er der om det
1 = Jeg er fuldstændig uenig

1.	At lære vil sige at få alle kendsgerningerne ind i hovedet	5 4 3 2 1
2.	Jeg ved jeg har lært noget når jeg kan huske relevante oplysninger	5 4 3 2 1
3.	For at kunne få noget ind i hukommelsen, må det først give mening for mig	5 4 3 2 1
4.	Når jeg lærer, føler jeg det lige som om jeg bliver tvunget ind i en bestemt måde at tænke på	5 4 3 2 1
5.	At lære vil sige at samle alle de kendsgerninger man skal huske	5 4 3 2 1
6.	At lære er en proces hvor man forøger sin viden	5 4 3 2 1
7.	For at noget skal give mening, må man først kunne huske det	5 4 3 2 1
8.	Jeg ved jeg har lært noget når jeg kan fylde hullerne i en andens argumentation	5 4 3 2 1
9.	Jeg tror at det at lære omfatter at se tingene fra et nyt perspektiv	5 4 3 2 1
10.	Viden består egentlig bare af en samling informationer	5 4 3 2 1

[1] **Reflections On Learning Inventory (ROLI)**

5 = Jeg er helt enig
4 = Jeg er næsten enig, men har et par forbehold
3 = Jeg er ikke sikker, udsagnet passer ikke rigtig
2 = Jeg er temmelig uenig, men lidt er der om det
1 = Jeg er fuldstændig uenig

11. Jeg tror at det at lære vil sige at kunne huske noget når man har brug for det 5 4 3 2 1

12. Jeg ved jeg har lært noget når jeg kan huske nødvendig information 5 4 3 2 1

13. Man er nødt til at kende betydningen af noget før man kan lagre det i sin hukommelse 5 4 3 2 1

14. Når jeg lærer, føler jeg at jeg skal rette mig ind og være enig 5 4 3 2 1

15. At lære er at fylde din hukommelse med kendsgerninger 5 4 3 2 1

16. At lære er at føje nye kendsgerninger til det du allerede ved 5 4 3 2 1

17. Man er nødt til at kunne huske noget, før man kan forstå det 5 4 3 2 1

18. Jeg ved jeg har lært noget, når jeg kan gøre det uden at tænke 5 4 3 2 1

19. Jeg tror på at det at lære kan få dig til at se verden på en anden måde end andre 5 4 3 2 1

20. Viden består af afgrænsede og konkrete kendsgerninger 5 4 3 2 1

21. Jeg tror på at viden vil sige at man samler alle de kendsgerninger der er vigtige 5 4 3 2 1

22. Jeg ved jeg har lært noget når jeg kan huske grundbegreberne 5 4 3 2 1

23. For at kunne huske noget, er det nødvendigt at du forstår meningen med det 5 4 3 2 1

24. Når jeg lærer noget, føler jeg at jeg udfører en moralsk pligt 5 4 3 2 1

25. At lære er at opsuge kendsgerninger 5 4 3 2 1

26. At lære er at opnå mere viden om noget 5 4 3 2 1

27. Man er nødt til at overføre noget til hukommelsen før man kan få det til at give mening 5 4 3 2 1

28. Jeg ved at jeg har lært noget når jeg kan fylde hullerne i en andens logik 5 4 3 2 1

29. Jeg tror på at læring får en til at se anderledes på tingene end man gjorde før 5 4 3 2 1

30. Al viden er bygget på kendsgerninger 5 4 3 2 1

3 = Jeg er ikke sikker, udsagnet passer ikke rigtig 2 = Jeg er temmelig uenig, men lidt er der om det 1 = Jeg er fuldstændig uenig

31. Jeg tror på at det at lære noget vil sige at opbygge viden af store mængder af informationer 5 4 3 2 1

32. Jeg ved jeg har lært noget når jeg kan huske detaljerede procedurer 5 4 3 2 1

33. Før man kan huske noget, skal man kunne forklare det for sig selv 5 4 3 2 1

34. Når jeg lærer noget, føler jeg at jeg opfylder en forpligtelse 5 4 3 2 1

35. At lære er at samle nye kendsgerninger til øjeblikkelig eller fremtidig brug 5 4 3 2 1

36. At lære er at føje ny viden til det du allerede ved 5 4 3 2 1

37. Før man kan forklare noget for sig selv, er man nødt til at lagre det i hukommelsen 5 4 3 2 1

38. Jeg ved jeg har lært noget når jeg kan lave en opgave uden vejledning 5 4 3 2 1

39. Jeg tror at det at lære er at opdage nye måder at tænke over tingene på 5 4 3 2 1

40. Viden vil sige at kunne det rigtige stof 5 4 3 2 1

41. Jeg tror at det at lære vil sige at indsamle afgrænset og konkret viden 5 4 3 2 1

42. Jeg ved at jeg har lært noget når jeg kan huske hvad jeg har lært efter at vi har været til eksamen eller har haft prøve i det 5 4 3 2 1

