

**TEKST NR 272**

**1994**

**Tradition  
og  
fornyelse**

**Det praktiske elevarbejde i gymnasiets  
fysikundervisning, 1907-1988**

**af Kristian Hoppe og Jeppe Guldager  
Vejledning: Karin Beyer og Nils Hybel**

**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, 4000 Roskilde

Tradition og fornyelse

Det praktiske elevarbejde i gymnasiets fysikundervisning, 1907-1988

af: Kristian Hoppe og Jeppe Guldager

Vejledere: Karin Beyer og Nils Hybel

IMFUFA tekst nr. 272/94

264 sider

ISSN 0106-6242

---

**Abstract:**

Rapporten omhandler gymnasiets fysikundervisning specielt det praktiske elevarbejde og dækker perioden 1907-1988.

Der tages udgangspunkt i de tre reformer, der blev ført ud livet i 1907, 1963 og 1988. De tre reformer havde hver på deres måde betydning for ændringer af fysikundervisningen og herunder det praktiske arbejde. I rapporten behandles baggrunden for og resultatet af de tre reformer og der fokuseres således på de fornyelser, der er sket i perioden, men ved at se overordnet på perioden fås tillige et indtryk af den tradition, det praktiske elevarbejde bygger på.

# Tradition og fornyelse

Det praktiske elevarbejde i gymnasiets  
fysikundervisning, 1907-1988.

af  
Jeppe Guldager  
&  
Kristian Hoppe.

**Vejledning:**  
Karin Beyer  
&  
Nils Hybel.

## **Forord**

Nærværende rapport er et resultat af et kombineret fysik- og historieprojekt på Roskilde Universitetscenter (RUC). Den er skrevet som speciale på RUC's fysikuddannelse, samt modul 3 projekt på historieuddannelsen. På fysik skal den opfylde kravene til de såkaldte toningsmodulet, og det realiseres i formidlingsvarianten (jf. studieordningen). På historie skal rapporten opfylde kravene til materialemodulet, hvor den dækker "et selvvalgt faghistorisk område" samt "en selvvalgt periode" (jf. studieordningen).

Kapitlerne 1, 2, 3, 9, 14, 19 og 20 er skrevet af os begge. Kapitlerne 4, 6, 8, 11, 13, 16 og 18 er skrevet af Jeppe Guldager, mens kapitlerne 5, 7, 10, 12, 15 og 17 er skrevet af Kristian Hoppe. Vi har undervejs gennemlæst og kommenteret hinandens bidrag, ligesom de tilsidst er tilpasset den overordnede struktur i rapporten.

På dette sted vil vi gerne benytte lejligheden til at takke begge vores vejledere, Niels og Karin for mange kvalificerede forslag undervejs. Endvidere tak til Albert Paulsen og Morten Blomhøj for gode råd og diskussioner.

Kristian Hoppe & Jeppe Guldager

København, juni 1994

# Indholdsfortegnelse

<b>Kapitel 1: Indledning</b> .....	1
Rapportens opbygning - en læsevejledning .....	3
<b>Kapitel 2: Konstruktivisme</b> .....	7
2.1 Konstruktivismens syn på erkendelse .....	8
2.2 Dansk konstruktivisme .....	11
2.3 Opsamling .....	13
2.4 Litteratur .....	14
<b>Kapitel 3: Det praktiske arbejde</b> .....	15
3.1 Hvorfor praktisk arbejde? .....	16
3.2 Konstruktivisme og praktisk arbejde .....	21
3.4 Litteratur .....	25
<b>Del I, 1907-reformen</b> .....	27
<b>Kapitel 4: Den lærde skole og dannelsesdiskussioner</b> .....	31
4.1 Skolesystemet .....	31
4.2 Undervisningen i latinskolerne .....	32
4.3 Dannelsesdiskussioner .....	34
4.5 Undervisning i naturlære før reformen i 1903 .....	37
4.6 Opsamling .....	38
4.7 Kilder og litteratur .....	39
<b>Kapitel 5: Den almene pædagogiske debat i Danmark</b> .....	41
5.1 Udenlandske påvirkninger .....	41
5.2 På vej væk fra de klassiske fag .....	44
5.3 Kritik af undervisningen .....	45
5.4 Nye tendenser i dansk pædagogik .....	46
5.5 Opsamling .....	53
5.6 Kilder og litteratur .....	54
<b>Kapitel 6: Diskussioner inden for fysikfaget</b> .....	57
6.1 Forskellige begrundelser for de naturvidenskabelige fag .....	57
6.2 Inspiration fra udlandet til at indføre praktisk arbejde .....	59
6.3 Praktisk arbejde; hvorfor og hvordan? .....	63
6.4 Opsamling .....	69
6.5 Kilder og litteratur .....	71
<b>Kapitel 7: Bestemmelser for gymnasieundervisningen</b> .....	73
7.1 Loven af 24. april 1903 .....	75
7.2. Hvad skete der på fysikområdet? .....	78
7.3 Opsamling .....	82
7.4 Kilder og litteratur .....	83
<b>Kapitel 8: Karakteristik af lærebøger og øvelsesvejledninger</b> .....	85
8.1 Lærebøger .....	85
8.2 Øvelsesvejledninger .....	88
8.3 Kilder og litteratur .....	92
<b>Kapitel 9: Sammenfatning på del I</b> .....	93
<b>Del II, 1963-reformen</b> .....	97
<b>Kapitel 10: Mellem to reformer</b> .....	99
10.1 Generelt om skolesystemet .....	99
10.2 Lovgivning om fysik i gymnasiet .....	100
10.3 Kritik af fysikundervisningen efter 1907 .....	102
10.4 Opsamling .....	108
10.5 Kilder og litteratur .....	108
<b>Kapitel 11: Curriculumtænkning og videnskabscentrering</b> .....	111
11.1 Curriculumtænkningen og videnskabscentreringen .....	111
11.2 Amerikanske og engelske undervisningsprogrammer .....	114

11.4 Opsamling .....	117
11.5 Kilder og litteratur .....	118
<b>Kapitel 12: Bestemmelser for gymnasieundervisningen .....</b>	<b>119</b>
12.1 Behov for danske teknikere? .....	120
12.2. Dansk betænkningstid .....	121
12.3 Ændring af strukturen i gymnasiet i 1969 .....	128
12.4 Bekendtgørelse 6/9 1961: .....	129
12.5 Opsamling .....	130
12.6 Kilder og litteratur .....	131
<b>Kapitel 13: Karakteristik af lærebøger og øvelsesvejledninger .....</b>	<b>133</b>
13.1 Lærebøger .....	133
13.2 Øvelsesvejledninger .....	136
13.3 Kilder og litteratur .....	138
<b>Kapitel 14: Sammenfatning på del II .....</b>	<b>139</b>
<b>Del III, 1988-reformen .....</b>	<b>143</b>
<b>Kapitel 15: Udenlands kritik af videnskabscentreringen .....</b>	<b>147</b>
15.1 Piagets stadieteori .....	147
15.2 Kritik af den videnskabscentrerede undervisning .....	149
15.3 Opsamling .....	151
15.4 Kilder og litteratur .....	151
<b>Kapitel 16: Mellem to reformer .....</b>	<b>153</b>
16.1 GF-projektet .....	154
16.2 Piger & fysik-projektet .....	159
16.3 Fysiklærerforeningens forslag og IMFUFA-konferencen .....	161
16.4 Opsamling .....	166
16.5 Kilder og litteratur .....	167
<b>Kapitel 17: Bestemmelser for gymnasieundervisningen .....</b>	<b>169</b>
17.1 Betænkninger - igen .....	169
17.2 Lawætz-udvalgets rapport .....	172
17.3 Ændring af gymnasiestrukturen .....	176
17.4 Bekendtgørelsen fra 1988 .....	177
17.5 Opsamling .....	180
17.6 Kilder og litteratur: .....	181
<b>Kapitel 18: Karakteristik af lærebøger og øvelsesvejledninger .....</b>	<b>183</b>
18.1 Lærebøger .....	183
18.2 Øvelsesvejledninger .....	185
18.3 Praktisk elevarbejde på en ny måde .....	186
18.4 Kilder og litteratur .....	190
<b>Kapitel 19: Sammenfatning på del III .....</b>	<b>191</b>
<b>Kapitel 20: Konklusion, diskussion og perspektivering .....</b>	<b>195</b>
<b>Kilder og litteratur .....</b>	<b>205</b>
<b>Appendiks A: Lærebogsmateriale fra periode 1 .....</b>	<b>213</b>
<b>Appendiks B: Øvelsesvejledninger fra periode 1 .....</b>	<b>221</b>
<b>Appendiks C: Lærebogsmateriale fra periode 2 .....</b>	<b>229</b>
<b>Appendiks D: Øvelsesvejledninger fra periode 2 .....</b>	<b>232</b>
<b>Appendiks E: Lærebogsmateriale fra periode 3 .....</b>	<b>241</b>
<b>Appendiks F: Øvelsesvejledninger fra periode 3 .....</b>	<b>246</b>
<b>Appendiks G: Harvard-listen .....</b>	<b>254</b>
<b>Appendiks H: Sundorph's liste .....</b>	<b>256</b>
<b>Appendiks I: Bestemmelser for gymnasieundervisningen .....</b>	<b>258</b>

# Kapitel

# 1

# Indledning

Denne rapport drejer sig om gymnasiets fysikundervisning og om betydningen af det praktiske elevarbejde<sup>1</sup> i denne undervisning. Der er tale om en historisk belysning, der omfatter perioden fra århundredskiftet frem til i dag.

Fysikkens didaktik<sup>2</sup> har traditionelt ikke været genstand for den store opmærksomhed. Dette gælder også specielt fysikdidaktikkens historie. Det er efter vores opfattelse et forsømt område, hvilket er én af grundene til, at vi har valgt at arbejde med dette emne. Vores baggrund for at beskæftige os med fysikundervisningens historie er vores fagkombination af fysik og historie. Denne rapport er resultatet af henholdsvis vores fysikspeciale og historieprojekt.

Det interessante ved at arbejde med dette område er, at den i gymnasierne praktiserede fysikundervisning i dag i høj grad er et produkt af en lang tradition. Der er således blevet undervist i fysik i den lærde skole siden middelalderen, men det var dog først i den sidste halvdel af det 19. århundrede - og især fra begyndelsen af dette århundrede - at fysikundervisningen rigtig etablerede sig i den lærde skole. I midten af 1800-tallet fik fysikundervisningen her en fast form, og fra 1907 fik faget et omfang, som minder om det omfang, det har i dag. Det praktiske elevarbejde fik ved samme lejlighed en vigtig plads i fysikundervisningen i gymnasiet og på de lavere skoletrin.

Fysikundervisningen hviler på en stærk tradition. Traditionen videreføres på forskellige planer, dels i bestemmelserne for fysikundervisningen, altså mht. lovgivningen, dels hos den enkelte underviser, idet læreren uvilkårlig vil være påvirket af, hvordan han eller hun selv er blevet undervist. Traditionen i fysikundervisningens indhold og tilrettelæggelse videreføres således med en vis inert. Dens betydning ses tydeligere over et længere tidsperspektiv. Ved at se fysikundervisningen i et historisk perspektiv får man altså en bedre forståelse af fysikundervisningen af i dag.

Udefra stilles der krav til fysikundervisningen. Der fastsættes bestemmelser for, hvordan den i store træk skal forløbe, og hvad den skal indeholde. Her spiller traditionen igen en rolle, idet nye bestemmelserne for undervisningen aldrig har været fuldstændige brud med den tidligere undervisning, men blot større eller mindre ændringer heraf.

Den stærke tradition kommer altså til udtryk både på et overordnet plan (gennem anordninger, bekendtgørelser o. lign.) og på et personligt plan (gennem den enkelte lærers undervisning).

---

<sup>1</sup> Dette begreb bruger vi i stedet for det, der normalt bliver kaldt eksperimentelt arbejde. Dette bliver beskrevet nærmere i kapitel 3.

<sup>2</sup> Man har Norden de senere år talt om naturfagenes didaktik. Her dækker didaktik såvel fagets indhold som tilrettelæggelsen af undervisningen. Det er i denne betydning, vi bruger ordet.

## Kapitel 1.

---

Selv om fysikundervisningen (og det praktiske elevarbejde) hviler på en lang og stærk tradition, har den dog undergået en del forandringer i dette århundrede. Karakteristisk for denne udvikling har været nogle brud, hvor imellem der i længere perioder ikke skete væsentlige ting. Vi mener, at det er muligt at beskrive denne udvikling for fysikundervisningen i dette århundrede med tre reformperioder, hvor fysikundervisningen gennemgik gennemgribende forandringer. De tre reformer, blev ført ud i livet i 1907, 1963 og 1988. I forbindelse med disse ændringer skete der også væsentlige strukturændringer af gymnasiet.

Vores arbejde har et dobbelt formål. For det første er det en historisk belysning af den historiske udvikling i gymnasiets fysikundervisning fra slutningen af det nittende århundrede til i dag, hvor vi forsøger at sætte denne undervisning i en større sammenhæng. For det andet er det en afklaring af det praktiske elevarbejdes rolle i fysikundervisningen.

Efter vores mening er det - om ikke umuligt - så i hvert fald svært at arbejde med det praktiske elevarbejde isoleret fra den øvrige fysikundervisning. Disse to dele er - i hvert fald i Danmark - tæt forbundne. For at forstå det praktiske elevarbejdes betydning, må man også se på den teoretiske undervisning og vide hvilke overvejelser eller pædagogiske principper, som ligger bag denne. I en periode, hvor fysikundervisningen eksempelvis søges gennemført efter induktive principper, vil det sandsynligvis også påvirke det praktiske elevarbejde.

Som nævnt vil vi beskrive udviklingen gennem tre skift - eller tre reformer. For hver reform vil vi tage udgangspunkt i den aktuelle bekendtgørelse eller anordning for derefter at se på de intentioner, der lå bag ændringen af fysikundervisningen og/eller det praktiske elevarbejde. Her vil vi især koncentrere os om de pædagogiske idéer, som disse intentioner udspringer af, samt den kritik der lægger op til ændringerne. For at forstå, hvorfor ændringerne skete, er det dog ikke nok kun at se på de faginterne forhold, det er også nødvendigt at se bl.a. på nogle samfundsmæssige forhold, der så at sige optræder som de udløsende faktorer. Det er efter vores mening således ikke nok, at der er påvist eventuelle problemer med fysikundervisningen, og at der fremkommer et andet pædagogisk syn på læring. Det vil i mange tilfælde være nogle faktorer i samfundet, som er bestemmende for, om der sker ændringer, eller hvornår der sker ændringer. Når samfundet udvikler sig, må uddannelsessystemet følge med. Vi har dog fravalgt det politiske spil i forbindelse med reformerne, fordi vi, hvis vi skulle arbejde med dette, ville bevæge os bort fra det, der interesserer os mest, nemlig at arbejde med selve fysikfaget.

For hver reform vil vi se på, hvilken undervisning der lægges op til. Herunder vil vi især koncentrere os om målene og begrundelserne for det praktiske elevarbejde, som kom frem i forbindelse med debatten forud for reformen, og som de kom til udtryk i bekendtgørelser m.v. Disse mål og intentioner vil vi sammenholde med det realiserede praktiske elevarbejde, som det kom til udtryk i lærebøger og i vejledninger til elevøvelser. Disse giver kun et delvist billede af den undervisning, som rent faktisk foregik, men det ville på den anden side være et stort arbejde i sig selv, hvis man skulle inddrage andre sider af det udførte praktiske elevarbejde, f.eks. i form af en analyse af elevrapporter, skolesamlinger, erindringer m.v. Vi mener, at lærebøgerne og vejledninger giver et rimeligt fingerpeg om det praktiske elevarbejde. Ud fra dette arbejde (intentionerne med det praktiske elevarbejde og den realiserede udformning) vil vi karakterisere det praktiske elevarbejdes rolle i den pågældende periode.



Vi har kort og godt valgt at se på hver periode med udgangspunkt i følgende spørgsmål:

***Hvad er baggrunden for reformen?***

***- pædagogisk/faginternt***

***- samfundsmæssigt***

***Hvilken undervisning lægger reformen (udtrykt i bekendtgørelser o. lign.) op til?***

***Hvilke mål blev der stillet for det praktiske elevarbejde?***

***Hvilken rolle kom det praktiske elevarbejde til at spille?***

Hovedvægten vil således blive lagt på at klarlægge fysikundervisningens placering i det omgivende samfund og i mindre grad samfundsudviklingens betydning for didaktikken/pædagogikkens udvikling.

### **Rapportens opbygning - en læsevejledning.**

I forbindelse med de tre reformer har vi valgt at gøre brug af de relevante love, anordninger, betænkninger osv. samt indlæg i den pædagogiske debat i form af tidsskriftartikler o. lign. Ved at benytte os så meget af lovttekster og de forudgående betækningsarbejder tegner vi kun et delvist billede af spillet op til de pågældende reformer. Der er også andre faktorer af betydning, som f.eks. det politiske arbejde, kompromiser m.v., som havde betydning for loven (vi har heller ikke beskæftiget os med de ideologier, som kan have været drivkraften bag det politiske arbejde). Vi har som sagt fundet, at dette arbejde vil være for omfattende at gribe fat i og vil ikke være særlig interessant i forbindelse med fysikdiskussionerne.

Rapporten består af fire hoveddele; den første del omfatter et teoriafsnit og de øvrige omfatter de tre perioder i forbindelse med reformerne.

Del 0, som er teoriafsnittet, skal danne baggrund for gennemgangen af de øvrige dele. Her kommer vi ind på de pædagogiske idéer, som vi er påvirkede af, og som har indflydelse på vores syn på fysikundervisning i dag. Vores syn på fysikundervisningen i de forskellige perioder vil være påvirket af denne moderne forståelse. Vi beskriver derfor i kapitel 2 den pædagogiske forståelsesramme, som i dag inden for gymnasiets fysikundervisning nok har størst indflydelse, nemlig konstruktivismen i den nordiske variant. Den opfattelse af fysikfaget, som findes her, kom til at præge den sidste store reform af fysikundervisningen (reformen, som førtes ud i livet i 1988). Den konstruktivistiske opfattelse har nogle konsekvenser for fysikundervisningen og for det praktiske elevarbejde. Disse konsekvenser for det praktiske elevarbejde ser vi på i kapitel 3. Dette bærer naturligvis præg af vores personlige fortolkning af det praktiske elevarbejdes rolle i undervisningen.

De næste tre af rapportens hoveddele behandler hver for sig én af de 3 reformer. De kommer til at fremstå med en vis forskellighed, idet hver af de historiske perioder på nogle væsentlige punkter adskiller sig fra de andre. Disse forskelligheder vil have betydning på hoveddelenes udformning, da nogle af disse vil være genstand for særlig opmærksomhed. Hvad angår disponeringen af de enkelte hoveddele har vi imidlertid tilstræbt så høj grad af ensartethed som mulig.

## Kapitel 1.

---

**1907-reformen:** I 1903 vedtog man i Danmark en lov (almenskoleloven), der bl.a. indførte gymnasiet. Førhen havde undervisningen på dette niveau forgået i landets latinskoler. I forbindelse med denne strukturelle ændring ændrede man også bestemmelserne for fysikundervisningen. En ændring der betød indførelse af obligatoriske elevøvelser, hvor eleverne fik mulighed for selv at udføre praktiske øvelser i laboratoriet fremfor udelukkende at skulle overvære lærerens demonstrationsforsøg. Det blev anført, at fysikundervisningen skulle bygge på et eksperimentelt grundlag. På det pædagogiske område var slagordet "selvvirksomhed", og idealet var, at eleverne skulle udvikle deres selvstændighed, være aktive og selv finde frem til tingene. Dette var bl.a. en reaktion på den autoritære og elevpassive undervisningsform, som hørte den tidligere skole til. Megen af undervisningen i fysik relaterede sig til tekniske anvendelser, såsom f.eks. kakkellovnen og dampmaskinen.

Da der er skrevet meget lidt om fysikundervisningen i denne periode og om indførelsen af de obligatoriske elevøvelser, bygger denne hoveddel i overvejende på kilder fra denne periode og kun i få tilfælde på senere litteratur. Det, der er blevet skrevet om den tids undervisning, har haft et andet eller et bredere sigte end vores. I denne hoveddel vil historiesiden i form af kildearbejdet fremtræde tydeligere end i de senere hoveddele.