43. Jeg kan forklare noget for mig selv når jeg kan huske det 5 4 3 2 1

44. Når jeg lærer, føler jeg at jeg udfører en pligt 5 4 3 2 1

45. At lære vil sige at være i stand til at reproducere kendsgerninger når det kræves 5 4 3 2 1

46. At lære vil sige at indoptage ny information 5 4 3 2 1

47. Noget man har overført til sin hukommelse kan først forklares bagefter 5 4 3 2 1

48. Jeg ved jeg har lært noget når jeg kan formulere mine egne modargumenter 5 4 3 2 1

49. Det er min overbevisning at det at lære vil sige at man udvikler nye måder at tolke virkeligheden på 5 4 3 2 1

50. Alt det man skal lære er kendt stof 5 4 3 2 1

Tak for hjælpen

Spørgeskema Fysik april 2001

Navn: _____ Skole: FG ☐

1. Prøv at skrive hvad fysik er: RG ☐

HG ☐

_____

_____

_____

2. Forklar kort hvad der menes med en model i fysik:

_____

_____

_____

3. Nævn et eksempel på en model i fysik:

_____

_____

4. For at klare sig godt i fysik må man ...				
have gode evner	☐ Helt enig	☐ Enig	☐ Uenig	☐ Helt uenig
være heldig	☐ Helt enig	☐ Enig	☐ Uenig	☐ Helt uenig
have en særlig matematisk begavelse	☐ Helt enig	☐ Enig	☐ Uenig	☐ Helt uenig
arbejde hårdt med faget hjemme	☐ Helt enig	☐ Enig	☐ Uenig	☐ Helt uenig
lære meget fra lærebog eller noter udenad	☐ Helt enig	☐ Enig	☐ Uenig	☐ Helt uenig

5. Fysikken er en så god beskrivelse af virkeligheden (som den er) som det er muligt at lave. ☐ Enig ☐ Uenig ☐ Ved ikke

5a. Kommentarer: _____

_____

6. Hvordan har du oplevet fysikundervisningen i de to forløbne år?

_____

_____

_____

7. Opfatter du fysik som let eller svært i forhold til dine øvrige fag? Lettere ☐ Det samme ☐ Sværere ☐

7a.Kommentarer til spm 7:

_____

_____

8. Hvad har været sværest ved fysik?

_____

_____

9. Hvordan er dit engagement og din lyst til fysik på nuværende tidspunkt? Meget stor ☐ Stor ☐ Middel ☐ Lille ☐ Meget lille ☐

10. Har fysikundervisningen i de 2 år fremmet din interesse for naturvidenskab?

10a. Kommentarer: _____

☐ Ja, meget
☐ Ja, lidt
☐ Hverken eller
☐ Nej
☐ Tværtimod

11. Opfatter du det I har arbejdet med i fysik som alt i alt vedkommende?

Ja, meget ☐
Ja, lidt ☐
Hverken eller ☐
Nej ☐
Nej, slet ikke ☐

11a. Kommentarer til spm. 11:

12. Hvad synes du generelt om arbejdsformen i fysik?

Meget godt ☐
Godt ☐
Hverken eller ☐
Dårligt ☐
Meget Dårligt ☐

12a. Kommentarer til spm.12:

13. Har du forslag til at forbedre fysikundervisningen?

14. Hvad vil det efter din mening sige at lære noget?

15. Hvad er dine planer efter studentereksamen?

Udkast til

kompetencebeskrivelse af fysik

Eleverne skal være **i stand til** at

► Udøve fysikfaglig tankegang
- kunne udpege de væsentligste begreber i almindelige, komplekse problemstillinger med et fysikfagligt indhold, så de kan gøres til genstand for en fysikfaglig behandling.
- stille spørgsmål, som er karakteristiske for fysik, og have blik for hvilke typer svar som kan forventes
- kende, definere og håndtere fysiske begreber og størrelser og forstå deres forankring i centrale fænomener
- kende fysiske teoriers gyldighedsområde

► Ræsonnere fysikfagligt
- forstå og anvende bogstavsymboler og formelsprog og disses relationer til naturligt sprog
- anvende og regne med enheder
- følge og tage stilling til en fysik argumentation på skrift eller fremført af andre
- kunne følge de bærende ideer i en fysisk udledning og kunne udtænke og gennemføre udledningen af fysiske formler
- løse åbne såvel som lukkede problemer inden for fysikken

► Foretage fysikeksperimenter under udøvelse af god laboratoriepraksis
- planlægge, udføre og beskrive fysiske eksperimenter
- anvende almindeligt forekommende måleudstyr, herunder edb-udstyr til dataopsamling og dataanalyse
- kunne vurdere måleresultaters pålidelighed og undersøgelsesmetoders hensigtsmæssighed, herunder kommentere fejlkilder og usikkerhed

► Opbygge og analysere modeller
- formulere et fysikfagligt problem
- gøre problemet tilgængelig for en eksperimentel undersøgelse
- udvælge relevante variable
- behandle og tolke de opnåede resultater og på baggrund heraf opstille en matematisk model der beskriver problemet
- afprøve og validere modellen
- i udvalgte tilfælde kunne koble empiriske modeller til relevant teori

► Arbejde med forskellige repræsentationer af fysiske fænomener
- kende til forskellige repræsentationer af fysiske fænomener eller situationer og de forskellige repræsentationers styrker og svagheder
- kende de indbyrdes forbindelser mellem disse repræsentationer og kunne vælge blandt og skifte mellem forskellige repræsentationsformer, alt efter situation og formål

► Kommunikere i, med og om fysik
- søge og anvende information om fysiske størrelser og fænomener fra tabelværker, databaser mm
- kunne behandle og i simple tilfælde vurdere udsagn om teknisk og naturvidenskabeligt prægede problemstillinger
- udtrykke sig med forskellige grader af faglig præcision i et fysikfagligt sprog

- formidle såvel teoretiske som eksperimentelle emner med et fysisk indhold til forskellige kategorier af modtagere

Eleverne skal besidde **kendskab til og indsigt i**

► Fysikkens relationer til andre fag
- anvendelse af fysikkens resultater og metoder inden for andre fag- eller praksisområder (fx teknik, astrofysik, biofysik, geofysik)

► Fysikkens særlige karakter som disciplin og erkendelsesmåde
- fysikkens problemområder og problemstillinger
- elementer af fysikkens verdensbillede og indsigt i de forståelser og erkendelser der ligger heri

► Fysikkens historiske udvikling
- elementer af fysikkens historie og indblik i hvorledes fysikkens udvikling er forbundet med samfundsmæssig og teknisk udvikling

KLASSIFIKATION AF VIDEOOPTAGELSER OG TEKNISKE FORHOLD

Videooptagelserne kan klassificeres i tre grupper[1]:

Video 1: Hele klassen.
Kameraet står fast i et hjørne af klasselokalet og indfanger den naturlige undervisningssituation. Kameraet fungerer således som den traditionelle notetagende observatør, men mere "objektivt" og mere "holistisk" idet også den nonverbale kommunikation indfanges fx i form af nik, hovedrysten, åndeligt fravær mm. Der er en *åben fokusering* på klassen som kan vise klassekulturen og enkeltelevers roller i klassesammenhængen. Der er dog også mulighed for at zoome ind på udvalgte hændelser. Der er *ingen interaktion* mellem klassen og kameraføreren, der optræder som Harels "silent observer", dvs. vores tilstedeværelse har ikke influeret på klassens ageren. Det ligger også i klasseundervisningssituationen, at aktiviteterne er koncentreret om læreren og lærerens dialoger med enkeltelever, så der er så at sige ikke plads til at inddrage en observatør.
Formen kan dokumentere udviklingen i såvel klassens fungeren som i enkeltelevers forholden sig til klasseundervisningen og forholdet mellem eleverne - stemningen i klassen. Desuden indfanger den lærer-elevdialogerne.
Formens svaghed er at man ikke kommer tæt på individets læreproces, men man indfanger klasserummets betydning og klassedialogen. Rent teknisk er det et problem at den indbyggede mikrofon indfanger hele lydbilledet, hvor der er meget støj og det ofte er svært at skelne enkeltpersoners tale.