**1963-reformen:** Op gennem trediverne og fyrterne og med større styrke fra slutningen af halvtredserne blev det fremført, at der var behov for en omorganisering af fysikundervisningens teoretiske indhold. Bl.a. var eksemplerne på beskrivelser af de tekniske anvendelser af fysikken blevet så talrige, at undervisningen ikke længere kunne omfatte disse. Og samtidig fremkom der hele tiden nye teorier og opdagelser, som faget forsøgte at omfatte. Endnu vigtigere er nok, at kvantemekanikken og relativitetsteorien samt andre moderne teorier, havde svært ved at indgå i undervisningen uden forudgående ændringer. For at komme udenom disse problemer blev der slået til lyd for en undervisning, der tog sit udgangspunkt i fysikkens grundlæggende begreber og lagde vægt på en matematisk behandling af stoffet.

I 1963 indførtes grengymnasiet (ændringen blev besluttet i 1961), der delte den tidligere matematiske-naturvidenskabelige del op i tre grene. I bestemmelserne for fysik blev det nu nævnt, at der skulle lægges særlig vægt på fysikkens grundlæggende begreber (f.eks. kraftbegrebet) samt i de overordnede begreber (f.eks. energibegrebet). Endvidere blev der lagt vægt på den matematiske formulering af faget. De tekniske anvendelser blev så godt som udelukket. Som noget nyt indførtes opgaveregning som eksamensdisciplin. Den form for undervisning, som blev praktiseret i 60'erne og 70'erne kaldes videnskabscentrering, og den havde sit udspring - i den form vi kender den - i USA.

Dette er for det praktiske elevarbejdes vedkommende en mellempriode i Danmark, fordi der ikke skete særlige ændringer på dette område.

**1988-reformen:** Et af resultaterne af 1963-reformen var, at undervisningen for mange elever blev abstrakt og virkelighedsfjern. I 1988 trådte en ny ordning for gymnasiet i kraft. Og samtidig ændredes læseplanerne for de enkelte fag, herunder fysik. Denne læseplan bærer præg af konstruktivistiske tanker og er langt hen af vejen et opgør med den videnskabscentrerede tankegang, der lå i de forrige ordninger. Hvad angår det praktiske arbejde, skete der en ændring i forhold til den tidligere form for det praktiske elevarbejde ved introduktionen af de længerevarende eksperimentelle forløb. Rammene for det praktiske elevarbejde ændres her gennemgribende for første gang siden 1907. Disse projekter lægger op til, at eleverne i højere

grad end tidligere selv kan tilrettelægge og planlægge et eksperimentelt forløb, dets udførelse og behandling af resultater. Der blev tillige indført 5 dimensioner, som skulle sikre at forskellige aspekter (kulturelle, filosofiske, samfundsmæssige og historiske) af fysikfaget blev inddraget i undervisningen. Selve rammerne for undervisningen blev ændret med indførelse af tematiske forløb.

Udover at se på baggrunden for revision af fysikundervisningen i de tre historiske perioder vil vi forsøge at vurdere, hvordan disse revisioner blev ført ud i livet. Her er så spørgsmålet, om - og i så fald hvordan - dette blev ændret i takt med skiftende formål med faget. Dette søger vi at besvare ved at se på undervisningsmateriale og øvelsesvejledninger i kapitlerne 8, 13 og 18. Der bliver ikke tale om en decideret analyse, men en kvalitativ vurdering på baggrund af gennemgangen af formålene med det praktiske elevarbejde i kapitel 3 og på baggrund af kapitel 2 om konstruktivismen. Vi har valgt at give nogle eksempler på lærebogsstof og øvelsesvejledninger i appendiks A til F, som vi bruger til at underbygge gennemgangen i kapitlerne 8, 13 og 18. Vi har valgt at se på en enkelt del af fysikken, nemlig mekanikken, hvilket gør det nemmere at se nogle udviklingstræk i øvelserne/lærebogsstoffet. Af de to sider - lærebøger og øvelsesvejledninger - er det især det sidste, vi vil lægge vægt på.

Bagest i rapporten findes relevante anordninger, bekendtgørelser o. lign. (appendiks I). Her findes tillige samlet litteraturliste til rapporten. Derudover er der til hvert kapitel knyttet en kilde- og litteraturliste, hvor det fremgår, hvilket materiale, vi har brugt til det pågældende kapitel.

Ingen af os har nogen praktisk erfaring i at undervise, hvilket måske har præget vores arbejde. Vores tilgang er altså udelukkende af teoretisk art, men det er da vores håb, at undervisere vil finde interesse i rapporten. Det har ikke været vores hensigt at give en opskrift på, hvordan man skal undervise, men derimod give et overblik over, hvordan fysikundervisningen og det praktiske elevarbejde - og især intentionerne bag - har skiftet gennem de sidste ca. hundrede år. Vi vil tillige prøve at komme med nogle bud på, hvorfor disse skift er sket. Forhåbentligt vil dette medvirke til at læseren vil reflektere over sin egen undervisning. Det er vores erfaring, at der kan være stor afstand mellem undervisere - ikke kun i gymnasiet, men også på f.eks tekniske skoler og teknika - og de folk, der beskæftiger sig med fagdidaktik. Dette er forståeligt, idet underviseren har alle de praktiske problemer inde på livet: hvordan når jeg at gennemgå hele pensum i de givne timer; hvordan får jeg en klasse på 25 elever til at fungere i laboratoriet osv. Didaktikeren derimod kan være længere væk fra denne slags situationer og måske kun beskæftige sig med, hvordan eleven ideelt set bedst tilegner sig et givent stof. Det er vores håb, at vi med denne rapport kan medvirke til at mindske afstanden mellem didaktikere og undervisere.

Vores målgruppe, som især er (gymnasiets) fysiklærere, vil sandsynligvis have størst interesse for de forhold, der gør sig gældende i dag. Vi har udformet rapporten således, at teoridelen samt del III kan læses uafhængigt af de øvrige dele. I denne forbindelse kan del I og II betragtes som underbyggende og udbredende i forhold til del 0 og III. De vil sætte tingene i perspektiv. Især i del I, men også del II, vil der blive behandlet forhold ud over den konkrete fysikundervisning, forhold med betydning for de pågældende perioders tanker om naturvidenskabsundervisningen.

## **Kapitel 1.**

---

Det er altså vores håb, at vi med denne disponering af stoffet vil udvide vores læser-skare og måske gøre flere interesserede i det historiske aspekt af fysikundervisningen. Et aspekt, der rummer rige muligheder for at blive klogere på den tid, vi befinder os i nu.

# Kapitel

# 2

# Konstruktivisme

Hvis man skal karakterisere dagens debat om den naturvidenskabelige undervisning med et enkelt ord, må det blive "konstruktivisme"<sup>3</sup>. Dette kom bl.a. til udtryk på et nordisk forskersymposium - Naturfagenes Pædagogik - som blev afholdt i maj måned 1993 i Gilleleje. I forordet til symposierapporten skriver Albert Paulsen således:

I de senere år har *konstruktivismen* som grundlag for teoridannelser og udvikling af undervisningen i naturfagene haft en betydelig rolle i de nordiske lande. Symposiet havde da især sat sig som mål at belyse konstruktivismens betydning for den fagdidaktiske forskning, for læseplanerne og for skolernes praksis.

(Paulsen 1994, s.6)

Vi vil i dette kapitel dels se på det syn på erkendelse, der ligger til grund for konstruktivismen, dels se på, hvilke konsekvenser for undervisningen, dette syn har for danske konstruktivister. Konstruktivisme er ikke en samlet undervisningsteori, men konstruktivisterne har et syn på erkendelse, som har mange fællestræk, og hvoraf en masse tanker om undervisningen er udsprunget. Når vi således i det følgende skriver "danske konstruktivister", menes der didaktikere og undervisere, som i en eller anden grad er påvirket af dette syn på erkendelse. Der er altså ikke tale om en fasttømret enhed, der mener det samme i et og alt. Dette vil også blive klart i det følgende.

Vi vil indlede kapitlet med at se på det erkendelsesmæssige syn, der ligger til grund for konstruktivismens. Det stammer fra schweizeren Jean Piaget, hvis videnskabelige produktion strakte sig fra 1920'erne til hans død i 1981 (Sjøberg 1992). Hos Piaget finder vi ikke nogen forskrift for undervisningens tilrettelæggelse. Det finder vi derimod hos amerikaneren Ausubel, hvis syn på erkendelsen var stærkt præget af Piagets. For en del af de danske konstruktivister har Ausubel været en stor inspirationskilde, og da vi ligeledes finder hans tanker interessante, har vi medtaget et afsnit om hans idéer.

Dernæst vil vi springe ind i den danske debat, og se på hvordan det konstruktivistiske syn på erkendelse er kommet til udtryk i forskellige sammenhænge. Her vil vi støde på mange tanker og idéer, som ikke direkte stammer fra Piaget og Ausubel, men er en videreførelse af deres tanker. De danske konstruktivister har selvfølgelig hentet inspiration fra mange udenlandske didaktikere. Vi har fundet det for omfattende i denne sammenhæng at komme ind på dette. Det er også vigtigt at bemærke, at konstruktivismen ikke kun bygger på Piagets og Ausubels tanker (og deres videreførelse), men også på en række andre teoretikere som bl.a. russeren Vygotsky.

---

<sup>3</sup> Dette er ikke ensbetydende med at den naturvidenskabelige undervisning på landets skoler og gymnasier kan karakteriseres på denne måde.

## Kapitel 2.

---

### 2.1 Konstruktivismens syn på erkendelse.

Indledningsvis er det værd at bemærke at konstruktivisme ikke kun er noget, der findes blandt fysikundervisere og fysikdidaktikere. Man støder på begrebet inden for psykologien, sociologien og videnskabsteorien, men når vi skriver konstruktivisme, mener vi det idégrundlag, som findes inden for fysikkens (og andre naturvidenskabelige fags) didaktik.

Karakteristisk for konstruktivismen er, at viden ikke optræder løsrevet i hovedet på mennesker. Viden er organiseret på en helt bestemt måde. Ny viden bliver således forbundet med det eksisterende viden i såkaldte kognitive strukturer. Dette er således en assimilations-teori.

Tankerne stammer især fra den schweizeren Jean Piaget. Han udviklede sine teorier om erkendelse over en lang årrække, og i løbet af hans forfatterskab skete der en udvikling af hans teorier. Ausubel var, som vi skrev indledningsvis, meget påvirket af Piagets teorier for erkendelse. Han arbejdede også med en assimilationsteori, som på nogle punkter minder om Piagets. Umiddelbart er det svært at sammenligne deres teorier, idet de er væsensforskellige. Piagets teorier er deskriptive, og han taler kun om, hvorledes mennesket erkender og ikke om undervisning. Ausubels teori er derimod præskriptiv, og beskæftiger sig med læring/undervisning. Dette har i nogle tilfælde været genstand for en del forvirring og misforståelser.

Vi har valgt at beskrive sider af assimilationsteorien og den kognitive struktur (altså en vigtig del af det syn på erkendelse, der ligger til grund for konstruktivismen) via Piagets og Ausubels tanker.

#### Jean Piaget.

Piaget var meget optaget af erkendelsens natur. For at få en forståelse af det enkelte individs erkendelse studerede han en række børns udvikling - bl.a. sine egne. Disse empiriske studier resulterede bl.a. i, at han opstillede fire erkendelsesmæssige hovedstadier, som alle børn gennemløber (dette er nærmere beskrevet i kapitel 15). Hos mange er stadieteorien synonym med Piaget, men en anden side af hans teorier har i denne her forbindelse større betydning.

I følge Piaget er viden bundet sammen i en kognitiv struktur. Det vil sige, at viden ikke består af uafhængige elementer, men er struktureret på en bestemt måde. Sjøberg (1990, s. 74) sammenligner denne struktur med et "mentalt garn som vi kan bruge til å »fange« virkeligheden i med tankene våre". Dette har en betydning for, hvordan man opnår ny viden. Den nye viden vil således blive sat i relation til den eksisterende viden.

Det at lære eller tilvejebringelse af ny viden har ifølge Piaget to sider:

- 1) assimilation: Nye iagttagelser og begivenheder bliver fortolket i forhold til det eksisterende kognitive struktur. Hvis det passer til modtagerens kognitive struktur, sker det uden nogen problemer.
- 2) akkomodation: Hvis derimod de nye iagttagelser ikke passer til de eksisterende kognitive strukturer, sker der en modificering heraf. Ved de fleste læringssituationer sker der mindre ændringer af de kognitive strukturer, hvilket vil sige, at akkomodationen sker sideløbende med assimilationen. Den kognitive udvikling er en dynamisk proces, hvor de kognitive strukturer ændres ved nye erfaringer.

Ved assimilation, hvor den nye uden videre optages, sker der altså en konsolidering af individets eksisterende strukturer. Ved akkomodationen derimod, må individet ændre de eksisterende strukturer for at få det nye til at passe ind. Ændringerne sker ikke på én gang. Man får

derimod lidt efter lidt en mere nuanceret forståelse, og derfor vil der løbende ske ændringer af strukturerne i takt med nye erfaringer. Paulsen (1994b) forklarer, at viden ikke består af "pakker", ligesom der ikke findes fuldt udbyggede begreber, som blot skal/kan læres. Begreber er i bund og grund personlige. De er dannet lidt efter lidt og består således af en lang række erfaringer (det udelukker dog ikke, at et bestemt begreb har en lang række fællestræk hos forskellige mennesker; hvis disse ikke havde dette, ville mennesket have svært ved at kommunikere). Frem for at tale om ændringer af den kognitive struktur kan man tale om justeringer. Andersson (1992) betegner disse justeringer som ligevægt gennem selvregulering. Tvillingefunktionerne, som assimilation og akkomodation kaldes, virker som nævnt samtidig og stræber efter at være i ligevægt (dvs. der ikke er uoverensstemmelse mellem det, man ser, og det man "ved"). Men mennesket er ikke skabt til at sidde og vente på, at omgivelserne skal komme og påvirke os. Andersson (1992), fremhæver, at mennesket fra naturen af er et nysgerrigt og videbegærligt væsen. Normalt er der overensstemmelse mellem det, man forventer at se, og det man faktisk ser. Ser man derimod noget andet, end det man havde forventet, opstår der en forstyrrelse af ligevægten. Gennem tænkning og handling forsøger individet at regulere, således der igen indtræffer en ligevægt. Det vil igen sige, der er tale om ligevægt gennem selvregulering. Denne stræben mod ligevægt giver den enkelte en motivation til at lære. Fordi mennesket er nysgerrigt vil viden lagres og bruges i senere reguleringer, og på denne måde øges den enkeltes mulighed for overlevelse.

#### David Ausubel.

Piagets teorier beskæftiger sig med erkendelsesspørgsmål, og hans teorier er således ikke en forskrift for, hvorledes undervisning skal foregå. Ausubel er påvirket af Piagets teorier, men tager skridtet videre ved at beskæftige sig med spørgsmål om undervisningen.

En del danske konstruktivister har også ladet sig inspirere af David Ausubel. I Danmark var det i begyndelsen Albert Paulsen, der tog hans idéer op. Centrale værker i Ausubels forfatterskab er *The Psychology of Meaningful Verbal Learning* fra 1963 og *Educational Psychology. A Cognitive View* fra 1968.

Ausubels teori lagde op til, at læring af nye begreber skulle foregå ved en deduktiv præget undervisningsform (hvilket dog ikke udelukkede den induktive side af undervisningen, når det bare ikke blev brugt til indlæring af begreber/teori). Han mente ikke, det var muligt for eleverne selv at genopdage al viden på ny, men at viden skulle formidles gennem sproget. Sproget gør det muligt at lære uden at skulle erfare alting selv. Hans teori blev af samtiden betragtet som reaktionær, en vendt tilbage til en gammeldags undervisningsform.

#### Ausubels teori for læring - subsumption.

Grundlæggende for teorien er, at eleven fortolker det nye lærestof ud fra det, som eleven allerede ved. Under læringsprocessen optages lærestoffet og indordnes i elevens kognitive struktur<sup>4</sup>. Han skelner mellem udenadslære og meningsfuld læring. Meningsfuld læring går ud på, at eleven gør en bevidst indsats for at relatere ny viden til relevante begreber i sin kognitive struktur på en ikke tilfældig måde. Udenadslære resulterer derimod i en ordret og tilfældig optagelse i den kognitive struktur (Novak 1978). Pointen er, hvis der skal ske en meningsfuld læring, at det lærte skal sættes i relation til noget, som eleven allerede ved, eller med andre ord

<sup>4</sup> Med dette menes den viden bestående af facts, begreber, relationer, teorier og sansedata, som individet har til rådighed.

## Kapitel 2.

---

sættes i relation til elevens kognitive struktur. Hvis eleven ikke kan (eller vil) relatere det nye stof til noget i forvejen kendt, risikerer man, at eleven lærer stoffet udenad. Da udenadslært stof/viden eksisterer isoleret, og ikke er indordnet i nogen struktur, glemmes det hurtigt og er ikke anvendeligt ud over selve læringsprocessen.

Når der læres, sker der en gensidig påvirkning mellem den nye viden og relevante, eksisterende begreber i elevens kognitive struktur, hvorved den nye viden optages (assimileres). Han kaldte det begreb, hvortil den nye viden knyttes til, for en subsumer. På dansk kan man kalde det en indordner. Selve læringsprocessen kaldte han subsumption.

For at lette sammenkædningen af den nye viden til eksisterende relevante begreber foreslog Ausubel at lade det nye stof underordnes et samlende begreb (advance organizer), hvortil stoffet struktureres. Dette samlende begreb kan være et af eleverne i forvejen kendt begreb, eller et begreb som læres i begyndelsen af et undervisningsforløb. Det er vigtigt, at dette begreb er meningsfuldt for eleven. Her foreslår Paulsen (1984), at energibegrebet kan være sådan et samlende begreb<sup>5</sup>.

Ausubel mener at læringen (subsumption) kan ske på to grundlæggende forskellige måder:

- derivative subsumption: den nye viden udledes af det eksisterende overordnede begreb.
- correlative subsumption: det nye stof kan ikke udledes af eksisterende begreber, så der må ske en modificering eller udvidelse af de eksisterende begreber.

Disse to måder for læring har forskellig betydning for, hvor godt stoffet huskes, og hvordan det glemmes<sup>6</sup>. Ved derivativ subsumption er det muligt at rekonstruere enkeltheder, som er underordnet under det samlende begreb, når bare dette huskes. Man kan derfor sige, at det er en form for økonomisering af hukommelsen; det er på sin vis nok at huske strukturen. Derimod er det sværere at huske correlative subsumption (Paulsen 1984).

For at der skal ske en meningsfuld læring, stilles der en række krav til lærestoffet, til elevens forudsætninger og til elevens vilje til at lære.

- lærestoffet skal have sådan et indhold og udformning, at det kan relateres til en struktur hos eleven (stoffet skal svare til elevens kognitive niveau)
- eleven skal besidde en viden, som det nye stof kan relatere sig til, altså at eleven har et overordnet begreb, hvortil lærestoffet kan knyttes eller udledes udfra.
- eleven skal være villig til at sætte det nye stof i relation til den eksisterende viden og det overordnede begreb. Læring er en for eleven aktiv proces. Hvis eleven ikke interesserer sig for at lære (eller at forstå stoffet), kan der ikke ske en meningsfuld læring, og man risikerer, at eleven lærer det udenad.

Ny viden opstår, når nyt stof kombineres med eksisterende viden. Hvis der er uoverensstemmelse mellem det nye stof og den eksisterende viden, kan der blive tale om at danne sig nye overordnede begreber. Denne vekselvirkning mellem nyt stof og den eksisterende viden resulterer (måske) i en løbende udvidelse af elevens begrebsverden.

En vigtig forudsætning for meningsfuld læring er, at eleverne har intention om (vilje til) at lære, og Ausubel mener, at de vigtigste faktorer i denne forbindelse er nysgerrighed og

---

<sup>5</sup> Albert Paulsen og Karin Beyer fra IMFUFA på RUC har gennemført et undervisningsforløb i en 1.g, hvor disse tanker blev brugt (se Paulsen 1984).

<sup>6</sup> Meget af det stof, man lærer, glemmes, men der er forskel på, hvordan det glemmes. Hvis stoffet ikke er meningsfuldt lært, glemmes det ofte helt. Hvis det er lært meningsfuldt, vil det være muligt at rekonstruere indholdet. Ausubel taler i forbindelse med dette om "meningsfuld glemsel".



stræben efter kundskaber. Kun ved at eleven føler et behov og interesse for at lære noget nyt sker, der en meningsfuld læring.