Video 2: Gruppen.
For at komme tættere på læreprocessen følges en enkelt gruppe. Kameraet står fast på gruppen men med mulighed for at zoome ind på spændende begivenheder og en ekstern mikrofon står på bordet så samtalerne i gruppen kommer klart med (dog stadig med nogen baggrundsstøj). Gruppen er udvalgt ud fra tidligere observationer, spørgeskemaerne og i samråd med læreren, men uden den selv er klar over sin særstatus. I enkelte tilfælde har vi efter nogen tid sat den i eksperimentelle situationer (fx problemløsning, begrebslæring) så læreprocesserne bedre kunne dokumenteres fx ved at bede gruppens medlemmer "tænke højt", tage runder o.l. Der sker således en *didaktisk fokusering* og kameraføreren interagerer af og til med gruppen. Kameraet er mere fortolkende og formen ligger tættest på Harels "note-taking" kamera.

[1]Baseret på oplæg af Tove Rasmussen på møde den 1/11 1996. Oplægget tog udgangspunkt i (Harel, 1991).

Videokameraet vil her have større indflydelse på det observerede end ved klasseoptagelserne. Der er større intimitet i gruppearbejdsorganiseringen og mere rum til kontakt med andre (både elever fra andre grupper og videoføreren). I de (sjældne) eksperimentelle tilfælde har forskeren direkte skabt observationssituationen og påvirker den fx ved at gribe ind og stille spørgsmål.
Man er ikke som ved klasserumsundervisningen "en flue på væggen".

Video 3: Individet.
Dette er en fuldt og åbent iscenesat situation med en *personlig fokusering*, og der vil således være fuld interaktion mellem kameraefører og det enkelte individ. Formen giver mulighed for at inddrage individet livsverden og ligger tæt på Harels "holistisk dokumentation".
Formen er primært brugt ved optagelse af elevinterview foretaget i et særligt lokale for at udelukke fremmed støj og påvirkning. Nogle af disse interview er kommet ind på elevernes baggrund og livssituation (i det omfang det ansås som havende relevans for deres skoleliv), hvilket har kunnet gøre tolkningen mere solidt funderet (øget dens validitet).
Formen kan dog også anvendes til dokumentation af enkeltindividers lærehandlinger ved at arrangere og optage sådanne. Dette har jeg dog ikke gjort. Jeg har eksempler på fokusering på enkeltelever i pararbejde, men eleverne har her ikke været stillet i situationer, hvor de har handlet anderledes end de ville have gjort i gruppearbejde.
Videokameraet vil have direkte indflydelse på det observerede og skal inddrages i en tolkning.

TEKNIKKEN

Rent teknisk er anvendt et Panasonic NV-S90 super VHS-C kamera, der optog i super VHS format på compact cassetter. Jeg gik ret hurtigt over til at anvende ekstern mikrofon, en Shure Prologue, model 16L, som har en cirkulær karakteristik med kort horisont, hvilket var ideelt til gruppeoptagelser i klasserum. At optage i super VHS gav en høj teknisk kvalitet, hvilket var en fordel ved senere redigering, men prisen var, at det ikke var muligt at se optagelserne fra kassetten, men kun via kameraet. Jeg måtte så tage VHS-kopier af super VHS-C båndene, og foretage sammenklipninger vha. kamera og videobåndoptager.

Litteratur:

Harel, I. (1991). The Silent Observer and Holistic Note Taker: Using Video for Documenting a Research Project. In I. Harel & S. Papert (Eds.), *Constructionism*. New Jersey: Ablex Publishing Corporation.

Mehan, Hugh (1993): Why I Like to Look: On the use of Videotape as an Instrument in Educational Research. (i Michael Schratz (ed.):*Qualitative Voices in Educational Research*. The Falmer Press)

Rasmussen, Tove Arendt (1997): Video mellem samtale og observation (i Helle Alrø&Lone Dirckinck-Holmfeld (red.): *Videoobservation. Interpersonel Kommunikation i Organisationer* nr.3, Aalborg Universitetsforlag)

Schratz, Michael (1993): From Cooperative Action to Collective Self-reflection: A Sociodynamic Approach to Educational Research (i Michael Schratz (ed.):*Qualitative Voices in Educational Research*. The Falmer Press)

Liste over tidligere udsendte tekster kan ses på IMFUFA's hjemmeside: http://mmf.ruc.dk eller rekvireres på sekretariatet, tlf. 46 74 22 63 eller e-mail: imfufa@ruc.dk.

332/97 ANOMAL SWELLING AF LIPIDE DOBBELTLAG
Specialerappoprt af: Stine Korremann
Vejleder: Dorthe Posselt

333/97 Biodiversity Matters
an extension of methods found in the literature on monetisation of biodiversity
by: Bernd Kuemmel

334/97 LIFE-CYCLE ANALYSIS OF THE TOTAL DANISH ENERGY SYSTEM
by: Bernd Kuemmel and Bent Sørensen

335/97 Dynamics of Amorphous Solids and Viscous Liquids
by: Jeppe C. Dyre

336/97 Problem-orientated Group Project Work at Roskilde University
by: Kathrine Legge

337/97 Verdensbankens globale befolkningsprognose
- et projekt om matematisk modellering
af: Jørn Chr. Bendtsen, Kurt Jensen, Per Pauli Petersen

338/97 Kvantisering af nanolederes elektriske ledningsevne
Første modul fysikprojekt
af: Søren Dam, Esben Danielsen, Martin Niss,
Esben Friis Pedersen, Frederik Resen Steenstrup
Vejleder: Tage Christensen

339/97 Defining Discipline
by: Wolfgang Coy

340/97 Prime ends revisited - a geometric point of view -
by: Carsten Lunde Petersen

341/97 Two chapters on the teaching, learning and assessment of geometry
by: Mogens Niss

342/97 A global clean fossil scenario DISCUSSION PAPER prepared by Bernd Kuemmel for the project LONG-TERM SCENARIOS FOR GLOBAL ENERGY DEMAND AND SUPPLY

343/97 IMPORT/EKSPORT-POLITIK SOM REDSKAB TIL OPTIMERET UDNYTTELSE AF EL PRODUCERET PÅ VE-ANLÆG
af: Peter Meibom, Torben Svendsen, Bent Sørensen

344/97 Puzzles and Siegel disks
by: Carsten Lunde-Petersen

345/98 Modeling the Arterial System with Reference to an Anesthesia Simulator
Ph.D. Thesis
by: Mette Sofie Olufsen

346/98 Klyngedannelse i en hulkatode-forstøvningsproces
af: Sebastian Horst
Vejledere: Jørn Borggren, NBI, Niels Boye Olsen

347/98 Verificering af Matematiske Modeller
- en analyse af Den Danske Eulerske Model
af: Jonas Blomqvist, Tom Pedersen, Karen Timmermann, Lisbet Øhlenschlæger
Vejleder: Bernhelm Booss-Bavnbek

348/98 Case study of the environmental permission procedure and the environmental impact assessment for power plants in Denmark
by: Stefan Krüger Nielsen
project leader: Bent Sørensen

349/98 Tre rapporter fra FAGMAT - et projekt om tal og faglig matematik i arbejdsmarkedsuddannelserne
af: Lena Lindenskov og Tine Wedege

350/98 OPGAVESAMLING - Bredde-Kursus i Fysik 1976 - 1998
Erstatter teksterne 3/78, 261/93 og 322/96

351/98 Aspects of the Nature and State of Research in Mathematics Education
by: Mogens Niss

352/98 The Herman-Swiatec Theorem with applications
by: Carsten Lunde Petersen

353/98 Problemløsning og modellering i en almendannende matematikundervisning
Specialerapport af: Per Gregersen og Tomas Højgaard Jensen

354/98 A Global Renewable Energy Scenario
by: Bent Sørensen and Peter Meibom

355/98 Convergence of rational rays in parameter spaces
by: Carsten Lunde Petersen and Gustav Ryd

356/98 Terrænmodellering
Analyse af en matematisk model til konstruktion af digitale terrænmodeller
Modelprojekt af: Thomas Frommelt, Hans Ravnkjær Larsen og Arnold Skimminge
Vejleder: Johnny Ottesen

357/98 Cayleys Problem
En historisk analyse af arbejdet med Cayleys problem fra 1870 til 1918
Et matematisk videnskabsfagsprojekt af: Rikke Degn, Bo Jakobsen, Bjarke K.W. Hansen, Jesper S. Hansen, Jesper Udesen, Peter C. Wulff
Vejleder: Jesper Larsen

358/98 Modeling of Feedback Mechanisms which Control the Heart Function in a View to an Implementation in Cardiovascular Models
Ph.D. Thesis by: Michael Danielsen

359/99 Long-Term Scenarios for Global Energy Demand and Supply
Four Global Greenhouse Mitigation Scenarios
by: Bent Sørensen (with contribution from Bernd Kuemmel and Peter Meibom)

360/99 SYMMETRI I FYSIK
En Meta-projektrapport af: Martin Niss, Bo Jakobsen & Tune Bjarke Bonné
Vejleder: Peder Voetmann Christiansen

361/99 Symplectic Functional Analysis and Spectral Invariants
by: Bernhelm Booß-Bavnbek, Kenro Furutani