## 2.2 Dansk konstruktivisme.

Når man taler om forskning i fysikundervisning med en konstruktivistisk indfaldsvinkel (og fysikundervisning i det hele taget) er der her i landet to grupper - mere eller mindre løst strukturerede - som er på banen. En i Århus med bl.a. Poul V. Thomsen og Henry Nielsen og en gruppe i Øst-Danmark med bl.a. Karin Beyer og Albert C. Paulsen fra IMFUFA på Roskilde Universitetscenter samt folk fra Danmarks Lærerhøjskole, bl.a., Helene Sørensen og Annemarie Møller Andersen. Poul V. Thomsen og Henry Nielsen, som udgør Center for Studier i Fysikundervisning på Århus Universitet, samarbejder med en række fysiklærere fra bl.a. Marselisborg Gymnasium, Silkeborg Amtsgymnasium og Langkær Gymnasium. Karin Beyer og Albert Paulsen samarbejder med fysiklærere fra østdanske gymnasier.

På tværs af Storebælt arbejdes der også sammen mere eller mindre struktureret. Således udkom i 1992 *Undervisning i fysik - den konstruktivistiske idé*, redigeret af Albert Paulsen og Henry Nielsen (1992) med bidrag af Karin Beyer, Ole Goldbeck, Helene Sørensen, Poul V. Thomsen, Jens Peter Touborg og Niels Henrik Würtz foruden redaktørerne selv. Bogen kan udmærket betegnes som et centralt fagdidaktisk værk inden for naturfagene for tiden. Fra Center for Studier i Fysikundervisning i Århus er der bl.a. kommet rapporterne: *Fysik i 1.G - med konstruktivistisk indfaldsvinkel* (1991) og *Eksperimentets rolle i fysikundervisningen* (1993), der især beskriver undervisningsforløb med udgangspunkt i konstruktivistiske idéer. Fra IMFUFA er bl.a. kommet *Piger & Fysik* af Karin Beyer et al. (1986), der blandt mange emner tager pigeproblematikken op, samt *Energi i 1.G - En teori for tilrettelæggelse* (Paulsen 1984), der beskriver et undervisningsforløb tilrettelagt på baggrund af Ausubels teorier.

Det er vigtigt at gøre sig klart, at konstruktivisme ikke er en teori for, hvordan man skal undervise, men snarere nogle rammer inden for hvilke den enkelte selv tilrettelægger sin undervisning. Man vil således i Danmark støde på forskellige opfattelser og fortolkninger af begrebet, men der gives ikke noget entydig svar på, hvad der er "rigtig" og hvad der er "forkert" konstruktivisme.

Vi vil i det følgende beskrive de sider af konstruktivismen, som kommer til udtryk i Danmark. Disse tanker er i mange tilfælde være påvirket direkte eller indirekte af Piaget og Ausubel. Det følgende vil omhandle undervisningen.

### Kognitive sider

For pædagoger, der er præget af konstruktivistiske idéer, er det vigtigt - hvad enten de underviser i folkeskolen eller i gymnasiet - at vide, hvad eleverne i forvejen ved. For at læringen skal blive frugtbar, skal man som underviser tage udgangspunkt i eleverne eksisterende opfattelse af virkeligheden (man kan altså ikke se bort fra, hvad eleverne ved og ikke ved).

De eksisterende opfattelser, som eleven har dannet sig ved at se på dagligdagens fænomener, kaldes hverdagsopfattelser eller hverdagsforståelser. En forklaring på eksistensen af en del af hverdagsopfattelserne er sproget. Den måde, vi til daglig omtaler tingene på, kan afstedkomme forkerte fysiske opfattelser. F.eks. taler man om at kaste blikket på noget, hvilket umiddelbart giver indtryk af, at "der går stråler" ud fra øjet, når man ser. Ligeså taler man ofte om energiforbrug, hvilket er svært foreneligt med termodynamikkens første hovedsætning, der udtrykker energibevarelse. En anden hverdagsopfattelse, som også eksisterer blandt studerende på universitetsniveau, er, at en sten under et kast hele tiden er påvirket af en kraft i bevægelses-

## Kapitel 2.

---

retningen. Eleverne har altså ikke fået den rette forståelse af Newtons love (set ud fra en fysikers synspunkt). Vi skal senere komme nærmere ind på nogle af de undersøgelser, der i Danmark er lavet om elevernes hverdagsforestillinger.

I et vist omfang kan man gøre eleven opmærksom på deres hverdagsforestillinger ved at sætte eleven i en situation, hvor disse forestillingerne ikke slår til; dette bliver kaldt en kognitiv konflikt. Der er didaktikere, som mener, at undervisningen skal lægges tilrette, således at eleverne bevidst sættes i en kognitive konflikt. Goldbech et al. (1992, s. 161) nævner det "personlige nøgleeksperiment" som velegnet til at skabe en uligevægt, som får eleven til at forkaste sine hverdagsforestillinger.

Man kan her indvende, at det er en lidt firkantet måde at se på tingene. Som vi var inde på i afsnittet med Piaget sker denne ændring af opfattelse ikke på én gang, men lidt efter lidt i en glidende proces. Vi vil således gerne stille spørgsmål ved værdien af denne måde at se på tingene. Opfattelsen stammer bl.a. fra det britiske CLIS-projekt, hvor 40.000 elever i alderen fra 11 til 15 deltog. Udgangspunktet var nemlig her, at undervisningen skulle tilrettelægges, således eleverne oplevede deres eksisterende forståelse kommer til kort, hvorefter eleven ændrer sin opfattelse. Denne stærke fokusering af hverdagsforestillinger er også blevet kritiseret. I Norge har Nilssen (1993 s. 50 og 1994) givet udtryk for det uheldige i "å bare fokusere på og anta at elevene i utgangspunkt tenker galt. Læring innebærer i like stor grad å utvikle og berike eksisterende kunnskap som å endre denne". Vi mener Nilssen har ret i dette synspunkt, netop fordi viden ikke fremstår som færdige pakker, men er et resultat af mange justeringer. Det er derfor en god idé at bruge betegnelserne udvikle og berige.

### Affektive sider

Ovenstående omfatter udelukkende de faglige og kognitive forhold. Karin Beyer (1992) advarer imod at begrænse konstruktivismen til kun at omfatte disse faktorer. En anden side er mindst lige så vigtig, nemlig de affektive faktorer. Disse har bl.a. med følelser og motivation at gøre. Af betydning for elevens læring har således elevens følelser og humør i den aktuelle læringssituation. Disse kan skifte fra gang til gang. Af mere varig karakter er imidlertid elevens holdninger til faget, til læreren og til kammeraterne. Det samme gør sig gældende for elevens mening om sig selv i forhold til faget. Hvilke holdninger den enkelte elev har på disse områder kan være af stor betydning for den enkeltes selvtillid og tro på egne evner. Af betydning er også elevens vilje til at lære, og elevens stræben mod sine mål. Sørensen (1992) er inde på samme tankegang. Hun mener, at faktorer af betydning i læringssituationen er bl.a. elevernes selvtillid og fortrolighed med stoffet.

Det er vigtigt at gøre sig klart - mener Karin Beyer - at læring sker i et samspil mellem de kognitive og affektive faktorer, og hun kritiserer dermed hvad hun kalder "den kognitive konstruktivisme", hvis fortalere kun lægger vægt på elevernes faglige forudsætninger, men ikke tager hensyn til elevens øvrige forudsætninger. Det må læreren - og ikke mindst eleven - gøre sig klart. Dette kan bl.a. ske gennem en hensynsfuld dialog med læreren. Læreren kan blive opmærksom på disse ting ved bl.a. at se, hvordan eleven reagerer i forskellige situationer (f.eks. på succes og fiasko) og derved være medvirkende til, at den enkeltes selvtillid styrkes.

Med et konstruktivistisk syn på læring, i følge hvilket eleven selv danner sin viden, bliver læringen elevens ansvar og ikke lærerens. Hvis man accepterer, at viden ikke blot kan fyldes ind i elevens hoved, kan læring kun finde sted, når/hvis eleven er parat til det. Det kræver, at eleven er motiveret og engageret. Det er imidlertid ikke så enkelt, at det er kun emnet, der bestemmer om eleven oplever et engagement (Beyer 1994).

Når eleven har ansvaret for sin egen læring, er det vigtigt, at eleven er bevidst om læringsprocessen og derved lærer at lære. Dvs. gør sig bevidst om, hvilke faktorer, der af afgørende betydning. Dette kaldes metakognition. Beyer (1992, s. 119) nævner tre ting, som kendetegner en elev, der er i besiddelse af høj grad af metakognition:

- eleven har viden om og forståelse af læringsprocesser og problemløsning
- eleven er bevidst om sin egen adfærd (handlinger og beslutninger) under læringen / problemløsningen og
- eleven har kontrol med disse processer og er i stand til at regulere dem

En forudsætning, for at dette lykkes, er metakognition hos læreren, dvs. at læreren er opmærksom på, hvordan eleven tilegner sig nyt stof (Beyer, 1992). Dette kræver naturligvis en kæmpe indsats af en lærer, der skal undervise en klasse på 25 elever, og være opmærksom på hvordan hver enkelt lærer nyt og tage hensyn til dette.

### 2.3 Opsamling

Udgangspunktet for konstruktivismen er altså i første omgang Jean Piagets syn på erkendelse. Ifølge dette syn er al viden hos det enkelte individ samlet i en såkaldt kognitiv struktur: et net der forbinder de enkelte dele med hinanden. Hvis de iagttagelser individet gør passer til den eksisterende struktur taler man om en assimilation, hvis de ikke passer ændres strukturen (akkodation). Hvis det sidste er tilfældet, taler man om en kognitiv konflikt, der skabes en uligevægt. I og med den eksisterende struktur ændres, justeres eller hvad man nu ønsker at kalde det, genetableres den kognitive ligevægt. Man kalder dette ligevægt gennem selvregulering. Viden er med dette syn noget som den enkelte selv konstruerer og ikke noget som afleveres i en færdig pakke lige til at ligge ind i lagret. Opnåelse af ny erkendelse kræver således at man er parat til erkende; parat til at tage ansvaret for sin egen læring. Modellen med strukturerne bruger Ausubel til at skelne mellem udenadslære og meningsfuld læring. Det sidste (som er rigtig erhvervelse af ny erkendelse) sker kun, hvis man kan få det nye til at passe sammen med det gamle. I dette syn bliver begrebet hverdagsforestillinger vigtigt. For nogle er det så vigtigt, at de mener, det skal være udgangspunktet i undervisningen. Læreren skal da skabe situationer, hvor der opstår en kognitiv konflikt, hvorved eleven indser utilstrækkeligheden af sine hverdagsforestillinger. Vi vil ikke afvise at dette kan forekomme, men mener ikke det er den måde viden normalt optages. Her vil den kognitive struktur løbende justeres i takt med forståelsen bliver mere udbygget. For at denne proces kan forløbe er det vigtigt, at eleverne er opmærksomme på denne proces og er i stand til i en eller anden grad at styre den. Det er dog ikke kun de faglige (kognitive) forhold, der er af betydning i forbindelse med en læringssituation. Vi er enige med Beyer i, at elevens følelsesmæssige (affektive) situation også spiller ind. Her tænkes bl.a. på elevens holdninger til faget, til læreren, til kammeraterne, til skolen i det hele taget og elevens aktuelle humør. som underviser er det hensigtsmæssigt at tage hensyn til både de kognitive og de affektive sider af elevens forudsætninger.

Vi har i dette afsnit kun kort behandlet nogle overordnede synspunkter i forbindelse med undervisning i fysik med et konstruktivistisk udgangspunkt. Der findes mere detaljerede beskrivelser om, hvordan undervisningsforløb kan tilrettelægges, så de tager højde for konstruktivistiske tanker. Vi har valgt på dette sted ikke at behandle dem nærmere. Derimod vil nogle af dem blive behandlet i kapitel 18, hvor vi vil se på disse i sammenhæng med 1988-reformen. En reform, der giver større spillerum i forhold til konstruktivistiske idéer, men det vender vi tilbage til i del III, hvor også baggrunden for reformen vil blive gennemgået. Her vil vi også støde på nogle af de indlæg i debatten, som lå forud for reformen.

## Kapitel 2.

---

### 2.4 Litteratur.

- Andersson, Björn (1992): "Når virkeligheden konstrueres - læringspsykologi" i Nielsen og Paulsen (red.) 1992, s. 15-26
- Beyer, Karin (1992): "Det er ikke tænkning det hele" i Nielsen og Paulsen (red.) (1992), s. 118-140
- Beyer, Karin (1994): "Refleksioner over undervisning - Undervisning i refleksioner" i Paulsen (red.) 1994, s. 109-120
- Goldbech, Ole og Thomsen, Poul V. (1992): "Undervisning på folkeskoleniveau - med konstruktivistisk indfaldsvinkel" i Nielsen og Paulsen (red.) 1992, s. 55-72
- Goldbech, Ole, Touborg, Jens og Niels Henrik Würtz (1992): "Eksperimentets rolle" i Nielsen og Paulsen (red.) (1992), s. 159-171
- Goldbech, Ole og Paulsen, Albert (1992): "Fra konstruktivisme til undervisning" i Nielsen og Paulsen (red.) (1992), s. 101-116
- Nielsen, Henry (red.) (1991): *Fysik i 1.G - med konstruktivistisk indfaldsvinkel*. Det fysiske Institut, Aarhus Universitet, Århus.
- Nielsen, Henry og Paulsen, Albert (red.) 1992: *Undervisning i fysik - den konstruktivistiske idé*. Gyldendalske Boghandel, Nordisk Forlag A.S., København.
- Nilssen, Torunn I. (1993): *Konstruktivisme i klasserommet. Teoretiske betragtninger og en empirisk undersøgelse av naturfagundervisning*. Hovedfagsoppgave i realfagdidaktik, Universitetet i Oslo
- Nilssen, Torunn I. (1994): "Konstruktivisme i klasserommet" i Paulsen (red.) 1994, s. 45-56
- Novak, Joseph (1978): "An Alternative to Piagetian Psychology for Science and Mathematics Education" i *Studies in Science Education*, 5, s. 1-30.
- Paulsen, Albert (1984): *Energi i 1. g - en teori for tilrettelæggelse*. IMFUFA-tekst nr. 90, Roskilde.
- Paulsen, Albert (1994): "Eksperimenter i undervisningen" i Paulsen (red.) 1994, s. 139-150
- Paulsen, Albert (red.) (1994): *Naturfagenes Pædagogik - mellem udviklingsarbejder og teoridannelse*. Rapportbind 1. Samfundslitteratur, København.
- Paulsen, Albert (1994b): Privat kommunikation.
- Sjøberg, Svein (1990): *Naturfagenes didaktikk. Fra vitenskap til skolefag*, Gyldendal Norsk Forlag A/S, Oslo.
- Sørensen, Helene (1992): "Medbestemmelse i fysik/kemi - særlig vigtig for piger?" i Nielsen og Paulsen (red.) 1992, s. 141-158
- Thomsen, Poul V. (red.) (1993): *Eksperimentets rolle i fysikundervisningen*. Institut for Fysik og Astronomi, Århus Universitet, Århus.

# Kapitel

# 3

## Det praktiske elevarbejde.

Det praktiske arbejde har haft en vigtig rolle i gymnasiets fysikundervisning i Danmark siden 1907. Som vi skal se senere, har der været fremført mange forskellige argumenter for det praktiske arbejde. Disse argumenter blev dels fremført i forbindelse med en overordnet diskussion angående selve fagets tilrettelæggelse, dels af den enkelte lærer i hans eller hendes egne begrundelser for det praktiske arbejde i undervisningen.

Her vil vi gå nærmere ind på forskellige begrundelser for det praktiske elevarbejde og prøve at nuancere og skelne mellem forskellige argumenter (formål med det praktiske elevarbejde). Dette vil vi siden hen bruge som en referenceramme i forbindelse med det praktiske elevarbejde i de tre perioder.

Vi mener, at det på forhånd er vigtigt at gøre sig klart, hvad det praktiske elevarbejde skal bruges til, samt at gøre sig klart hvad formålet med det er. Hvis man ikke gør dette, er der en fare for, at udbyttet for eleverne ikke bliver så stort som tiltænkt. I stedet skal man stille sig spørgsmålet: hvad er det praktiske elevarbejde særlig velegnet til, og så arbejde ud fra dette (det er således et spørgsmål om at gå metodisk til værks). Der er selvfølgelig forskellige meninger om, hvad det praktiske elevarbejde skal bruges til; vi vil i det følgende give udtryk for vores.

Nu er det ikke sådan, at den enkelte lærer kan gøre præcist, som han eller hun ønsker, men er underlagt nogle bestemmelser. De overordnede mål med det praktiske elevarbejde kan læses i diverse bekendtgørelser og undervisningsvejledninger, men de er ikke særlige konkrete. Derfor er der et stort råderum for den enkelte lærer til at præge sin undervisning med sine egne holdninger. Dette stiller derfor nogle særlige krav til den enkelte lærer.

Selve udførelsen af det praktiske arbejde har i Danmark i en lang periode ligget i en fast ramme, nemlig en- eller totimers elevøvelser, tit med udførlige vejledninger om, hvad eleverne skal lave og hvordan. Disse har - udover lærerens demonstrationsforsøg - i mange år udgjort det praktiske arbejde. Dette forhold er dog blevet ændret med bekendtgørelsen fra 1987, hvor der blev indført længerevarende eksperimentelle projekter. Med disse projekter er der åbnet op for at inddrage elevens medbestemmelse i udførelsen af laboratoriearbejde og åbnet op for, at eleven får mulighed for at træffe nogle valg i forbindelse med dette arbejde.

Vi har forsøgt med baggrund i diskussioner om målene med det praktiske arbejde at give vores opfattelse af målene med det praktiske arbejde, og samtidig vil vi præcisere, hvilke dele det praktiske arbejde bør omfatte. Kapitlet skal bl.a danne grundlag for at karakterisere det praktiske elevarbejdes rolle i de forskellige historiske perioder.

## Kapitel 3

---

Vi har valgt at benævne det, der almindeligvis bliver kaldt »eksperimenter« eller »eksperimentelt arbejde« i forbindelse med fysikundervisning, og som inddrager eleverne aktivt, for praktisk elevarbejde eller kort og godt praktisk arbejde. Dette valg skyldes den uklarhed, der ligger i den traditionelle brug af begreberne »eksperiment« og »eksperimentelt arbejde« i forbindelse med fysikundervisningen. Efter vores mening dækker eksperimentelt arbejde over mange andre ting end den betydning, der traditionelt bliver tillagt det. Meget af det praktiske arbejde, som eleverne udfører i fysikundervisningen, vil vi ikke kalde eksperimenter eller eksperimentelt arbejde.

Vi betragter det at udføre eksperimenter som værende en kreativ proces, hvor den, der udfører eksperimentet, træffer en række valg med hensyn til metoder og til design m.v. Det handler desuden om at afprøve nogle forventninger og prøve sig frem på en systematisk måde. Sådanne nogle eksperimenter vil tit være tidskrævende og kan derfor tage meget længere tid end en- eller totimersøvelser. For at lave noget fornuftigt på så kort tid, bliver opgaverne tit på forhånd afgrænset og fastlagt. Det er der selvfølgelig ikke noget galt i, idet det praktiske elevarbejde i fysikundervisningen efter vores mening også skal omfatte meget andet end at lave eksperimenter.

Vi har valgt at bruge begrebet praktisk elevarbejde, fordi det er bredere end eksperimentelt arbejde; praktisk elevarbejde omfatter således eksperimentelt arbejde, men også alle de andre ting, som laboratoriearbejdet omfatter. Praktisk elevarbejde er f.eks. at foretage simple målinger for at lære apparaturet at kende og lære at behandle de fundne data på en systematisk måde. Dette er derimod ikke et eksperiment, idet der ikke eksperimenteres.

### 3.1 Hvorfor praktisk arbejde?

Man kan stille sig det spørgsmål: Hvorfor lader man eleverne udføre praktisk elevarbejde i fysikundervisningen, det er jo tidskrævende, besværligt og dyrt. Hvorfor ikke bruge tiden på den teoretiske gennemgang og evt. demonstrationsforsøg? Her vil nok fleste fysiklærere fare op af stolen og forsvare det praktiske elevarbejde, og hævde at en fysikundervisning må indeholde denne side sammen med den teoretiske side. Men hvorfor skal det være sådan? Er det blot udtryk for en stærk tradition, som der ikke er blevet gjort op over for; at det praktiske elevarbejde kun eksisterer på grund af traditionen? Det praktiske elevarbejde har jo haft en fast plads i gymnasiets fysikundervisning siden 1907.

Der er efter vores opfattelse flere grunde til, at denne aktivitet skal eksistere i fysikundervisningen. Den eksperimentelle side af fysikken er essentiel. Fysik vil ikke være noget videnskabsfag uden eksperimenterne. Teorien og eksperimenterne i forening konstituerer fysikken. Fysikken har udviklet sig i et sammenspil mellem teorien (bl.a. udtrykt i matematiske modeller) og eksperimenter på en særlig måde, som også i forskellig grad karakteriserer de øvrige naturvidenskaber. En fysikundervisning må derfor afspejle disse to sider. Så kan man spørge sig, om ikke eleverne kan lære dette, uden de absolut skal slæbes ind i et laboratorium. Man kan f.eks. i stedet undervise dem i, hvordan fysikforskere arbejder; vise film og interviews med disse forskere og prøve herved at afspejle sammenspillet mellem teorier og eksperimenter/undersøgelser. Herved vil man spare en masse tid og penge til apparatur.

Lige så vel man i den teoretiske undervisning introduceres for nye begreber og lære om disse, lægger det praktiske elevarbejde op til at introducere eleverne for, og lærer dem at benytte, forskellige metoder og teknikker, som hører til fysikken. Ting som databehandling og at foretage kontrollerede målinger læres bedst ved, at eleverne selv får lejlighed til at prøve

dette. Da fysikundervisningen bl.a. har et studieforberedende formål, vil de være naturligt at lade eleverne stifte bekendtskab med noget af det, som de siden hen skal arbejde med, bl.a. at arbejde i et laboratorium.

Det praktiske elevarbejde har en række fordele, som man ikke bør overse. Afhængig af tilrettelæggelsen kan dette arbejde have en motivationsskabende effekt på eleverne. Det giver mulighed for en vis afveksling i undervisningen, og det kan give nogle af eleverne en positiv holdning over for faget. Det kan således påvirke de affektive betingelser for læringen.

For at spore os ind på målene med det praktiske elevarbejde endnu mere, vil vi i det følgende komme se på forskellige bud, der er givet på dette. Der er især i udlandet i de senere år været en del diskussion om det praktiske elevarbejdes rolle. Vi her se på nogle af de begrundelser, som vi finder fornuftige.

### **Mål med fysikundervisningens praktiske arbejde.**

Som nævnt er det som underviser vigtigt at gøre sig klart, hvad man ønsker at opnå med det praktiske elevarbejde. Det er af betydning, hvilke elever man underviser; deres alder og på hvilket niveau, de befinder sig; hvilke forudsætninger har de? Hodson (1993) inddeler målene for praktisk arbejde i følgende fem brede kategorier<sup>7</sup>:

- 1) At motivere eleverne, ved at stimulere interesse og fornøjelse.
- 2) At indøve laboratoriefærdigheder.
- 3) At øge indlæringen af naturvidenskabelig viden.
- 4) At give indblik i naturvidenskabelig metode og udvikle ekspertise i brugen heraf.
- 5) At udvikle bestemte "naturvidenskabelige holdninger", som åbenhed, objektivitet og vilje til ikke at dømme på forhånd.

Til hver af disse mål kan man så spørge, om de bliver opfyldt gennem det praktiske arbejde. Lunetta og Hofstein (Hofstein 1988) foreslog i 1980 ligeledes en række mål med det praktiske elevarbejde, men går et skridt videre ved at gruppere målene i de tre hovedgrupper: kognitive, praktiske og affektive (se figur 3.1). Sådant en opdeling giver et godt overblik, hvis man vil gøre sig klart, hvad formålene er med det praktiske elevarbejde.

---

<sup>7</sup> Hodson benytter ikke disse mål normativt, men i forbindelse med en diskussion af de mål der bliver stillet til det praktiske elevarbejde.

### Kapitel 3

Område/kategori	Mål
Kognitive	- Fremme intellektuel udvikling - Øge læringen af videnskabelige begreber - Udvikle færdigheder til problemløsning - Udvikle kreativ tænkning - Øge forståelsen af naturvidenskab og naturvidenskabelig tænkning
Praktiske	- Udvikle færdigheder i at udføre naturvidenskabelige undersøgelser - Udvikle færdigheder i at analysere data - Udvikle færdigheder i at kommunikere - Udvikle evne til at samarbejde
Affektive	- Fremme en (positiv) holdning til naturvidenskaben - Fremme en erkendelse af, at man kan forstå og påvirke sine omgivelser

Figur 3.1 Hofsteins opdeling af målene med elevarbejde i laboratorium (Hofstein 1988).

Woolnough (1983) giver et interessant bud på målene med det praktiske elevarbejde. Han opstiller tre mål med at lade eleverne arbejde i laboratoriet:

- 1) Det udvikler deres laboratoriefærdigheder. Med dette menes, at eleverne bliver i stand til at bruge de apparater, der benyttes i laboratoriet: Termometer, amperemeter, strømforsyninger, oscilloskoper osv. Endvidere lærer eleverne at udføre standardmålinger, f.eks. at måle strømstyrke, at veje osv.
- 2) Det lærer eleven at arbejde på en naturvidenskabelig måde. Med dette menes, at eleverne finder et virkelig og interessant problem, analyserer dette problem, finder en eksperimentel metode at løse det på, udfører dette arbejde, analyserer data og vurderer resultatet af dette arbejde.
- 3) Eleverne skal få en fornemmelse af naturens fænomener, dvs. at gøre forståelsen af disse fænomener personlig for den enkelte elev.

Dette er en indskrænkning i forhold til de mål, som Hodson og Lunetta & Hofstein fremfører. Han medtager således ikke Lunetta og Hofsteins kognitive mål. Woolnough mener, at det praktiske arbejde har sin eksistensberettigelse i sig selv, og det bl.a. derfor ikke skal bruges som et middel til indlæring af det teoretiske stof. Han mener desuden, at mange elever ikke får det ud af de praktiske øvelser, som læreren på forhånd forventer, fordi læreren stiller for mange krav på én gang. I en øvelse skal de måske lære at bruge et for dem nyt apparatur, samtidig med at de skal koncentrere sig om den øvrige del af øvelsen. Derfor mener Woolnough, at eleverne i nogle særlige øvelser skal koncentrere sig om at lære de praktiske laboratoriefærdigheder, som er nødvendige i forbindelse med andre øvelser.

Vi vil i det følgende lave vores egen opdeling af målene for det praktiske elevarbejde. Denne er bl.a. rettet mod at karakterisere det praktiske elevarbejdes rolle i de historiske perioder, som vi vil arbejde med i de senere hoveddele af rapporten. Denne opdeling, som er inspireret af Woolnough og Lunetta & Hofstein, består af tre hovedgrupper af begrundelser. Begrundelsen for det praktiske arbejde kan være:

- 1) Det praktiske elevarbejde udføres, fordi eleven skal lære at benytte forskellige håndværksmæssige og metodemæssige sider i forbindelse med laboratoriearbejde.



- 2) Det praktiske arbejde bliver brugt som et undervisningsmiddel i forbindelse med det teoretiske stof (indlæringsmæssig gevinst).
- 3) Det praktiske arbejde giver nogle "sidegevinster", som måske ikke umiddelbart har noget med den faglige side af faget at gøre.

ad 1. Et vigtigt mål med det praktiske arbejde - eller fysikundervisningen i det hele taget - er, at eleverne får en forståelse af fysikkens arbejdsmåder og metoder og herunder eksperimentets betydning i sammenspillet med teorien. Som vi har været inde på tidligere kan dette mål næppe nås gennem teoretisk undervisning alene, men snarere gennem elevens egen indsats i laboratoriet.

Inspireret af Woolnough (1983) vil vi opsplitte dette mål i to underpunkter. Han opdeler, som vi har været lidt inde på tidligere, det praktiske arbejde i henholdsvis praktiske undersøgelser, hvor eleverne "develop a scientific way of working, in using experience and understanding to solve open ended problems" og praktiske øvelser, hvor eleverne "develop certain specific practical skills, of observation and measurement". Han mener, at mange sammenblander målene med det praktiske arbejde, idet de ikke skelner mellem, hvorvidt formålet med en øvelse f.eks. er at lære eleverne at foretage målinger og bruge apparaturet, eller om det er at lære eller give indblik i fysikkens metoder. Ved at sammenblende disse mål risikerer man, at eleverne i en større øvelse går i stå på grund af problemer f.eks. med at beherske simple målemetoder, så de ikke koncentrerer sig om det, som opgaven i virkeligheden skulle handle om. Vi vil altså skelne mellem

- særlige praktiske færdigheder, som er nødvendige for at arbejde i et laboratorium, måleteknik m.v. Beherskelse af disse ting er en forudsætning for, at eleverne kan koncentrere sig om
- forskellige arbejdsmetoder knyttet til det praktiske arbejde, f.eks. at designe eksperimenter, kontrollere variabler, opsamle data, iagttage, lære at konkludere på målingerne og iagttagelserne. De skal lære, hvad de kan måle på, og hvad de ikke kan måle på.

ad 2. Ud over at bruge det praktiske arbejde til at lære eleverne håndværksmæssige og metode-mæssige sider af fysikken, bliver det praktiske arbejde også brugt til andre formål. I visse perioder, f.eks. omkring århundredskiftet og for nogle landes vedkommende i 60'erne og 70'erne, blev det praktiske arbejde sat i forbindelse med, at eleverne selv skulle finde frem til sammenhænge og lovmæssigheder og eventuelt finde frem til begreber gennem det praktiske arbejde (bl.a. discovery learning; jf. afsnit 15.2), altså et induktiv tilrettelagt forløb. Det praktiske arbejde bliver altså i sådan en forbindelse brugt som et middel til at lære eleverne det teoretiske stof, samt at lære eleverne at arbejde på en naturvidenskabelig måde. Det praktiske arbejde træder i disse tilfælde i stedet for den teoretiske gennemgang eller i hvert fald dele heraf. At bruge det praktiske arbejde på sådan en måde bliver angrebet af Woolnough, idet han mener, at det praktiske arbejde har en eksistensberettigelse i sig selv:

### Kapitel 3

---

Practical work can be justified for its own sake, its opportunities and resources are too valuable to be wasted in playing games with pupils, leading them by the nose to 'discover' theories which could be more appropriately taught by and used in other ways.

(Woolnough 1983)

Det er altså ikke således, at han nedvurderer det praktiske arbejde, men det skal bruges der, hvor det giver det største udbytte. Ausubel kritiserede ligeledes den måde, som det praktisk elevarbejde er blevet brugt:

Yet science courses at all academic levels are traditionally organized so that students waste many valuable hours in the laboratory collecting and manipulating empirical data which, at the very best, help them rediscover or exemplify principles that the instructor could present verbally and demonstrate visually in a matter of minutes. Hence ... it is a very time-consuming and inefficient practice for routine purposes of teaching subject-matter content or illustrating principles, where didactic exposition or simple demonstration are perfectly adequate

(Ausubel 1968, s. 345).

Set ud fra en konstruktivistisk synsvinkel er indlæring at begreber med en induktiv tilgangsvinkel i mange tilfælde uheldigt, fordi stoffet ikke kan læres isoleret, men skal sættes i forbindelse til begreber og strukturer hos eleven (jf. Ausubel).

En anden måde at undervise på er et deduktivt tilrettelagt forløb, hvor eleven bliver præsenteret for begreberne og stoffet gennem den teoretiske undervisning. Derefter bliver det praktiske arbejde brugt til eftervisning af teorien. Det skal så at sige slå stoffet bedre fast og få eleverne til at huske det bedre. Dette gør de, når de stifter direkte kendskab til det via deres aktive handling. Det er så et spørgsmål, om denne form for eftervisning, ikke vil have den samme effekt, hvis læreren eller nogle af eleverne udførte det som et demonstrationsforsøg, og så bruge det praktiske elevarbejde til andre formål.

Vi mener dog, at det har en værdi, at eleverne får mulighed for at anvende deres teoretiske viden i forbindelse med det praktiske elevarbejde, også fordi sådan noget arbejde kræver en teoretisk viden. Det kan give dem også en øget forståelse at arbejde med den præsenterede teori på en ny måde. Men det er efter vores opfattelse ikke et hovedargument for at det praktiske elevarbejde. Et hovedargument for det praktiske elevarbejde er, som vi har været inde på tidligere, at eleven bl.a. opnår færdigheder i og forståelse for nogle af fysikkens arbejdsmetoder. Dette udelukker dog ikke, at en elevøvelse, hvis formål det f.eks. er at lære eleven noget om - og vurdere betydningen af - usikkerheder, også bruges til at slå nogle begreber eller teori bedre fast.

ad 3. Det sidste punkt omfatter nogle af de sider af det praktiske arbejde, som ikke direkte har med fagets fagindhold at gøre, men har betydning for elevernes holdning til og interesse for faget eller tillægges en betydning for udvikling af sider hos eleven, som kan komme til gavn i andre sammenhænge.

Der er generel stor enighed om, at det praktiske arbejde motiverer eleverne og skærper deres interesse for faget (Hofstein, 1988). Goldbech et al. (1992) mener ligeledes, at det praktiske arbejde har en værdi som afveksling fra teorien, hvor eleverne selv får mulighed for at tænke og at handle. Shulman (i Hofstein 1988) nævner bl.a følgende mål for det praktiske arbejde: "to arouse and maintain interest, attitude, satisfaction, openmindedness and curiosity in science". Disse sider kan dog ikke efter vores overbevisning være et mål i sig selv for det praktiske arbejde. De er på den anden side værd at tage i betragtning, når der udføres praktisk

elevarbejde, fordi det kan øge udbyttet for eleverne, hvis man lægger vægt på nogle af disse sider.

Desuden tillægger vi det en stor betydning, at eleverne i forbindelse med det praktiske eleverarbejde har mulighed for at tale sammen om problemerne og evt. diskutere forskellige løsningsmuligheder. Herved får de mulighed for at udtrykke sig sprogligt over for hinanden om et fysisk emne.

Der er gennem tiderne blevet tillagt det praktiske arbejde en række kognitive gevinster. Som vist i figur 3.1 nævner Lunetta og Hofstein følgende: fremmer intellektuel udvikling og udvikler kreativ tænkning hos eleverne. Hvis der kan ske en sådan kognitiv udvikling hos eleverne i forbindelse med praktisk eleverarbejde, er det sider, som er værd at tage i betragtning, men vi vil dog heller ikke betragte disse som særlige vigtige begrundelser for praktisk eleverarbejde.

Det er altså vigtigt som underviser at gøre sig målene for det praktiske eleverarbejde klart, før man går i gang med dette. Især er det vigtigt at skelne mellem, om man vil bruge det til at indlære begreber og andet stof, altså som en slags supplement til den teoretiske undervisning, eller om man vil opnå, at eleverne får et metodemæssigt indblik og evne til at arbejde i et laboratorium på en naturvidenskabelig måde. Endvidere er det vigtigt at skelne mellem de praktiske færdigheder, som tit er en forudsætning for at arbejde i et laboratorium, og de andre formål som læreren har haft med øvelsen. Dette kan være en forudsætning for, at eleverne får det udbytte af øvelserne, som læreren på forhånd har forventet

Efter vores mening skal teoriundervisningen bruges til indlæring af teori og begreber, mens praktisk eleverarbejde især skal benyttes til at præsentere eleverne for nogle af fysikkens karakteristiske metoder og lære dem at anvende disse metoder, samt at lære dem at benytte forskelligt laboratorieapparat.

Med det ovenstående kan man få det indtryk, at teoriundervisningen og det praktiske eleverarbejde kan eksistere uafhængig af hinanden i gymnasiets fysikundervisning. Hvis målet alene er at lære nogle metoder og teknikker, kan dette vel opnås med en undervisning, der lægger vægt på det, mens teorien præsenteres i en anden undervisning, der lægger vægt på det. Sådan mener vi selvfølgelig ikke skal være. Vi vil netop pointere, at øvelserne skal have relation til den aktuelle teoriundervisning, og at øvelserne skal afspejle denne undervisning. Herved sikrer man også at eleven får en fornemmelse af sammenspillet mellem teori og eksperimenter i fysikken.

### 3.2 Konstruktivisme og praktisk arbejde.

Vi har indtil nu set på begrundelserne for at have praktisk arbejde i fysikundervisningen, ligesom vi har forsøgt at nuancere disse begrundelser. Vi vil nu se på det praktiske arbejde ud fra en konstruktivistisk synsvinkel. Det praktiske eleverarbejde tillægges en vigtig rolle i en konstruktivistisk tilrettelagt fysikundervisning. Flere har beskæftiget sig med dette bl.a. Poul V. Thomsen (1993), Ole Goldbech, Jens Peter Touborg samt Niels Henrik Würtz (Goldbech et al. 1992) samt Albert Paulsen (1994).

Goldbech et al. (1992) mener, at det praktiske eleverarbejde er velegnet til at sætte eleverne i en kognitiv konflikt, så der sker et skift i elevernes kognitive struktur. Betragter man læring som en dynamisk proces (se kapitel 2), hvor der løbende sker små ændringer i den kognitive struktur, er dette syn noget firkantet. I hvert fald hvis det praktiske eleverarbejde

## Kapitel 3

---

systematisk tilrettelægges for at sætte eleven i en kognitiv konflikt. På den anden side mener vi, at det praktiske elevarbejde kan være et redskab til at sætte elevens hverdagsviden op mod resultaterne fra noget laboratoriearbejde. Dette kan bringe eleven til at indse, at hans eller hendes personlige og ikke-fysiske opfattelse ikke kan eksistere parallelt med den etablerede fysik. Vi mener dog, at denne måde at ændre elevernes hverdagsforestillinger på ikke er velegnet i en klasseundervisning, da eleverne har forskellige forestillinger, og at det måske kræver forskellige oplevelser for at ændre disse opfattelser. Spørgsmålet er derudover, om eleverne accepterer den fysiske undersøgelse som dommer - eller som den ultimative autoritet - med hensyn til om de har den rette forståelse eller ej.

Goldbech et al. (1992) mener ligeledes, at selve rapporteringen i forbindelse med det praktiske arbejde er af stor betydning, fordi eleven får lejlighed for at udtrykke sig skriftligt om et fysisk område. Det kan bl.a. afsløre huller i elevens forståelse for læreren, men også for eleven selv, fordi det er svært at udtrykke sig om et fysisk emne, hvis man ikke har styr på det. Men selve det at skulle formulere sig om et fysisk emne og udtrykke sig om fagets begreber og teorier med sine egne ord har set ud fra en konstruktivistisk synsvinkel en betydning. Det er et led i erkendelsesprocessen. Man forstår tingene bedre, når man tvinges til at formulere sig om dette, om det så er skriftligt i en rapport, eller om det er mundtligt i forbindelse med diskussioner f.eks. i mindre grupper. At udtrykke sig om et fysisk emne kan måske være en metode til at sætte elevernes hverdagsforestillinger i forbindelse med den fysiske forståelse, idet hverdagsforestillinger kan være knyttet til hverdags sproget. I hvert fald kan hverdags sproget være med til at knytte nogle af de abstrakte fysikbegreber og teorier til elevens forestillingsverden, hvilket Nielsen et al. (1992) også er inde på.

### Praktisk arbejde med frihedsgrader

Den traditionelle elevøvelse, også ofte kaldet kogebovsøvelsen, munder ofte ud i en rapport, hvor alt er givet på forhånd. I grelle tilfælde skal eleven blot gøre som den udførlige vejledning kræver, hvorefter de udfylder fortrykte skemaer. Eleverne får i sådanne øvelser ringe mulighed for selvstændige overvejelser af øvelsens problemstilling og dets tilrettelæggelse. Eleverne får måske nok i sådanne øvelser slået teorien bedre fast, idet de arbejder med teorien en gang til og på en ny måde, men de får ikke nødvendigvis en bedre forståelse for - og evne til at anvende - fysikkens metoder. Opgaven har været for stramt formuleret, hvor alt er blevet nøje forklaret på forhånd: problem, apparatur, opstilling osv. For mange elever vil denne måde at arbejde på heller ikke virke motiverende.