362/99 Er matematik en naturvidenskab? - en udspænding af diskussionen
En videnskabsfagsprojekt-rapport af: Martin Niss
Vejleder: Mogens Nørgaard Olesen

363/99 EMERGENCE AND DOWNWARD CAUSATION
by: Donald T. Campell, Mark H. Bickhard, and Peder V. Christiansen

364/99 Illustrationens kraft - Visuel formidling af fysik
Integreret speciale i fysik og kommunikation
af Sebastian Horst
Vejledere: Karin Beyer, Søren Kjørup

365/99 To know - or not to know - mathematics, that is a question of context
by: Tine Wedege

366/99 LATEX FOR FORFATTERE - En introduktion til LATEX
og IMFUFA-LATEX
af: Jørgen Larsen

367/99 Boundary Reduction of Spectral Invariants and Unique Continuation Property
by: Bernhelm Booss-Bavnbek

368/99 Kvartvejsraport for projektet SCENARIER FOR SAMLET UDNYTTELSE AF BRINT SOM ENERGIBÆRER I DANMARKS FREMTIDIGE ENERGISYSTEM
Projektleder: Bent Sørensen

369/99 Dynamics of Complex Quadratic Correspondences
by: Jacob S. Jalving
Supervisor: Carsten Lunde Petersen

370/99 OPGAVESAMLING - Bredde-Kursus i Fysik 1976 - 1999
Eksamensopgaver fra perioden 1976 - 1999. Denne tekst erstatter tekst nr. 350/98

371/99 Bevisets stilling - beviser og bevisførelse i en gymnasial matematik undervisning
Et matematikspeciale af: Maria Hermannsson
Vejleder: Mogens Niss

372/99 En kontekstualiseret matematikhistorisk analyse af ikke-lineær programmering: Udviklingshistorie og multipel opdagelse
Ph.d.-afhandling af Tinne Hoff Kjeldsen

373/99 Criss-Cross Reduction of the Maslov Index and a Proof of the Yoshida-Nicolaescu Theorem
by: Bernhelm Booss-Bavnbek, Kenro Furutani and Nobukazu Otsuki

374/99 Det hydrauliske spring - Et eksperimentelt studie af polygoner og hastighedsprofiler
Specialeafhandling af: Anders Marcussen
Vejledere: Tomas Bohr, Clive Ellegaard, Bent C. Jørgensen

375/99 Begrundelser for Matematikundervisningen i den lærde skole hhv. gymnasiet 1884-1914
Historiespeciale af Henrik Andreassen, cand.mag. i Historie og Matematik

376/99 Universality of AC conduction in disordered solids
by: Jeppe C. Dyre, Thomas B. Schrøder

377/99 The Kuhn-Tucker Theorem in Nonlinear Programming: A Multiple Discovery?
by: Tinne Hoff Kjeldsen

378/00 Solar energy preprints:
1. Renewable energy sources and termal energy storage
2. Integration of photovoltaic cells into the global energy system
by: Bent Sørensen

379/00 EULERS DIFFERENTIALREGNING
Eulers indførelse af differentialregningen stillet over for den moderne
En tredjesemesters projektrapport på den naturvidenskabelige basisuddannelse
af: Uffe Thomas Volmer Jankvist, Rie Rose Møller Pedersen, Maja Bagge Pedersen
Vejleder: Jørgen Larsen

380/00 MATEMATISK MODELLERING AF HJERTEFUNKTIONEN
Isovolumetrisk ventrikulær kontraktion og udpumpning til det cardiovaskulære system
af: Gitte Andersen (3.moduls-rapport), Jakob Hilmer og Stine Weisbjerg (speciale)
Vejleder: Johnny Ottesen

381/00 Matematikviden og teknologiske kompetencer hos kortuddannede voksne
- Rekognosceringer og konstruktioner i grænselandet mellem matematikkens didaktik og forskning i voksenuddannelse
Ph. d.-afhandling af Tine Wedege

382/00 Den selvundvigende vandring
Et matematisk professionsprojekt
af: Martin Niss, Arnold Skimminge
Vejledere: Viggo Andreasen, John Villumsen

383/00 Beviser i matematik
af: Anne K.S.Jensen, Gitte M. Jensen, Jesper Thrane, Karen L.A.W. Wille, Peter Wulff
Vejleder: Mogens Niss

384/00 Hopping in Disordered Media: A Model Glass Former and A Hopping Model
Ph.D. thesis by: Thomas B. Schrøder
Supervisor: Jeppe C. Dyre

385/00 The Geometry of Cauchy Data Spaces
This report is dedicated to the memory of Jean Leray (1906-1998)
by: B. Booss-Bavnbek, K. Furutani, K. P. Wojciechowski

386/00 Neutrale mandatfordelingsmetoder – en illusion?
af: Hans Henrik Brok-Kristensen, Knud Dyrberg, Tove Oxager, Jens Sveistrup
Vejleder: Bernhelm Booss-Bavnbek

387/00 A History of the Minimax Theorem: von Neumann's Conception of the Minimax Theorem - - a Journey Through Different Mathematical Contexts
by: Tinne Hoff Kjeldsen

388/00 Behandling af impuls ved kilder og dræn i C. S. Peskins 2D-hjertemodel
et 2. moduls matematik modelprojekt
af: Bo Jakobsen, Kristine Niss
Vejleder: Jesper Larsen

389/00 University mathematics based on problemoriented student projects: 25 years of experience with the Roskilde model
By: Mogens Niss
Do not ask what mathematics can do for modelling. Ask what modelling can do for mathematics!
by: Johnny Ottesen

390/01 SCENARIER FOR SAMLET UDNYTTELSE AF BRINT SOM ENERGIBÆRER I DANMARKS FREMTIDIGE ENERGISYSTEM Slutrapport, april 2001
Projektleder: Bent Sørensen
Projektdeltagere: DONG: Aksel Hauge Petersen, Celia Juhl, Elkraft System[#]: Thomas Engberg Pedersen[# #], Hans Ravn, Charlotte Søndergren, Energi 2[#]: Peter Simonsen, RISØ Systemanalyseafd.: Kaj Jørgensen[*], Lars Henrik Nielsen, Helge V. Larsen, Poul Erik Morthorst, Lotte Schleisner, RUC: Finn Sørensen[**], Bent Sørensen
[#]indtil 1/1-2000 Elkraft, [# #] fra 1/5-2000 Cowi Consult
[*] Indtil 15/6-1999 DTU Bygninger & Energi, [**] fra 1/1-2001 Polypeptide Labs.
Projekt 1763/99-0001 under Energistyrelsens Brintprogram

391/01 Matematisk modelleringskompetence – et undervisningsforløb i gymnasiet
3. semesters Nat.Bas. projekt af: Jess Tolstrup Boye, Morten Bjørn-Mortensen, Sofie Inari Castella, Jan Lauridsen, Maria Gøtzsche, Ditte Mandøe Andreasen
Vejleder: Johnny Ottesen

392/01 "PHYSICS REVEALED" THE METHODS AND SUBJECT MATTER OF PHYSICS
an introduction to pedestrians (but not excluding cyclists)
PART III: PHYSICS IN PHILOSOPHICAL CONTEXT
by: Bent Sørensen.

393/01 Hilberts matematikfilosofi
Specialerapport af: Jesper Hasmark Andersen
Vejleder: Stig Andur Pedersen

394/01 "PHYSICS REVEALED" THE METHODS AND SUBJECT MATTER OF PHYSICS
an introduction to pedestrians (but not excluding cyclists)
PART II: PHYSICS PROPER
by: Bent Sørensen.

395/01 Menneskers forhold til matematik. Det har sine årsager!
Specialeafhandling af: Anita Stark, Agnete K. Ravnborg
Vejleder: Tine Wedege

396/01 2 bilag til tekst nr. 395: Menneskers forhold til matematik. Det har sine årsager!
Specialeafhandling af: Anita Stark, Agnete K. Ravnborg
Vejleder: Tine Wedege

397/01 En undersøgelse af solvents og kædelængdes betydning for anomal swelling i phospholipiddobbeltlag
2. modul fysikrapport af: Kristine Niss, Arnold Skimminge, Esben Thormann, Stine Timmermann
Vejleder: Dorthe Posselt

398/01 Kursusmateriale til "Lineære strukturer fra algebra og analyse" (E1)
Af: Mogens Brun Heefelt

399/01 Undergraduate Learning Difficulties and Mathematical Reasoning
Ph.D Thesis by: Johan Lithner
Supervisor: Mogens Niss

400/01 On Holomorphic Critical quasi circle maps
By: Carsten Lunde Petersen

401/01 Finite Type Arithmetic
Computable Existence Analysed by Modified Realisability and Functional Interpretation
Master's Thesis by: Klaus Frovin Jørgensen
Supervisors: Ulrich Kohlenbach, Stig Andur Pedersen and Anders Madsen