Med konstruktivismen tales der om at eleverne konstrukturerer deres egen viden, altså en for eleven aktiv proces. Det får også en betydning for det praktiske elevarbejde, idet de metodemæssige mål, som vi stiller til det praktiske elevarbejde, kun nås, hvis eleven deltager aktivt i læringsprocessen. De vil således ikke få et særligt stort metodemæssigt udbytte, hvis opgaven er fastlagt på forhånd. Derimod i tilfælde af mere åbne opgaver, hvor eleven bliver stillet over for en række valgsituationer, tvinges eleven til at gøre sig nogle selvstændige overvejelser om tilrettelæggelse og udførelse af en øvelse eller en undersøgelse. Eleven kan stilles over for valgsituationer på forskellige områder, f.eks. med hensyn til valg af problem, forslag til problemets løsning, valg af målemetoder og databehandling og -præsentation. De forskellige typer af valgsituationer bliver også kaldt frihedsgrader. Der er givet forskellige forslag til gruppering af frihedsgrader.

Svenskeren Björn Andersson har opstillet en model til brug ved vurdering af antallet af frihedsgrader i forbindelse med praktisk arbejde (se figur 3.2). Mange danske didaktikere

henviser til denne model (Sørensen 1992, Goldbech 1992), som vi derfor vil se lidt nærmere på.

Frihedsgrader	Problem	Gennemførende	Svar
0	givet	givet	givet
1	givet	givet	öppet
2	givet	öppet	öppet
3	givet	öppet	öppet

Figur 3.2 Skema over frihedsgrader efter Björn Andersson (Sørensen 1992).

Andersson forestiller sig at antallet af frihedsgrader vokser "ovenfra og ned", dvs. man ikke kan have et åbent problem, mens gennemførelsen af forsøget er givet. Dette er Helene Sørensen imidlertid uenig i, og man må sige med rette. Hun foreslår endvidere, at man i modellen medtager flere parametre end de her viste.

For at overskue og håndtere de valgfriheder i forbindelse med det praktiske elevarbejde, som bliver givet eleverne, foreslår Paulsen (1994) skemaet vist i figur 3.3.

Frihedsgrader	givet	selv
Problem/indhold i undersøgelse		
Samarbejdsform og organisering		
Planlægning af eksperiment		
Udførelse af eksperiment		
Bearbejdning af måleresultater		
Produkt, resultat, konklusion		
Skriftlig fremstilling		

Figur 3.3 Frihedsgrader i forbindelse med praktisk elevarbejde (Paulsen 1994).

Dette skema blev brugt i forbindelse med et undervisningsforløb, hvor 4 lærere havde sat sig for at udvikle elevernes "eksperimentelle færdigheder" lidt efter lidt (Paulsen 1994). Målet var, at eleverne i sidste ende blev i stand til selvstændigt at udføre et længerevarende eksperimentelt projekt. For at få et overblik over de færdigheder, som eleverne skulle have for at kunne dette, opstillede gruppen 8 kategorier:

- 1) Problem eller emne for den eksperimentelle undersøgelse.
- 2) Organisering af arbejdet og samarbejdsformer.
- 3) Forundersøgelser af nødvendige
  - a) Begreber og teorier
  - b) Apparatur, måleopstillinger
  - c) Kvalitative vurderinger af måleområder og udfald
- 4) Planlægning af eksperimentet, af målinger og af datapræsentation
- 5) Udførsel af eksperimentet og foreløbig vurdering
- 6) Bearbejdning af måleresultater og foreløbig vurdering
- 7) Produkt, resultat, konklusion, vurdering og usikkerheder
- 8) Formidling af arbejdet: Rapport. Skriftlig fremstilling. Fremlæggelse.

## Kapitel 3

---

Det interessante ved dette forløb er, at eleverne i det praktiske elevarbejde kun bliver præsenteret for én ny frihedsgrad ad gangen. Der blev altså i en øvelse eller undersøgelse lægt særlig vægt på den ene af de opstillede færdigheder. Når eleverne så siden hen er i stand til at beherske denne færdighed, kan der lægges vægt på en ny færdighed. Det vil sige, at eleverne i en øvelse godt kan have flere frihedsgrader.

Noget der tiltaler os meget er, at de enkelte øvelser ses i en større sammenhæng. Derved kommer man ud over den fare, der ligger i at se den enkelte øvelse isoleret, eller at den enkelte øvelse kun bliver set i forbindelse med det teoristof, som der nu lige bliver undervist i. Her er der opstillet et klart mål med det praktiske elevarbejde og angivet hvorledes dette mål nås. Det sikrer en progression i det praktiske elevarbejde, som vi mener er vigtigt.

Man kommer derved også ud over faren for at sammenblende målene med den enkelte øvelse. I nogle øvelser kan man lægge særlig vægt på forskellige målemetoder, som er nødvendige i forbindelse med senere øvelser, i andre kan man bygge videre med nogle metodemæssige overvejelser. Det er vigtigt, at eleverne ikke får for mange frihedsgrader på én gang; det vil kun resultere i forvirrede elever, som skal tage stilling til mange ting på én gang. Men hvis de har været gennem nogle overvejelser som følge af en frihedsgrad, vil de kunne bygge videre på dette i senere øvelser. Her kan de så bruge mere tid på andre overvejelser igangsat af en ny frihedsgrad. Derved kan man få et rimelig udbytte af selv mindre elevøvelser, ved på forhånd at sætte sig målene klart og tage et bid ad gangen af de ting, som man mener eleverne skal lære med det praktiske arbejde. Sådanne mange små øvelser kan i sidste ende forberede eleverne til de længerevarende eksperimentelle projekter, hvor de på en gang kan udsættes for mange valg eller frihedsgrader.

Goldbech et al. (1992) påpeger vigtigheden af rapporteringen i forbindelse med det praktiske elevarbejde. Eleven bliver her tvungent til at formulere sig om et fysisk emne. Især ved de længerevarende projekter er der mulighed for at eleverne selv kan vælge metode som i sidste ende lægger op til at rapporten får et reelt indhold; nu er der noget virkeligt at rapportere om og ikke kun en afskrivning af formålet og metode fra lærerens vejledning. Eleven skal nu rapportere om sine egne overvejelser, hvilket unægteligt er mere spændende end de traditionelle rapporteringsformer. Hvis man tilrettelægger det praktiske elevarbejde i en sammenhængende forløb med frihedsgrader til eleven, er der også her nok at rapportere om for eleven. Hver gang eleven træffer et valg, bliver der noget reelt at rapportere om, nemlig de overvejelser, som eleven gør sig i forbindelse med beslutningen.

### **Konsekvenser for det praktiske elevarbejde.**

Inspireret af Woolnough m.fl. mener vi at det praktiske elevarbejde og den teoretiske undervisning skal bruges til det, de hver især er bedst til. Den teoretiske undervisning skal præsentere en række teorier og begreber for eleverne, mens det praktiske elevarbejde skal præsentere eleverne for nogle karakteristiske træk af fysikfagets eksperimentelle side. Det betyder i praksis, at det praktiske elevarbejde ikke skal anvendes til læring af fysikstof/begreber/teori.

Hvordan opfylder man så dette formål med det praktiske elevarbejde? Da øvelserne ikke er skal være teori/begrebsorienterede men metodeorienterede, kan man i højere grad se disse i sammenhæng over f.eks. et år. Efter at have opstillet målene for de færdigheder, som man ønsker at eleverne skal opnå, kan man tilrettelægge øvelserne, således hver øvelse (eller evt. flere) opfylder nogle bestemte formål/lærer eleverne nogle bestemte ting. Stofsiden kommer i anden række, og tilpasses det emne, som er genstand for den teoretiske undervisning. Et eksempel: En øvelses primære formål er at gøre eleverne bedre til (eller lære dem)

dataopsamling eller databehandling, mens det sekundære mål kan være at eftervise Ohms lov eller at få lejlighed for at se Ohms lov anvendt i praksis, og derved få mulighed for at arbejde med begreberne i praksis.

For at øvelserne skal være vedkommende for eleverne, og således at der ikke blot er tale om reproduktion, stilles eleverne i øvelserne over for nogle valgmuligheder, som sikres ved at give dem visse frihedsgrader. Disse gives ikke på én gang, men lidt efter lidt. Der skal være en vis progression med hensyn til antallet af frihedsgrader i øvelserne. I starten kan der være tale om nogle få frihedsgrader med hensyn til valg af målemetoder, mens resten af øvelsen er givet. Senere, når eleverne f.eks. har en vis erfaring med hensyn til dataopsamling mv., kan de gives frihedsgrader inden for andre områder. De længerevarende eksperimentelle projekter kan være en passende afslutning på sådanne mindre øvelser, hvor eleverne gives frihedsgrader på forskellige områder. I sådant et projekt kan man give eleverne mere eller mindre frie hænder, så de selv kan vælge område og målemetoder, selv designe eksperimentet og selv indhente og sætte sig ind i litteratur, selv udføre og behandle data og konkludere på det.

En af fordelene med at give eleverne frihedsgrader er, at rapporteringen bliver mere vedkommende for eleverne, fordi der rapporteres over elevernes egne beslutninger, valg og overvejelser.

### Opsamling.

Vi har i det foregående nået frem til at det primære formål med det praktiske arbejde er at lære fysikkens arbejdsmetoder at kende, samt sekundært - men dog også et vigtigt mål - at udnytte de fordele, som det praktiske arbejde kan give mht. øget interesse og motivation. Endvidere er formålet at give eleverne en fornemmelse for, hvordan teori og praksis optræder sammen. Vi ser altså bort fra mange af de begrundelser for det praktiske arbejde, som traditionelt er blevet brugt, som f.eks. at bruge det som et middel til indlæring af teorien. Når man så skal føre dette mål for det praktiske arbejde ud i livet, er det vigtigt at man har gjort sig klart, hvad formålet med hver enkelt øvelse er. Desuden er det vigtigt at man ikke forsøger at stille for mange mål på én gang.

Med frihedsgrader i forbindelse med praktisk arbejde føres en række beslutningsprocesser over på eleven. Dette giver forhåbentlig eleven en større forståelse for metoder mv. for praktiske arbejde. Ved at overlade en række beslutninger til eleven gøres rapporteringen mere meningsfuld eller relevant for eleven. En fare ligger dog i at overlade eleven for mange frihedsgrader på en gang, hvis eleven ikke i forvejen er forberedt.

### 3.3 Litteratur

Goldbech, Ole, Touborg, Jens Peter og Würtz, Niels Henrik (1992): "Eksperimentets rolle" i Nielsen og Paulsen (red.) (1992), s. 159-171.

Hodson, Derek (1993): "Re-thinking Old Ways: Towards A More Critical Approach To Practical Work In School Science" i *Studies in Science Education* 22 s. 85-142.

Hofstein, Avi (1988): "Practical Work and Science Education II" in Peter Fensham (red.) *Development and dilemmas in science education*, The Palmer Press, London.

Paulsen, Albert (1994): "Eksperimenter i undervisningen - undervisning i eksperimenter" i Paulsen (red.) 1994, s. 139-150

### Kapitel 3

---

Paulsen, Albert (red.) (1994): *Naturfagenes Pædagogik - mellem udviklingsarbejder og teoredannelse*. Rapportbind 2. Samfundslitteratur, København.

Nielsen, Henry og Paulsen, Albert (red.) (1992): *Undervisning i fysik - den konstruktivistiske idé*. Gyldendalske Boghandel, Nordisk Forlag A.S., København.

Nielsen, H., Thomsen, P., Krogh, L., Touborg, J.P., Würtz, N.H., Hansen, G., Lund, K.B. (1992): "Fysik i gymnasiet" i Nielsen og Paulsen (red.) 1992, s. 73-90.

Sjøberg, Svein (1990): *Naturfagenes didaktikk. Fra vitenskap til skolefag*, Gyldendal Norsk Forlag A/S, Oslo.

Wellington, J.J. (1981): "What's supposed to happen, sir? Some problems with discovery learning" i *School Science Review* 63, s. 167-173.

Woolnough, Brian (1983): "Exercise, investigations and experiences" in *Phys. Educ.* 18, s. 60-63.

Woolnough, Brian and Allsop, Terry (1985): *Practical Work in Science* Cambridge University Press, Cambridge.



**Del I**  
**1907-reformen**

## Indledning til del I.

---

Denne hoveddel omhandler perioden omkring den reform af gymnasiets fysikundervisning, som trådte i kraft i 1907. En gennemgående tråd i denne hoveddel er at afklare, hvorfor de obligatoriske elevøvelser blev indført i gymnasiets fysikundervisning i 1907 samt at afklare formålet med dem. Dette forsøges ved at se på de bagvedliggende pædagogiske tanker og de bagvedliggende diskussioner, som foregik blandt fysiklærere (eller andre med tilknytning til fysikfaget) og førende pædagoger. Desuden vil vi inddrage dele af den almindelige samfundsudvikling i sidste halvdel af det 19. århundrede.

Denne periode er interessant for fysikfaget, idet det er omkring århundredskiftet, at fysikfaget etablerede sig for alvor som fag i den højere skole. Det skete delvis med oprettelsen af den matematiske-naturvidenskabelige linie i 1871 i den daværende latinskole og for alvor med det nye gymnasium i 1907, hvor naturlære fik betydelig flere timer end tidligere. I denne periode blev der kæmpet for at give realfagene, herunder fysikfaget, en betydelig rolle som almindende fag, hvilket også skete til en vis grad med indførelsen af gymnasiet i 1907. På denne tid blev der fremført en række begrundelser for at undervise i de naturvidenskabelige fag fremfor de gamle klassiske fag (græsk og latin). Som noget væsentligt for denne periode blev det praktiske elevarbejde indført som en obligatorisk del af fysikundervisningen. Det var her, at traditionen for, hvorledes de praktiske elevøvelser skulle udføres, blev grundlagt. Vi vil i de følgende kapitler se på argumenterne i diskussionen mellem tilhængerne af hhv. de klassiske og de naturvidenskabelige fag. Endvidere vil vi se, hvilke begrundelser man fremførte for at indføre de praktiske elevøvelser.

Læseren skal være opmærksom på, at vi i denne hoveddel omtaler både 1903-reformen og 1907-reformen. Det førstnævnte henviser til almenskoleloven og de strukturændringer, som skete for hele skolesystemet inkl. fysikfaget, og det sidstnævnte omtaler de ændringer af gymnasiets fysikundervisning, som trådte i kraft i 1907.

I denne hoveddel vil vi i de tilhørende kapitler komme ind på følgende:

I kapitel 4 tegner vi et billede af situationen på skoleområdet i den sidste halvdel af det 19. århundrede, herunder fysikundervisningen. Tillige kommer vi ind på nogle diskussioner om hvilke fag, der har den største dannelsesmæssige værdi. Dette er et indledende kapitel, som danner baggrund for at beskæftige sig med 1907-reformen.

I det næste kapitel - kapitel 5 - forsøger vi at efterspore årsagen til, at man lagde så meget vægt på den eksperimentelle side af fysikundervisningen, som det var tilfældet ved indførelsen af elevøvelsen i forbindelse med 1907-reformen. Ændringer af fysikundervisningen skal efter vores opfattelse forklares dels med de positivistiske strømninger, som slog igennem i slutningen af det 19. århundrede, dels med den samfundsmæssige udvikling. Derudover er det efter vores mening det nye pædagogiske princip, selvvirksomhed, der fik en betydning for, hvorledes fysikundervisningen kom til at se ud efter reformen, hvor det praktiske elevarbejde fik så stor en betydning.

Vi ser i kapitel 6 nærmere på fysikfaget og begrundelserne herfor i Danmark. Vi vil forsøge at finde frem til, hvorledes fysikundervisningen var tænkt gennemført, og prøve at sætte disse undervisningsprincipper i relation til de almene pædagogiske principper, som blev formuleret i kapitel 5. Men en ting er de forgyldte pædagogiske principper, noget andet er praksis. Danske fysikundervisere blev på den tid inspireret af, hvorledes eksperimentelt funderet undervisning blev praktiseret i udlandet, hvilket vi beskriver her.

De i de foregående beskrevne forhold havde med forskellig styrke indflydelse på udformningen af anordningen og cirkulæret, der omhandler indholdet af faget naturlære.

Undervisningen efter disse blev ført ud i livet i 1907. Indholdet vil blive beskrevet i kapitel 7 sammen de strukturændringer som skolereformen medførte.

En ting er intentionerne med og principperne bag fysikundervisningen i gymnasiet efter 1907, noget andet er den reelle udformning af undervisningen og af det praktiske elevarbejde. Disse ting vil vi sætte overfor hinanden ved at undersøge udvalgt lærebogsmateriale samt udvalgte øvelsesvejledninger. Dette gør vi i kapitel 8. Vi ønsker her at give et fingerpeg om den praktiserede fysikundervisning.

Intentionen med dette arbejde er at afklare nogle vigtige forhold bag udformningen af fysikundervisningen efter 1907. Med undersøgelsen af lærebøgerne og øvelsesvejledningerne sigter vi på at belyse det praktiske elevarbejdes faktiske rolle i fysikundervisningen. Disse overvejelser vil blive gjort i kapitel 9, som er sammenfatningen på denne af rapportens hoveddele.

## **Indledning til del I.**

---

# Kapitel

# 4

## Den lærde skole og dannelsesdiskussioner

I 1814 blev alle børn i Danmark undervisningspligtige fra de var 7 år til de blev konfirmeret. Det var dog ikke ensbetydende med at alle børn gik i skole så længe. Indførelsen af denne undervisningspligt skete med almueskoleloven af 1814, og denne lov skulle i løbet af de næste hundrede år blive fulgt af en række andre love, der havde til formål at modernisere skolen, og give den enkelte elev bedre muligheder for at følge undervisningen så langt evner og lyst rakte. To af de vigtigste love på skoleområdet omkring århundredeskiftet var folkeskoleloven fra 1901 og almenskoleloven fra 1903. Disse to love tilsammen indførte i princippet en enhedsskole<sup>1</sup> i Danmark. Baggrunden for dette kommer vi tilbage til senere. I dette kapitel vil vi koncentrere os om, hvordan især den lærde skole så ud før reformen i 1903 samt komme ind på nogle af de diskussioner, der blev ført fagene imellem i den lærde skole. Dette kapitel giver en baggrund for en behandlingen af fysikundervisningen i de senere kapitler.

### 4.1 Skolesystemet

Op til skolereformen og indførelsen af den sammenhængende skolestruktur i 1903 var det danske skolesystem temmelig svært at overskue. Dels var der stor forskel mellem land og by, dels var der stor forskel mellem mulighederne for fattige og velhavende. I landsbyskolen - også kaldet almueskolen - stod ofte kun én lærer for undervisningen. Denne skole var ofte delt i to klasser, således eleverne i mange sogne blev undervist hver anden dag (Haue et al. 1986, s. 36). I andre mindre skoler blev eleverne i de to klasser undervist henholdsvis om formiddagen og om eftermiddagen.

I de større byer kunne eleverne blive undervist i den kommunale skole eller i en privat skole. Kommuneskolen var nogle steder opdelt i en del for de fattige og en betalings-skole for de, der kunne betale. Desuden fandtes der også her private skoler, som ikke var eksamens-givende. I de større provinsbyer samt København fandtes latinsko-ler, enten de statslige eller de private. 1891 var der i Danmark 12 statslige lærde skoler, mens der omtrent samtidig var 20 private dimissionsberettigede private<sup>2</sup>. De private latinsko-ler fungerede også ofte som real-

<sup>1</sup> Med dette menes et sammenhængende skolestruktur. Dette har ikke noget at gøre med den betydning af ordet, som blev brugt senere mht. en ikke-opdelt skole.

<sup>2</sup> De statslige skoler var: Metropolitanskolen (København), katedralskolerne i Nykøbing F., Odense, Ribe, Roskilde, Viborg, Ålborg og Århus samt de lærde skoler i Frederiksborg, Horsens og Randers og endelig Soro Akademi's lærde skole. De private skoler var: Herlufsholm lærde skole, Haderslev Læreres Skole og i København: Schneekloth's Latin- og Realskole, Maribo's Skole, Borgerdydskolen i København, Borgedydskolen paa Christianshavn, v. Westenske Institut, Lyceum, Hauchs Latin- og Realskole, Nørrebro's Latin og Realskole, Efterslægtsselskabets skole, Natalie Zahles Skole, Slomanns Latin og Realskole i København, Frederiksberg Latin- og Realskole og endelig Ordrup Latin- og Realskole. Birkerød Latin- og Realskole, Helsingør Latin- og Realskole, Fredericia Latin- og Realskole, Vejle Latin- og Realskole samt Kolding Latin- og Realskole.

## Kapitel 4.

---

skoler. Eleverne i latinskolen begyndte i 10-12 års alderen, hvor det krævedes, at de var i besiddelse af en række forkundskaber, enten indhentet gennem hjemmeundervisning eller i private forberedelsesskoler. Latinskolerne var betalingskoler, hvilket havde en betydning for, hvilke elever der havde mulighed for at modtage en undervisning her. Endvidere var de forbeholdt drenge.