402/01 Matematisk modellering ved den naturvidenskabelige basisuddannelse
- udvikling af et kursus
Af: Morten Blomhøj, Tomas Højgaard Jensen, Tinne Hoff Kjeldsen og Johnny Ottesen

403/01 Generaliseringer i integralteorien
- En undersøgelse af Lebesgue-integralet, Radon-integralet og Perron-integralet
Et 2. modul matematikprojekt udarbejdet af: Stine Timmermann og Eva Uhre
Vejledere: Bernhelm Booss-Bavnbek og Tinne Hoff Kjeldsen

404/01 "Mere spredt fægtning"
Af: Jens Højgaard Jensen

405/01 Real life routing
- en strategi for et virkeligt vrp
Et matematisk modelprojekt af: David Heiberg Backchi, Rasmus Brauner Godiksen, Uffe Thomas Volmer Jankvist, Jogvan Martin Poulsen og Neslihan Saglanmak
Vejleder: Jørgen Larsen

406/01 Opgavesamling til dybdekursus i fysik
Eksamensopgaver stillet i perioden juni 1976 til juni 2001
Denne tekst erstatter tekst nr. 25/1980 + efterfølgende tillæg

407/01 Unbounded Fredholm Operators and Spectral Flow
By: Bernhelm Booss-Bavnbek, Matthias Lesch, John Phillips

408/02 Weak UCP and Perturbed Monopole Equations
By: Bernhelm Booss-Bavnbek, Matilde Marcolli, Bai-Ling Wang

409/02 Algebraisk ligningsløsning fra Cardano til Cauchy
- et studie af kombinationers, permutationers samt invariansbegrebets betydning for den algebraiske ligningsløsning *før* Gauss, Abel og Galois
Videnskabsfagsprojekt af: David Heiberg Backchi, Uffe thomas Volmer Jankvist, Neslihan Saglanmak
Vejleder: Bernhelm Booss-Bavnbek

410/02 2 projekter om modellering af influenzaepidemier
Influenzaepidemier- et matematisk modelleringsprojekt
Af: Claus Jørgensen, Christina Lohfert, Martin Mikkelsen, Anne-Louise H. Nielsen
Vejleder: Morten Blomhøj
Influenza A: Den tilbagevendende plage – et modelleringsprojekt
Af: Beth Paludan Carlsen, Christian Dahmcke, Lena Petersen, Michael Wagner
Vejleder: Morten Blomhøj

411/02 Polygonformede hydrauliske spring
Et modelleringsprojekt af: Kåre Stokvad Hansen, Ditte Jørgensen, Johan Rønby Pedersen, Bjørn Toldbod
Vejleder: Jesper Larsen

412/02 Hopfbifurkation og topologi i væskestrømning – en generel analyse samt en behandling af strømningen bag en cylinder
Et matematisk modul III professionsprojekt af. Kristine Niss, Bo Jakobsen
Vejledere: Morten Brøns, Johnny Ottesen

413/03 "Elevernes stemmer" Fysikfaget, undervisningen og lærerroller, som eleverne opfatter det i det almene gymnasium i Danmark
Af: Carl Angell, Albert Chr. Paulsen

414/03 Feltliniediagrammer En vej til forståelse?
Et 1. modul fysikprojekt af: Ditte Gundermann, Kåre Stokvad Hansen, Ulf Rørbæk Pedersen
Vejleder: Tage Emil Christensen

415/03 FYSIKFAGET I FORANDRING Læring og undervisning i fysik i gymnasiet med fokus på dialogiske processer, autenticitet og kompetenceudvikling
Ph.d.-afhandling i fysikdidaktik af: Jens Dolin

416/03 Fourier og Funktionsbegrebet
- Overgangen fra Eulers til Dirichlets funktionsbegreb
Projektrapport af: Rasmus Brauner Godiksen, Claus Jørgensen, Tony Moyer Hanberg, Bjørn Toldbod
Vejleder: Erik von Essen

417/03 The Semiotic Flora of Elementary particles
By: Peder Voetmann Christiansen

418/03 Militærmatematik set med kompetencebriller
3. modul projektrapport af: Gitte Jensen og specialerapport af: Jesper Thrane
Vejleder: Tine Wedege

419/03 Energy Bond Graphs – a semiotic formalization of modern physics
By: Peder Voetmann Christiansen

420/03 Stemning og Musikalsk Konsonans
Et matematisk modelleringsprojekt af: Claus Jørgensen
Vejleder: Johnny Ottesen

421/03 OPGAVESAMLING
Bredde-kursus i fysik 1976 – 2003.
Denne tekst erstatter tekst nr. 370/99