Det ses altså, at der var et virvar af forskellige private eller offentlige og halvoffentlige skoler. Dette betød, at det ofte var umuligt at skifte fra den ene type skole til den anden. Gik man f.eks. i en kommunal betalingskole/realskole var det ikke muligt efter f.eks. 3-4 år at indskrive sig i en latinskole, da man ikke ville kunne opfylde de krav, der blev stillet fra den nye skoles side. Denne mulighed fandtes dog i de kombinerede real- og latinskoler, hvor man erhvervede sig de påkrævede færdigheder i realdelen og således kunne fortsætte i latinskolen.

I 1881 indførte Kultusministeriet<sup>3</sup> realeksamen, men der blev ikke truffet foranstaltninger mod at indføre en decideret realskole. Dette skete derimod på privat basis. Fra 1883 til 1902 steg antallet af realskoler fra 26 til 130 (Haue et al. 1986, s. 39), og disse skoler var betalingskoler. Realskolen var fireårig og efterfulgte undervisningen i kommuneskolen eller de private skoler. Realeksamen gav mange muligheder for job, f.eks. inden for postvæsnet og jernbanen, og gav endvidere eleverne mulighed for at videreuddanne sig på bl.a seminarier og Landbohøjskolen (Haue et al. 1986, s. 39).

Latinskolen blev med Madvigs skolelov i 1850 8-årig, men i 1871 blev de to nederste klasser med Halls reform skåret væk (mere om disse to skolelove i næste afsnit). Latinskoleeksamen - eller studentereksamen - var den eneste eksamen, som gav adgang til universitetet (Københavns Universitet). Denne eksamen foregik på universitetet, og kan således betragtes som en adgangsprøve til universitetet. Så godt som alle dimittender fra de lærde skoler fortsatte på universitetet. I perioden 1883-1903 tog ca. 9/10 af alle dimitterede filosofikum (Skovgaard-Petersen 1976, s. 87). Den lærde skole var således først og fremmest en forberedelsesskole til universitet. Latinskoleeleverne var de kommende embedsmænd, præster, jurister o.lign.

### 4.2 Undervisningen i latinskolerne

Latinskolens rødder rækker langt tilbage, og det vil være for omfattende at gennemgå denne skoles historie på dette sted. Forud for reformen i 1903 vil vi kort beskrive to love i det nitende århundrede, der var af betydning for de lærde skoler: Madvigs skolelov fra 1850 og Halls skolelov fra 1871.

Med Madvigs skolelov i 1850 blev fagmængden udvidet i latinskolerne. Hidtil var det de klassiske sprog og kultur samt matematik, der blev undervist i. Der blev nu undervist i tysk, fransk og naturlære, altså hvad man vil kalde realfag. Der skete dog ikke samtidig en reduktion af stofmængden i de gamle fag. Madvig var undervisningsinspektør<sup>4</sup> i perioden fra 1848, hvor stillingen blev oprettet, til 1874. Undtaget herfra en treårig periode (1848-1851), hvor han var kultusminister, dvs. minister for kirke- og undervisningsvæsen. Efter Madvigs opfattelse skulle latinskolen både være almendannende og studieforberedende, hvilket han lagde vægt på i formålsparagraffen for undervisningsplanen fra 1850. Skolen skulle efter Madvigs mening ikke blot være for landets kommende embedsmænd, men også være et tilbud til andre. Som vi så i

---

<sup>3</sup> Dette var ministeriet for kultur og undervisning.

<sup>4</sup> Undervisningsinspektøren var leder af undervisningsinspektionen (under kultusministeriet), som udøvede kontrol med de lærde skoler.

afsnit 4.1 fortsatte så godt som alle dimittender på universitetet, hvorfor den i praksis må siges at være studieforbereende. Han mente, at de klassiske sprog skulle læres for at forstå de klassiske kulturer, og fordi de i sig selv havde en stor værdi. Der lå et såkaldt encyklopædisk dannelsesideal bag denne skole, hvilket vil sige at eleverne skulle have en bred vifte af fag uden specialisering.

	I	II	III			IV			Sum	V			VI		
			S	F	M	S	F	M		S	F	M	S	F	M
Dansk	3	2		2	1		2	1	9+2		4			4	
Tysk	2	2		2			2		8		2*)			2*)	
Fransk	3	3		2			2		10		3			3	
Latin	6	8		7			8		29	9				8	
Græsk				5			5		10	6				6	
Religion	2	2		2					6						
Historie	2	2		3			2		9		3			4	
Geografi	2	2		1			2		7						
Mathematik og tegning	6	6		4	2		5	2	21+4				10		10
Naturhistorie	2	2		2			2		8						
Naturlære					2			2	" 4	3		5	3		5
Skrivning	2	1							3						
	30	30	5	25	5	5	25	5		18	12	15	17	13	15

\*) eller Engelsk.

Tabel 4.1. Timeplansfordeling ifølge anordning af 5. august 1871. S: sproglige, M: matematikere og F: fællesfag

Med Mådvigs skolelov blev der altså indført nye fag i latinskolerne, men der skete samtidig ikke en tilsvarende reduktion i det gamle pensum. Derfor skulle eleverne nu overkomme mere og blev således udsat for et større arbejdspress. Der var i vide kredse bekymring for at der skete en overanstrengelse af eleverne. Dette arbejdspress søgtes løst ved en deling af latinskolen i en matematisk-naturvidenskabelig og en sproglig-historisk afdeling, den såkaldte tvedeling.

### Halls skolelov, 1871

Tvedelingen skete med Halls skolelov fra 1871. Det var især i de øverste klasser, at delingen var synlig. Det meste af pensumet var fælles for de to linier, men i den matematiske-naturvidenskabelige linie blev der i de to øverste klasser lagt særlig vægt på matematik og naturlære, og i den sproglig-historiske linies to øverste klasser blev der tilsvarende lagt særlig vægt på latin og græsk (se tabel 4.1).

Halls skolelov brød med Mådvigs encyklopædiske dannelsesideal. Nu skete der en specialisering allerede i latinskolen, hvilket blev set på med skepsis fra mange sider i det pædagogiske samfund. Kroman og Tuxen - der, som vi skal se senere, ellers var uenige om så meget andet - var enige om, at tvedelingen var en forringelse af latinskolen. Kroman så det som skolens mål at "udvikle [elevens] Evner saa rigt og alsidigt som muligt" ... "og give ham et vist Forraad af Kundskaber med paa Veien" (Kroman 1884, s. 39-40), og en alsidig almendannelse fordrede en samlet lærd skole.

### 4.3 Dannelsesdiskussioner

I hele 1800-tallet blev der diskuteret meget om undervisningen i de lærde skoler. Diskussionerne kan samlet betegnes dannelsesdiskussioner. Der var to typer af dannelsesdiskussioner; den ene omhandlede, kundskaber undervisningen skulle bibringe eleverne. Dette var en diskussion om den materiel dannelse. I den anden diskussion var emnet, hvilke fag, der bedst opøver nogle bestemte intellektuelle færdigheder hos eleverne. Dette kan betegnes som en diskussion om den formale dannelse.

Den første af disse diskussioner handlede altså om hvilke færdigheder, som eleverne skulle opnå gennem undervisningen. Indenfor den fremvoksende handelsstand var der behov for færdigheder inden for matematik, moderne sprog mv., og der var derfor fra denne side ønsker om en nyttebetonet undervisning i de lærde skoler. Latinskolen var traditionelt en embedsmandsskole, og undervisningen i de gamle sprog var ikke meget bevendt i næringslivet. Det var ikke blot handelsstanden, som ønskede en ændring af de lærde skoler; det ville også repræsentanter for den hastigt voksende naturvidenskab. Dette blev begrundet med de store landvindinger, som naturvidenskaben gjorde i sidste halvdel af 1800-tallet. Naturvidenskaben havde efterhånden fået en væsentlig betydning i dagliglivet, eksemplificeret med dampmaskinen og telegrafene, og derfor mente mange, at undervisningen i skolen skulle afspejle denne udvikling, hvilke betød, at der skulle lægges større vægt på de naturvidenskabelige fag.

Diskussionerne handlede om, hvorvidt der i undervisningen som tidligere skulle lægges vægt på de såkaldte almindendannende fag eller på de mere nyttebetonede reale fag. Denne diskussion fortonede sig med indførelsen af realeksamen i 1881.

En anden side af dannelsesdiskussionerne var spørgsmålet om, hvilke fag der kunne betragtes som værende formaldannende. Med en formaldannende undervisning menes en undervisning, hvor eleven udvikler nogle intellektuelle færdigheder i en eller anden retning; færdigheder, der ikke kun kommer ham eller hun til gode i det fag, der undervises i. F.eks. blev det fremført, at hukommelsesevnen blev opøvet ved at lære remser udenad. Dette kom eleven til gode i andre fag og i resten af livet. Og ved at lære den latinske grammatik, hævdede nogle, blev elevernes intellektet og deres logiske sans udviklet. Det var i princippet uden betydning, hvad der blev undervist i, når bare faget udviklede eleven i en rigtig retning. I praksis blev der selvfølgelig også lagt vægt på fagenes indhold. I dannelsesdiskussionen i slutningen af det forrige århundrede var der nogle, som hævdede, at latin var særlig velegnet som et formaldannende fag i latinskolerne, mens andre mente, at naturvidenskaberne havde en tilsvarende værdi. Denne diskussion er altså af betydning, da det i sidste ende handlede om, hvilke fag der skulle undervises i ved de lærde skoler.

Der var dog folk (bl.a. Madvig), som afviste tanken om formaldannelse. Han mente i stedet at vægten skulle lægges på fagenes indholdsmæssige side (jf. det encyklopædiske dannelsesideal, som er beskrevet ovenfor).

Både i England og i USA foregik der i det forrige århundrede ligeledes en diskussion om hvilke fag eleverne skulle undervises i. Skulle de undervises i de klassiske sprog, latin og græsk, eller skulle de nye fag, herunder de naturvidenskabelige, have en fast plads i undervisningen? I England påbegyndtes denne diskussion tidligere end i Danmark igangsat af den tidlige industrielle udvikling.



### Naturvidenskabelig fag kontra klassiske fag

Som en illustration af diskussion om, hvilke fag, der blev betragtet som formaldannende, har vi valgt at se lidt på diskussionen mellem K. Kroman og S. L. Tuxen. Formålet med dette afsnit er ikke at komme med en minutiøs gennemgang af deres meningsudvekslinger, men at bruge de to personer, som typiske repræsentanter i dannelsesdiskussionen. Kroman var doktor i filosofi og docent i pædagogik og var præget af de positivistiske tanker (se afsnit 5.1), mens Tuxen, som havde baggrund i skolen (han var bl.a. leder af Natalie Zahles Artiumskursus) var repræsentant for den nyhumanistiske tradition.

Kroman var en ivrig fortaler for at lade de naturvidenskabelige fag overtage de gamle sprogfag rolle, som de vigtigste formaldannende fag. Udover at være formaldannende havde de naturvidenskabelige fag ifølge Kroman også en materiel værdi. I *Om Maal og Midler for den høiere Skoleundervisning*, der var skrevet som et gensvar til Tuxens *Om Maal og Midler for den høiere Dannelse* fra 1884, argumenterede han for de naturvidenskabelige fag:

For at forstaa Menneskelivet omkring sig er det dermed blevet mindre nødvendigt end før at kjende til Grækere og Romere, mere nødvendigt end før at kjende til den Side af det menneskelige Aandsliv, der aabenbarer sig i de store naturvidenskabelige Opdagelser, Opfindelser og Theorier. Allerede deraf synes at følge - hvis Skolen da overhovedet skal have med det virkelige Liv at gjøre -, at den antike Filologis Plads maa formindskes og Naturvidenskabernes Plads forøges. Og dette følger end yderligere deraf, at disse naturvidenskaber i sig selv, som det følgende skal søge at godtgjøre, ere et bedre Opdragemiddel end hine gamle Sprog, fordi de i høiere Grad henvende sig til Anskuelse og Tanken og i ringere Grad til den rent Mekaniske Hukommelse end Sprogene.

(Kroman 1886, s. 17):

Mere klart kan det næsten ikke siges: Nutidens elever har ikke brug for at lære græsk og latin for derigennem at få kendskab til for længst uddøde kulturer. Fag som i den grad er baseret på ren udenadslære og ikke levner eleverne mulighed for at tænke selv. Denne mulighed giver de naturvidenskabelige fag: Disse fag har således klare fortrin:

Snart hedder det, at kun de filologiske Fag have virkelig pædagogisk Værdi, fordi de alene give sig af med Mennesket - ret som om Menneskeaaanden aabenbarede sig alene gennem Poesien og de historiske Omvæltninger og ikke gennem de store Opdagelser, Opfindelser og Theorier, ret som om Watt og Fulton, Franklin og Ørsted, Jenner, Pasteur og Lister ikke havde fremmet Menneskeslægtens Lykke fuldt saa vel som Homer og Horats, Alexander og Napoleon, ret som om det ikke var lige saa ophøiet og menneskeligt at indvie de unge i, hvorledes Newton undfangede sine u dødelige Tanker, som at lade dem lytte til, hvad Horats synger om sine Elskerinder.

(Kroman 1886, s. 26)

De naturvidenskabelige fag giver altså eleverne mulighed for at lære ting, der har med "det virkelige liv" at gøre. Og det er ifølge Kroman bl.a. Newtons teorier og de førømtalte teknologiske opfindelser.

For at belyse de naturvidenskabelige fags pædagogiske fortrin giver Kroman et eksempel med en digter og en naturvidenskabsmand:

## Kapitel 4.

---

...ingen Kritiker har Naturens Myndighed. Slaar Experimentet feil, saa føler Naturforskeren sig øieblikkelig truffen; men er Kritikeren misfornøiet, saa har Digteren endnu den Udvei, at han var en daarlig Kritiker ... Sysselen med alle disse Beskæftigelser har derfor ringere tankeopdragende Magt end Sysselen med Naturvidenskaberne.

(Kroman 1886, s. 68)

Og han kommer med følgende salut i slutningen af *Om Maal og Midler* om de naturvidenskabelige fag:

...de Fag, der saa at sige forme hele Nutidslivet og som for enhver Psykolog uomtvistelig maa staa som de aller fornemste Opdragelsesmidler

(Kroman, 1886, s. 314)

Som Skovgaard-Petersen udtrykker det, var der over Kromans debatindlæg "...fanfareklang, - ikke fra det tidligere spøgelses gang gennem verdensdelen, men fra positivismens trommer." (Skovgaard-Petersen 1976, s. 139). Men det "gamle spøgelse" levede skam i bedste velgående, bl.a. takket være Tuxen. Han anklagede Kroman for ikke at vide, hvad han talte om, når han kritiserede de eksisterende forhold. Netop det, at Kroman ikke havde nogen direkte tilknytning til skolen, brugte Tuxen i et debatindlæg: "...jeg tager dog næppe fejl i at forudsætte, at han hverken er eller har været praktisk Skolemand i noget synderlig stort Omfang,..." (Tuxen, 1886 s. 1-2)

Men han fremkom også med reelle argumenter og synspunkter i sagen. Han så nemlig en fare i en naturvidenskabelig dannelse, idet eleverne vænnes til abstrakt og "formalistisk" tænkning på bekostning af kendskabet til mennesket:

Da det er Naturens Lovmæssighed, dens Form, der udgjør det dannelsesstof, Naturvidenskaberne kunne afgive, maa den Dannelse, der naas gjennem disse Fag, lige saa vel som den matematiske, kaldes formalistisk; det er overalt Opgaven, ikke at berige Sjælen, men at danne Forstanden, dels i Almindelighed, dels til Forstaaelse af Naturens Hele. Det er altsaa en ensidig Forstandsudvikling, og vel at mærke, det er ikke Forstand paa Menneskelivet, paa sig selv og de Mennesker, der omgive os, men Forstand alene paa det, der ligger uden for dette.

(Tuxen i Tilskueren, august 1884<sup>5</sup>)

I sit svar på Kromans *Om Maal og Midler* afviste han ikke, at de naturvidenskabelige fag hører med til en almen dannelse, men det er at gå for vidt, mente han, at sidestille dem med eller sågar fremhæve dem i forhold til de klassiske fag:

Endskjønt vi nemlig herhjemme ved Skoleloven af 1871 [Halls skolelov, se forgående afsnit] gik langt videre i Anerkjendelse af disse Fags store Betydning for Almendannelsen end de fleste andre Lande i Evropa, gik man dog ikke heller her videre end til at indrømme dem en Plads sideordenet med de sproglige og historiske Fag. Der er tilmed næppe nogen Tvivl om, at den allerstørste Del af danske Pædagoger stillede sig meget tvivlende overfor dette Forsøg paa til en vis Grad at erstatte den historiske Dannelse med en matematisk-naturvidenskabelig.

(Tuxen, 1886 s. 15-16)

---

<sup>5</sup> Refereret af V. Pingel i *Vor Ungdom*, 1884, s. 315.

Ifølge Tuxen er der nemlig ting, som man med naturvidenskabens metoder er ude af stand til at beskæftige sig med:

Hvilket Lægemiddel, der er det bedste i et givet Sygdomstilfælde, kan videnskaben lære os, hvilken politisk Forfatning, hvilken Æsthetik eller Pædagogik der er bedst, gives der ingen Lov for.

(Tuxen 1886, s. 49-50)

Kromans begejstring for naturvidenskaben og dens landvindinger genfinder vi således ikke hos Tuxen, tværtimod. Naturvidenskaben kan fortælle os noget om helt begrænsede emner, men den kommer til kort, når man beskæftiger sig med de ting, som er vigtige her i livet for det enkelte menneske.

#### 4.5 Undervisning i naturlære før reformen i 1903

Som nævnt blev de naturvidenskabelige fag og matematik på en måde styrket ved tvedelingen af latinskolen i 1871, idet undervisningen på den matematiske-naturvidenskabelige linie kom til at omfatte flere timer inden for disse fag. Om det så skal ses som en styrkelse for hele latinskolen er så et andet spørgsmål, da der sker en indskrænkning i den naturvidenskabelige-matematiske undervisning på den sproglig-historiske linie. Undervisningen på den matematiske-naturvidenskabelige linie lagde vægt på naturlære (fysik, astronomi og kemi) og på matematik. I 1882 omfattede den samlede undervisning i matematik henholdsvis naturlære 45 og 14 timer<sup>6</sup> fordelt over alle klassetrin. Vi kan således se, at matematikken klart dominerer over naturlære hvad angår timetal. Selv om naturfagene havde vundet frem i latinskolen, havde de stadigvæk en relativ beskedne rolle i forhold til sprogfagene og matematikken.

I Halls skolelov (anordning af 5te august 1871) angives det, hvad naturlæreundervisningen skulle indeholde:

I Naturlære er Undervisningen i de 4 nederste Klasser tilsigtet anlagt efter et Maal, der medfører en vis Afslutning uden at forudsætte en mathematisk Indsigt eller i det hele en Modenhed, som endnu ikke er tilstede, ligesom der ogsaa er taget Hensyn til at undgaa en ligefrem Gjentakelse af 5te Klasse. Det fysiske Kursus maa omfatte:

Legemernes almindelige Egenskaber, Rumopfyldning, Sammenhængskraft og Delelighed. Legemernes Tilstandsformer og Modifikationer deraf - Tyngden. Vægt, Vægtfylde. Alle Legemer ere lige tunge. Tyngden er en almindelig Tiltrækning. Tyngdepunktet. Vædskens Tryk i alle Retninger. Luftens Tryk. Barometeret. Luftpompen og Forsøg dermed. Luftens Vægtfylde. Luftballonen. - Sammenhængskraft og Vedhængning - Magnetiske Grundfænomener. Magnetaalens Retning. Jordens Magnetkraft. - Elektriske Grundfænomener. Elektricitet ved Fordeling. Elektroskoper. Elektriskmaskinen. Elektrisk Ledning. Leydnerflasken. Kondensator. Elektrofor - Bevægelse betragtet som Virksomhed - Lyden. Dens Hastighed og Tilbagekastning. Toner. - Lyset. Dets Tilbagekastning og Brydning. Farveadspredelse - Varme. Legemers Udvidelse. Thermometret. Smeltning. Fordampning. - Virkninger af den elektriske Udladning.

Dertil maa knytte sig en kortfattet Fremstilling af den uorganiske Kemi, saa at det Hele bliver en fyldig proprædeutisk Indledning til Naturlæren, omtrent som Johnstrups Lærebog.

(Linde 1881, s. 267)

<sup>6</sup> Som den blev anbefalet af ministeriet i cirkulære af 21. juni 1882.

## Kapitel 4.

---

Der lægges altså vægt på forskellige fænomener og apparatur i pensumet, fremfor forskellige begreber såsom kraft og hastighed, som man vil se i dag. Begreberne blev behandlet gennem disse fænomener. Om undervisningen i naturlære for 5. og 6. klasse hedder det:

For de Disciple, der følge den Mathematisk-Naturvidenskabelige Retning, behandles Naturlæren saaledes, at den paa den ene Side, som væsentlig Del af Grundlaget for en almindelig Dannelse, kan give en virkelig, om end begrændset Indsigt, ikke i Videnskabens, men i Naturens Væsen og paa den anden Side vise sig som en Del af et Hele ved at støtte sig til Mathematiken og igjen støtte den ved Anvendelsen af dens Sætninger paa Naturens Fænomener. Behandlingen maa være mathematisk der, hvor Stoffets Beskaffenhed naturligt kræver en mathematisk Behandling, men dog tillige saaledes, at Experimentet ikke forsømmes, hvor det kan paavise Rigtigheden af de ad mathematisk Vei vundne Resultater, eller hvor det ad Erfaringens Vei fører til at kjende Naturens Love. Fysiken maa støtte til det i det foreløbige Kursus alt vundne Udbytte, der bestandig maa vedligeholdes; den bør behandles temmelig omfattende, dog saaledes at man ikke taber sig i videnskabelig Detail, i Kabinetsexperimenter eller i detaljerede Beskrivelser af Instrumenter. Astronomien meddeles efter en mindre Lærebog, men i Lighed med Fysiken paa mathematisk Grundlag. Til dens Brug maa meddeles den sfæriske Trigonometri's Grundformler.

(Linde 1881, s. 269)

Formålet med naturlæreundervisningen var altså at bidrage til almindelig dannelse. Med hensyn til dette er det værd at bemærke, at almindelig dannelse ikke skulle bygge på kendskab til videnskaben (de naturvidenskabelige metoder), men på kendskab til "Naturens Væsen", hvilket vil sige naturfænomener. Derudover lægges der op til, at matematikken og fysikken skulle integreres ved at finde anvendelser på hinandens områder. Det vil sige, at fysikken til en vis grad skulle bygge på matematikken. Som vi kan se i tabel 4.1, dominerede matematikken over naturfagene i antallet af timer, hvilket antyder, at dette fag blev regnet for vigtigere end naturfagene. Derfor kan det heller ikke undre os, at matematikken skulle spille en vigtig rolle i fysikundervisningen.

I anordningen lægges der også vægt på, at eksperimentet ikke blev forsømt, men den form for eksperimenter, der er tale om, er demonstrationsforsøg og ikke eksperimenter udført af eleverne. Der er også tale om, at eksperimenterne skulle benyttes til at eftervise rigtigheden af matematisk udledte resultater.

### 4.6 Opsamling

Skolestrukturen i det forrige århundrede var, som vi har set, temmelig uoverskueligt og meget lidt sammenhængende, bl.a. skulle visse færdigheder erhverves i betalingsskoler, hvis man ønskede at fortsætte i latinskolen. Dette betød i praksis, at mange børn var afskåret fra at gå den boglige vej.

Latinskolerne blev reformeret to gange i anden halvdel af århundredet. I 1850 med Madvigs skolelov, der byggede på det såkaldte encyklopædiske dannelsesideal. Dvs. en meget bred og almen uddannelse. Dette betød i praksis - hævdede mange - at eleverne efterhånden blev overbebyrdede. Løsningen på dette var den tvedeling (i en sproglig-historisk linje og en matematisk-naturvidenskabelig linje), som blev gennemført med Halls skolelov i 1871.

Gennem hele denne periode foregik der en diskussion mellem tilhængere af et klassisk dannelsesideal og folk der var tilhængere af naturvidenskaben, der i hele Europa havde vind i sejlene. Diskussionen handlede om, hvilke fag, der kunne siges at være bedst i formaldannende øjemed. Tuxen og Kroman stod i Danmark som to typiske repræsentanter for de to modsatrettede fløje.

Således kæmpede naturvidenskabsfagene for blive anerkendt som undervisningsfag i de lærde skoler. Diskussionerne om naturvidenskaben kom derfor i størstedelen til at handle om, hvorvidt de naturvidenskabelige fag havde en større eller mindre dannelsesværdi, evt. formaldannende, end de etablerede klassiske sprog. Det er værd at bemærke, at diskussionerne ikke handlede om, hvad f.eks. selve fysikundervisningen skulle omfatte, og hvordan undervisningen skulle foregå. Tilhængere for naturvidenskabsfagene argumenterede for den ypperlige dannelsesværdi, som naturvidenskaben indeholdt osv. Først da faget i vide kredse var anerkendt og etableret, tog overvejelserne om fagenes indhold og metoder over, hvilket vi vil komme ind på i næste afsnit.

### 4.7 Kilder og litteratur

Hansen, Oscar (1898): *Opdragelseslære* Gyldendalske Boghandels Forlag, København.

Haue, Harry, Nørgaard, Ellen, Skovgaard-Petersen, Vagn, Thiedecke, Johnny (1986): *Skolen i Danmark, 1500-1980'erne*, Systime, København.

Heegaard, S. (1893): *Opdragelseslære*. Gyldendalske Boghandels Forlag (F. Hegel & Søn), København. (første udgave i 1881)

Høffding, Harald (1922): *Den nyere Filosofis Historie (Niende og Tiende Bog)*. Gyldendalske Boghandel, København.

Kroman, K. (1886): *Om Maal og Midler for den høiere Skoleundervisning*. Andr. Fred. Høst & Søns Forlag, København.

Linde, A. (1881): *Meddelelser angaaende de lærde Skoler med dertil hørende Realundervisning i Kongeriget Danmark for Aarene 1857-1878*.

Pingel, V., 1884: "Gjensvar til Kand. S. L. Tuxen" i *Vor Ungdom* 1884, s.308-316.

Grue-Sørensen, K., og Winther-Jensen, Thyge (red.) (1978): *Pædagogikkens hvem hvad hvor*, Politikens Forlag, København.

Muschinsky, Lars Jacob og Schnack, Karsten (red.) (1991): *Pædagogisk Opslagsbog*, Christian Ejlers' Forlag, København.

Schnack, Karsten (1991): "Dannelse" i Muschinsky og Schnack (red.) 1991.

Skovgaard-Petersen, Vagn (1976): *Dannelse og demokrati. Fra latin- til almenskole. Lov om højere almenskoler 24. april 1903*. Gyldendalske Boghandel, København.

Tuxen, S. L. (1886): *Professor Kromans Forslag til en Skolereform belyst af S. L. Tuxen, Wilhelm Priors Hof-Boghandel, København*. (Trykt bagest i Kroman 1886).

## **Kapitel 4.**

---

# Kapitel

# 5

## Den almene pædagogiske debat i Danmark

Inden vi fordyber os i debatten inden for fysikfaget, vil vi i dette afsnit se nærmere på den brede pædagogiske debat, som foregik her i landet i tidsrummet op til skolereformen i 1903. Vi mener, at diskussionerne inden for fysikfaget afspejler tidens generelle pædagogiske tendenser. Disse generelle tendenser kan i en vis udstrækning spores tilbage til påvirkninger fra udlandet, og derfor vil vi indledningsvis se på disse tendenser. Derefter vil vi vende os mod den danske pædagogik og her er der efter vores mening især tre pædagoger, der tegner billedet: Sophus Heegaard, Oscar Hansen og Ernst Kaper.

Vi vil med hensyn til den pædagogiske debat se bredt på hele skolen, idet nye pædagogiske tanker mere eller mindre slår igennem i hele skolesystemet fra almueskole til latinskole. Desuden var der ikke megen pædagogisk debat om selve latinskolenes undervisning. Indtil 1883<sup>7</sup> fandtes ingen pædagogisk uddannelse af latinskolelærerne; det forudsattes, at en besiddelse af en grundig faglige viden også gjorde dem i stand til at viderebringe denne viden til eleverne.

Vi vil i dette kapitel beskrive, hvordan tendensen inden for pædagogikken både i udlandet og herhjemme gik i retning af at tilskynde en større selvstændighed samt en større grad af selvvirksomhed hos eleven. Der var et ønske om aktiviteter af mere praktisk karakter, ligesom det skulle være via sanserne, ny viden skulle opnås. I forhold til fysikundervisningen åbner sådanne tanker døren op for elevaktiviteter af praktisk karakter. Dette vil vi vende tilbage til i kapitel 6 og 7.

### 5.1 Udenlandske påvirkninger

Den pædagogiske udvikling i Danmark foregik naturligvis ikke isoleret. Det var stort set de samme diskussioner, som foregik i de vestlige lande. I midten og slutningen af det nittende århundrede foregik en dannelsesdiskussion tilsvarende den danske i disse lande. Der var disse steder ligesom i Danmark tendens til at erstatte de klassiske fag med realfag, og især de naturvidenskabelige. De nye tanker om selvvirksomhed, selvstændighed, anskuelsesundervisning o.s.v. slog også igennem over en bred front. I Danmark var, som vi senere skal se, Sophus Heegaard og især Oscar Hansen tydelig påvirket af bl.a. Spencer, som var en af positivismens fremtrædende skikkelser. Da mange af tankerne stammede fra franskmændene Jean-Jacques Rousseau, vil vi starte med en kort præsentation af ham.

<sup>7</sup> Denne uddannelse var praktisk orienteret og indeholdt ikke pædagogisk teori. Loven var udformet sådan, at lærerne nemt kunne komme uden om denne uddannelse.

## Kapitel 5.

---

### Jean-Jacques Rousseau (1712-1778)

Man kan spore en stor direkte eller indirekte påvirkning af Rousseaus tanker på århundredskiftets pædagoger; Grue-Sørensen (1973) mener ligefrem, at århundredskiftets reformpædagogers idéer stort set var identiske med Rousseaus. Mange af hans idéer blev taget op af mange af de senere kendte pædagoger bl.a Spencer. Det var i hans pædagogiske værk *Emile eller om opdragelse* fra 1762, at han formulerede sine pædagogiske idéer. Denne bog var et tankeeksperiment om den for Rousseau ideelle opdragelse af drengen Emile. Som noget centralt mente han, at erfaring og iagttagelse ligger til grund for al belæring. Drengen skulle have mulighed for at bruge sine sanser og selv gøre erfaringer. Den undervisning, drengen skulle modtage, skulle have relation til de nære omgivelser, som var drengen bekendt, og især til naturen. Alt godt stammer fra naturen, mente han. Han var til gengæld skeptisk over for det kunstige kultur og det menneskeskabte. Det kulturelle liv skulle drengen først konfronteres med, når han kritisk kunne tage stilling til den. Den første undervisning skulle helt foregå uden bøger, og genstanden for undervisningen skulle være de nære omgivelser og naturen.

Det er hos Rousseau, at vi først støder på tankerne om selvvirksomhed i børns opdragelse og uddannelse, og tankerne om en naturlig opdragelse. Det er disse tanker, som senere - mere eller mindre direkte - kom til at påvirke de danske skolefolk

### Positivismen

Inspireret af erfaringsvidenskabernes succes opstod positivismen omkring 1840'erne i Frankrig. Til grund for positivismen, skrev Harald Høffding i 1922

... ligger Erfaringsvidenskabens Udvikling i de sidste Aarhundreder, og særligt den storartede Fremrykken på Kemiens og Fysiologiens Omraade, som de franske Naturforskere i Slutningen af det 18. og Begyndelsen af det 19. Aarhundrede indledede. Efterhånden vare alle Naturomraader dragne ind under de videnskabelige Principer og Metoder, som Kepler, Galilei og Newton havde gjort gældende.

(Høffding 1922, s. 27).

Retningen blev grundlagt af franskmænden Auguste Comte (1798-1857), og til retningen hørte en del englændere, som dog ikke alle sammen ønskede at blive kaldt positivist og derved sat i forbindelse med Comte. Blandt disse englændere er for vores vedkommende nok Herbert Spencer, (Stuart Mill) og Charles Darwin særligt interessante (Spencer vender vi tilbage til). I korthed gik denne tidlige positivisme ud på, at det kun var erfaringsvidenskaberne, som kunne nå frem til erkendelse om virkeligheden. Hermed afvises således metafysiske og religiøse elementer i videnskaben. Positivismen var stærkt præget af den engelske empirisme (al viden om virkeligheden stammer fra sanseerfaringer), men går videre ved at fordre, at naturvidenskabens metoder skulle være mønsteret for alle andre videnskaber, hvilket udelukkede de ikke-erfaringsbaserede videnskaber. Positivismens påvirkning i Danmark medførte et krav fra mange sider om en styrkelse af de naturvidenskabelige fag i skolen (jf. forrige kapitel).

Herbert Spencer (1820-1903) udsendte i 1861 bogen *On Education: Intellectual, Moral and Physical* (udkom i dansk oversættelse af Harald Høffding i 1876<sup>8</sup>). Han argumenterede for at indføre realfag i stedet for de klassiske fag. Han mente endvidere, at sprogfagene skulle prioriteres lavere end naturfagene, idet de skabte autoritetstro og uselvstændighed hos

---

<sup>8</sup> Høffdings oversættelse (med titlen *Om Opdragelse*) indeholdt dog kun tre af de fire afhandlinger, som *On Education* bestod af.



eleverne<sup>9</sup> (Grue-Sørensen 1973, s. 130). Det var især disse tanker, som skabte opmærksomhed i hans samtid. Desuden kritiserede han anskuelsesundervisningen, hvorom sagde han, at den ikke som hævdedet opøvede iagttagelsesevnen, snarere det modsatte (eleverne mister fornøjelsen ved selv at gøre opdagelser). Og elevernes iagttagelse og medlevenhed lagde han stor vægt.

Spencer opstillede i den nævnte bog nogle regler og principper for undervisningen. Undervisningens gang skulle følge elevernes åndelige udvikling, og undervisningen skulle gå fra:

- 1) det enkle til det sammensatte.
- 2) det bestemte til det ubestemte.
- 3) det konkrete til det abstrakte.
- 4) det erfaringsmæssige til det rationelle.
- 5) elevernes opdragelse skulle følge menneskeslægtens opdragelse.
- 6) selvudvikling skulle opmuntres til det yderste; børnene skulle foretage egne undersøgelser, drage egne slutninger, man skulle fortælle dem så lidt som muligt og lade dem opdage så meget som muligt.
- 7) undervisningen skal vække interesse hos eleverne.

Disse principper var alle sammen allerede kendte med undtagelse af det sidste, som kan tilskrives ham alene. De fire første undervisningsprincipper må betragtes som almene for de fleste af den periodes pædagoger (Grue-Sørensen 1973). Den femte var påvirket af Condillac<sup>10</sup>, og den sjette var påvirket af Rousseau. Vi ser således, at Spencer lagde vægt på det konkrete og det, som kan erfares (ved hjælp af sanserne), som udgangspunkt for undervisningen.

I *Education: Intellectual, Moral and Physical* førte han evolutionsteorien (udviklet af Darwin) over i sociologien. Han så evolutionen som en forklaring af samfundets udvikling (en social evolution), og dette prægede også hans syn på naturvidenskaberne som undervisningsfag. I det øvrige samfund havde der fundet en udvikling sted, som førte bort fra det autoritære. Reformationen var et eksempel på dette. Ved indførelsen af protestantismen havde man vendt sig fra den katolicismen med dens magtfulde og autoritære kirke. Ligeledes havde man (mange steder) forladt de autoritære styreformere til fordel for nogle mere demokratiske. Spencer så det derfor som en selvfølgelighed, at man i undervisningen også ville forlade de gamle "terpefag", som var baseret på udensadslære og ikke gav eleverne mulighed for at tænke selv. Det fik de derimod i de naturvidenskabelige fag, hvor den induktive måde at lære tingene på, gav børnene rige muligheder for selvstændighed. Hvordan Spencers tanker smittede af på danske pædagoger, skal vi se senere i dette kapitel. Inden vil vi se, hvilke forhold i samfundet, der talte for, at man i undervisningen lagde mere vægt på de naturvidenskabelige fag.

<sup>9</sup> Herhjemme, som mange andre steder foregik der en diskussion mellem tilhængere af hhv, klassiske- og realfag. Denne diskussion er beskrevet i forrige kapitel.

<sup>10</sup> Condillac (1715-80) fremkom med den opfattelse, at undervisningen skulle følge de samme udviklingstrin som menneskeheden har gennemløbet. Derfor skulle undervisningen bygge på sanseiagttagelser. I undervisningen skulle læreren lede eleven fra den ene iagttagelse til den anden, og lade eleven selv uddrage generelle erfaringer heraf. For Condillac var der ikke en klar forskel mellem sansning og fornuft, idet han mente af mennesket uanset alder resonnerer ens, men genstandsområdet er forskelligt (Grue-Sørensen, bd.3).

### 5.2 På vej væk fra de klassiske fag

Der var flere grunde til at de naturvidenskabelige fag vandt frem herhjemme og i udlandet i slutningen af det forrige århundrede. Der skete på dette tidspunkt i Danmark en industrialisering, svarende til den, som foregik i England ca. 50 år tidligere. Denne industrialisering var bl.a. muliggjort af udviklingen og brugen af dampmaskinen. Der lå altså en naturvidenskabelig og teknologisk udvikling bag denne udvikling, som på mange måder ændrede samfundets udseende. Dette satte naturvidenskaben i et særligt lys. Andre naturvidenskabelige landvindinger, gjorde dette, var bl.a. Darwins evolutionsteori<sup>11</sup> og dertil kom andre betydningsfulde opdagelser inden for fysikken og kemien. Naturvidenskabens metoder, som bl.a. blev formuleret af Newton og Galilei, blev normgivende inden for andre grene af naturvidenskaben end fysikken, og dette lagde bl.a. grunden for en ny filosofisk opfattelse, nemlig positivismen (som vi så i forrige afsnit). I England havde bl.a. Spencer talt for at indføre nyttebetonede fag i skolen blandt andet fordi industrialiseringen og urbaniseringen medførte så alvorlige sociale problemer, at der var behov for oplysning om bl.a. hygiejne og sundhed. I den voksende handelsborgerskab og blandt andre fremvoksende erhverv, var der behov for andre fag, end dem latinskolen kunne tilbyde, bl.a. moderne sprog. Desuden havde befolkningen i et nyt demokrati behov for samfundsmæssig oplysning. I de nyoprettede realskoler blev der i højere grad end latinskolen undervist i realfagene. Disse skoler underviste i fag som var nødvendige i forskellige erhverv.

Søren Mørch (1982) er inde på, at der var en udbredt autoritetstro i den brede danske befolkning over for embedsmænd, godsejere m.fl. Det var et levn fra enevældens tid, hvor den enkelte ingen individuel ret havde. Dengang havde nogle få fået myndighed af kongen til at bestemme over andre. Der herskede et system af over- og undermennesker: mester-svend, bonde-tjenestefolk; mand-hustru og vi kan tilføje: lærer og elev. Dette system fortsatte i folks bevidsthed efter 1848, og kom i konflikt med nye idéer om ligestilling og individualitet som kom fra Frankrig og England, idéer som kom til udtryk i junigrundloven. Kristian Hvidt udtrykker det således: "Det autoritære princip var også en livsholdning, en filosofi, som gennemsyrede befolkningens tankegang fra top til bund." (Hvidt 1990 s. 55).

Det omtalte autoritære princip prægede også skolesystemet efter 1848. Lærerne var autoriteter, som helt og holdent styrede undervisningen. De overhørte og docerede, og eleverne spillede en relativ passiv rolle. Denne undervisning undertrykte elevernes individualitet. I 1848 manifesteredes principperne om demokrati og junigrundloven, men det tog mange år før de for alvor trængte ind i folks bevidsthed og herved ind i skolesystemet. De progressive pædagoger (reformpædagogerne) lagde vægt på at se barnet, som det var og indrette undervisningen derefter. Barnet skulle lære at bygge sine meninger på egne iagttagelser (tro på sig selv) og lære selvstændigt at ræsonnere. Lysten til at lære og siden hen lysten til at arbejde skulle komme indefra og ikke påtvinges udefra af en eller anden autoritet. Dette skal vi se i næste afsnit.

Latinskolerne indførte lidt efter lidt nogle naturvidenskabelige fag dels mhp. at give en bredere almindelse (Madvigs encyklopædiske dannelsesideal) dels mhp. at give en mulighed for optagelse på det polytekniske læreanstalt.

Latinskolen var i det meste af det nittende århundrede embedsmændenes skole, hvilket vil sige, at mange af latinskolens elever senere gik embedsvejen. Det var ligeledes borgerska-

---

<sup>11</sup> Darwins evolutionsteori blev oversat til dansk af J.P. Jacobsen i 1872.

bets skole og den havde monopolet på dannelsen. En dannelse i latinskolen gjorde det muligt populært sagt at skille skidt og kanel. De mange timers latin og græsk samt kendskab til græsk kultur og evnen til at formulere sig på den tids særlige snørklede måde gjorde det meget synligt, hvem der var dannet, og hvem der ikke var<sup>12</sup> (Mørch 1982, s. 284). Disse forhold blev da også udsat for kritik, hvilket det næste afsnit vil vise.

### 5.3 Kritik af undervisningen

Undervisningen i latinskolerne blev i slutningen af sidste århundrede kritiseret fra mange sider. Dels var der, som vi har set tidligere, kritikken af de klassiske fags dominerende rolle (altså undervisningsstoffet), dels en kritik af den måde undervisningen foregik på (undervisningsmetoderne). Disse to sider kan ikke helt adskilles, idet nogle undervisningsmetoder knytter sig til bestemte undervisningsfag. Vi vil her nøjes med at se på kritikken af undervisningsmetoderne.

I Vor Ungdom var der i 1890'erne flere kritiske indlæg om undervisningen i skolen. Et af indlæggene var skrevet af Jul. Plesner (1890), som mente, at skolesystemet ikke uddannede folk til det praktiske liv. Her var det ikke undervisningsstoffet, han kritiserede, men den måde der blev undervist på. Han kritiserede skolen for ikke at udvikle selvstændighed og trangen til selvvirksomhed. Sådanne evner var nødvendige, hvis Danmark skulle kunne følge med udlandet i bl.a. økonomisk henseende. Han lagde skylden for disse tilstande på "den stærke Eftervirkning, vi endnu føler af den gamle absolutiske Tankegang, der ingen Sans har for den enkeltes Selvtænkning og Selvvirksomhed, men sætter en Stilling i Statsadministrationens Tjeneste som en dødelig højeste Maal." Derved lægges vægten på latinskolen, hvor de kommende embedsmænd uddannes, på bekostning af pøgeskolen (børneskolen), og de evner som embedsmandsinstitutionerne fordrer, afspejler sig på hele skolesystemet. I embedsinstitutionerne er der behov for "solid, og pligtopfyldende Arbejdskraft, men mindre for selvstændig Personlighed og Daadsdrift (Energi)" (Plesner 1890, s. 47). Plesner mente, at det var almueskolen, som skulle have den egentlige opmærksomhed. Eleverne skulle her udvikle sig gennem selvvirksomhed og selvtænkning.

Når Plesner henviser til den stærke eftervirkning fra den "absolutiske tankegang", som endnu var fremherskende i skolens måde at undervise på, mener han givet, at skolen (som resten af samfundet) endnu var præget af enevældens autoritetstro, sådan som vi beskrev i forrige afsnit. I følge Plesner hang denne ånd stadig over undervisningen. En undervisning, der bag præg af ydmyge elever, som ikke kunne tænke selvstændigt, men blot tog lærerens og bøgernes ord for gode vare. Som vi allerede har set, mente Herbert Spencer, at der er en klar sammenhæng mellem et samfunds styreform og den måde der undervises på i skolen omend de to ting ikke nødvendigvis befinder sig på samme udviklingsstadium.

Kroman, som vi stiftede bekendtskab med i forrige kapitel, mente, at eleverne blev proppet med kundskaber, som de så hurtigt glemmer igen. Han mente, at dette skyldtes en passiv modtagelse af kundskaberne.

---

<sup>12</sup> Der var med dette en del systembevarelse: de udannede blev holdt nede, eller de turde ikke hævde sig over for de dannede, fordi de følte sig underdanige. Det skyldtes til dels den autoritetstro over for disse, som var et levn fra enevælden, men en anden forklaring var sandsynlighed også, at de havde svært ved at gøre sig gældende over for de dannede, fordi de netop følte sig udannede. Det var således svært for folk uden den rigtige dannelse at gøre sig i de højere lag, selv efter økonomisk succes.

## Kapitel 5.

---

Den nuværende Skole lægger med andre Ord, saa vidt jeg ser, alt for stor Vægt paa den propende og alt for ringe Vægt på den modnende Virksomhed, paa Udvikling af Elevens Selvvirksomhed og Selvstændighed.

(Kroman 1886, s. 45)

Han ville have, at undervisningen i højere grad lagde vægt på den formelle (eller formende) side frem for den materielle (eller fyldende). Et middel til dette så han i matematik og de naturvidenskabelige fag. Han ville bort fra de gamle klassiske fag, som byggede ensidigt på hukommelsesstof og udenadslære (jf. hans diskussion med Tuxen i kapitel 4).

### 5.4 Nye tendenser i dansk pædagogik

Vi vil i det følgende se nærmere på nogle af de nye tendenser i den danske pædagogik. Inspireret af bl.a. Spencer og den positivistiske tænkemåde udgav danske pædagoger en række banebrydende værker. Disse pædagoger betegnes reformpædagoger. Ifølge Skovgaard-Petersen (1976, s. 54-55) var der noget, der "...tydede på, at de store perspektiver i naturvidenskab og filosofi ligefrem tilskyndede til en nyvurdering af de normer og værdier, der hidtil havde været fundamentale i den praktiske pædagogik."

Vi har medtaget tre centrale pædagogiske værker, som udkom i en periode af omkring tyve år, nemlig Sophus Heegaards *Om Opdragelse* fra 1880, Oscar Hansens *Opdragelseslære* fra 1898 og Ernst Kapers *Den daglige Undervisnings Form* fra 1902. Alle tre - især de to sidstnævnte - blev brugt i undervisningen på seminarier, hvorfor de har haft en vigtig betydning for undervisningen i skolen. Hvorvidt disse værker har haft indflydelse på latinskolens undervisning, kan man kun gisne om. Heegaards og Oscar Hansens værker var imidlertid så bredt anlagte, at de med stor sandsynlighed blev læst andre steder end på seminarierne. Noget andet og vigtigt er, at disse pædagogiske værker afspejlede de nye pædagogiske tanker, som rørte sig i Danmark og i udlandet.

#### Anskuelsesundervisning

Anskuelsesundervisningen var en undervisningsform, som i slutningen af det nittende århundrede vandt frem i Danmark. Denne form for undervisning var særlig henvendt til den første undervisning, altså i undervisningen i børneskolen.

Anskuelsesundervisningens opgave er, at få eleverne til at få en bedre og mere præcis opfattelse af det, som de allerede er bekendt med, når de starter i skolen (Heegaard 1893, s.199). Denne undervisningsform bygger ikke kun på lærerens omtale og forklaringer, men i lige så høj grad på elevernes sansning af den genstand, der bliver talt om. Eleven skal have mulighed for at se, røre eller lugte genstanden, hvis dette er muligt. Jo flere sanser, der bruges, desto bedre. De genstande, som anvendtes i anskuelsesundervisningen, hentedes så vidt muligt fra naturen eller de nære og kendte omgivelser. Plante- og dyreriget var et yndet område, hvor eleverne kunne betragte enkelte dele af planten eller dyret. Der kunne være tale om størrelser, farve o.s.v. Ved at iagttage geometriske figurer vænnedes eleven til at opfatte rumforhold (Heegaard 1893, s.157). Hvor der ikke er mulighed for at bruge sanserne på rigtige genstande, anvendes også særlige anskuelsesplancher.

Læreren leder eleverne med spørgsmål til at sanse enkelthederne ved den betragtede genstand. Når eleven så udtrykker sig om det sansede, vil han eller hun uvilkårlig afsløre sine forkerte forestillinger. Læreren får herefter med nye spørgsmål eleven til selv at indse sin fejlagtige opfattelse. Eleverne skal desuden lære, at deres sanser kan bedrage dem, hvorfor de

vænnest til at lade de forskellige sanser kontrollere hinanden. Dette, at eleverne tvinges til at ændre deres "forkerte" forestillingerne på baggrund af, hvad de observerede og med lærerens hjælp, leder tanken hen på tanker fra konstruktivismen, som er udgangspunktet for mange fysiklærere i dag, sådan som vi beskrev i kapitel 2.

Fra sansningen af enkeltheden bringes eleverne til at sammenligne denne med beslægtede ting. De skal finde ligheder og forskelle mellem de betragtede enkeltheder. Dette skal gøre sansningen mere fuldstændig og samtidig vække elevernes selvvirksomhed og interesse (Heegaard 1893, s.158). Oscar Hansen (1898) opremser en række fordele ved anskuelsesundervisningen (eller iagttagelsesundervisningen, som han kaldte det):

1. Eleverne udnytter deres medfødte lyst til aktivitet på en nyttig måde. F.eks. indsamle genstande i naturen til undervisningen.
2. Børnene lærer selv naturen at kende. Børnene får en førstehåndskendskab til naturen, hvilket er vigtigt, da iagttagelse er grundlaget for al viden.
3. Det daglige liv inddrages i skolen, således eleverne kommer til at beskæftige sig med det.
4. Læreren kommer til at optræde som opdrager af børnene.
5. Børnene lærer at sanse uden påvirkning af "Øjeblikkets Følelser".
6. Opfattelsen af ligheder og forskelle påvirkes hos børn også af følelserne. Anskuelsesundervisningen sætter dem ud over dette, og bygger opfattelsen på "fornuftsgrunde".
7. Behovet for gentagelser af stoffet formindskes.
8. "Ved de stadige Sammenligninger, som Barnet maa drage, forøges Nøjagtigheden af dets Iagttagelser, og dets Interesse for at overveje og bedømme stiger."
9. Spørgsmål stimulerer i langt højere grad end læsning og fortælling elevens tænkning. Disse stiller krav til eleven og støtter elevens aktivitetslyst.

I punkt 5 og 6 ses tydeligt, at iagttagelsen skal gøres så objektivt som muligt og at følelserne ikke må påvirke iagttagelsen. Det er vigtigt, da al viden bygger på sansningen. Hvis fundamentet ikke er i orden (iagttagelserne), vil hele bygningen (viden/erkendelse) vakle.

I Danmark var Kirstine Frederiksen én af de mest ihærdige fortalere for anskuelsesundervisningen. Hun skrev bogen *Anskuelsesundervisning* i 1889 og en artikel om anskuelsesundervisningen i *Vor Ungdom* i 1896, hvor hun beskriver sine indtryk fra en studierejse til USA<sup>13</sup>. Grunden til, at hun studerede denne undervisningsform i USA, var, at den

paa en ualmindelig heldig Maade udvikler Barnets Iagttagelsesevne og derved lægger Grunden til en sund og fri Tænkning, ikke at tale om, at den giver Kærlighed til Arbejdet og Interesse for omverdenen

(Frederiksen 1896, s.528).

USA var langt fremme mht. forsøg med anskuelsesundervisning, da hun besøgte landet. Hun nævnte især Francis Parkers<sup>14</sup> forsøg med anskuelsesundervisning (det såkaldte Quincy-sy-

<sup>13</sup> I USA besøgte hun Chicago-udstillingen, som åbenbart var en verdensudstilling for skolefolk. Hun anviger i artiklen ikke årstal for denne udstilling, men hun skrev i forordet, at afhandlingen havde ligget utrykt "i over Aar og Dag".

<sup>14</sup> Hun karakteriserede ham som den mest omtalte pædagog i USA.

## Kapitel 5.

---

stem). Hovedvægten i den amerikanske undervisning blev lagt på den grafiske fremstilling, som tit blev udført af eleverne selv. I Danmark eller hele Europa blev i anskuelsesundervisningen hovedsageligt brugt færdigtrykte plancher (Frederiksen 1896, s. 488). I de amerikanske skoler var grundsætningen ifølge hende: "We learn to do by doing"<sup>15</sup>. I den form for anskuelsesundervisning, som amerikanerne praktiserede, var det især naturen (eller ting herfra), som skulle være genstand for elevernes iagttagelse. I undervisningen i børneskolen indgik tegning som en vigtig led i anskuelsesundervisningen. På denne måde blev eleverne vænnet til at iagttage og bruge disse iagttagelser til en grafisk fremstilling af et eller andet emne, evt. sammen med en skriftlig fremstilling eller et foredrag.

For hende var det vigtigt at overgangen fra hjemmet til skolen ikke skete for brat, hvorfor undervisningen i børneskolen skulle tilrettelægges herefter. For den første undervisning opstillede hun følgende sætninger:

1. Maalet for denne Undervisning skal være at forberede det egentlige Skolearbejde ved at øve Barnets Sanser, at retelede og udvide dets Forestillinger samt endelig lære det at udtrykke sine Tanker tydelig.
2. Metoden skal være en Fortsættelse af den Maade, hvorpaa det hjemme har lært; Barnet skal i Skolen ligesom i Hjemmet selv gjøre sine Erfaringer, men nu paa en mere ordnet og sammenhængende Maade.
3. Stoffet skal ogsaa nu ligesom tidligere hentes fra Omverdenen. Lidt efter lidt skal det sondres, saa at Fagdelingen efterhaanden kan fremgaa deraf.

(Frederiksen 1889, s. 6)

Denne måde, at undervise på kan karakteriseres som induktiv. Eleven skal gå fra det konkrete tilfælde til det mere almene. Fra det enkle til det sammensatte. Dette fordrer samtidig en aktiv elev, der selv foretager disse spring og danner de sammenhænge og strukturer, som giver et samlet og "korrekt" billede af virkeligheden. Igen ser vi sammenhængen mellem positivistiske og empiristiske tanker (som vi allerede har været inde på adskillige gange tidligere) og undervisningsmetoder i skolen.

### Sophus Heegaards *Om Opdragelse*

Sophus Heegaard, som var filosof og fra 1875 professor i filosofi ved Københavns Universitet udgav i 1880<sup>16</sup> sit store værk *Om Opdragelse*. Han skrev det på opfordring af kulturministeriet<sup>17</sup>, og det var ment som en lærebog i pædagogik. Værket var banebrydende inden for pædagogikken i Danmark, da det fremkom. Det var henvendt bredt både til pædagoger og andre med interesse for opdragelse og undervisning. Heegaard gik meget grundigt til værks ved at se på alle barnets aktiviteter, og han byggede sin pædagogik på en for den tids moderne psykologi. Det, der her interesserer os mest, er de undervisningsmetoder, som Heegaard kom ind på. Han mente ikke, at der fandtes én metode, som kunne anvendes på alle fag. Metoden må indrettes efter elevernes alder, stoffets art osv. Men der var dog nogle grundlæggende principper, som enhver undervisning måtte bygge på, nemlig at, man skulle:

---

<sup>15</sup> Dette minder meget om Deweys "Learning by doing", som han formulerede nogle år senere. Vi har valgt ikke at behandle Dewey nærmere, da hans tanker hovedsagelig stammer fra tiden efter 1907, hvor de praktiske elevøvelser blev indført i gymnasiets fysikundervisning.

<sup>16</sup> Den udgave, vi har brugt er fra 1893.

<sup>17</sup> Ministeriet for kirke og undervisning.

1. gå fra det lettere til det vanskeligere
2. gå fra det enkelte til det sammensatte
3. gå fra det konkrete til det abstrakte
4. gå fra eksempler til almindelige regler
5. gå fra anskuelse til begreber

Han påpegede også en generel rækkefølge i gennemgangen af stoffet. Til at begynde med lægges der vægt på anskuelsen (anskuelsesundervisning) idet sanserne tidligt træder i funktion hos børnene (jf. tillige afsnittet om anskuelsesundervisning). Anskuelsesundervisningen byggede på en del af de generelle principper for undervisningen. F.eks. gås der fra det enkelte til det sammensatte ved i dyreverdenen at begynde med det enkelte individ og derfra gå til dyrearter og slægter. Foruden anskuelsesundervisningen i børneskolen mente han også, at den foredragende metode var udmærket. Den var især anvendelig, hvor det stof, eleverne skulle tilegne sig, først skulle bearbejdes senere.

Heegaard kritiserede den undervisning, der mange steder på det tidspunkt blev praktiseret i skolerne, hvor der overvejende blev lagt vægt på udenadslære uden sammenhæng mellem det lærte. Denne sammenhæng skulle være en begrebsmæssig sammenhæng mellem kundskaberne. Midlet til at opnå denne sammenhæng kaldte Heegaard den genetiske metode. Den bestod af en analytisk (opløsende) og en syntetisk (sammensættende) del, som overalt supplerede hinanden. Den analytiske når frem til almene principper ved at "opløse Erfaringskendsgerminger" (Heegaard 1893, s.275), altså gå fra det enkelte til det almene, fra virkning til årsag. Den syntetiske går den anden vej ved at tage udgangspunkt i det almene og derfra aflede det enkelte, altså fra årsag til virkning. (den syntetiske metode ville være den bedste i almueskolen, f.eks. når børnene skulle lære at stave: først bogstaver, dernæst stavelser, så ord og til sidst sætninger). Disse begreber er temmelig forvirrende, idet de hver især synes at være en blanding af begreberne induktion og deduktion. De er medtaget her, fordi de senere af Oscar Hansen danner udgangspunkt for en præcisering (dette vender vi tilbage til). Heegaard påpegede, at den syntetiske metode var den bedst egnede til undervisning, fordi hele børnenes åndelige virksomhed foregår ved synteser.

Barnets hele aandelige Leven og Virksomhed foregaar gennem saadanne Synteser, kun at det ikke selv bliver sig disse Processer bevidst; derfor vil ogsaa den Undervisning være den rette, der i det mindste i Hovedtrækkene gaar den samme Vej, som Barnet selv efter Naturens Anvisning maa følge, nemlig den syntetiske.

(Heegaard 1893, s. 277)

Eleverne skal efter dette undervisningsprincip skabe forbindelse mellem de enkelte forestillinger, de har erhvervet. Dette er en tydelig induktiv fremgangsmåde. Så selv om Heegaard tilsyneladende rodede noget med begreberne, var det en induktiv tilrettelagt undervisning, som skulle foregå i skolen.

En undervisningsmetode til undervisning i de højere klasser var den heuretiske metode; den blev også kaldt den afsluttende metode, fordi den forudsatte stor modenhed hos eleverne. I dens mest ekstreme udformning skulle eleverne selv finde frem til resultatet, hvor læreren fungerede som hjælper.

## Kapitel 5.

---

Meningen er, at Eleverne, i Forhold til deres aandelige Modenbed, efterhaanden skulle vænnes til, ikke blot at lære - hvilket kun vil sige ad syntetisk Vej at gentage og eftergøre, hvad andre oprindelig have udfundet på analytisk Maade - men til at eftergøre selve den Tankegang, gennem hvilken Resultatet oprindelig og paa analytisk Maade blev udfundet, eller dog at bevæge sig paa en kortere eller længere Strækning gennem denne Tankegang.

(Heegaard 1893, s. 280)

Heegaard mente dog ikke, at det var ønskeligt, at eleverne selv skulle eftergøre den samme videnskabelige tænkning, som har taget årtusinder for menneskeheden at nå frem til. Dette var naturligvis ikke muligt. Derimod skulle eleverne gennem større eller mindre dele af den videnskabelige tænkingsproces. For at dette skulle kunne lade sig gøre, krævede det at eleverne i forvejen var i besiddelse af en del kundskaber. Det var også derfor, at metoden ikke kunne anvendes i de tidligere klasser.

I almueskolen anbefalede han en modificeret form af den heuretiske metode, nemlig den kateketiske metode. Her var det læreren, der ledte eleverne gennem undersøgelserne i form af en dialog med eleverne. Denne metode gav efter Heegaards opfattelse eleverne en selvstændig opfattelse af stoffet. Denne kateketiske metode var analytisk af natur (Heegaard 1893, s. 280).

Dette var en kort gennemgang af de undervisningsmetoder, som Heegaard anbefalede skulle anvendes i skolen. Der begyndes altså med anskuelsesundervisning i de mindste klasser sammen med en fortællende undervisning. Siden hen lægges der større vægt på elevernes selvstændighed med den kateketiske og heuretiske metode. Eleverne skulle efterhånden vænnes til selv at finde frem til resultaterne. De skulle ved at eftergøre nogle tankegange, som kunne føre frem til f.eks. "videnskabelige resultater", lære denne tankegang, som så mentes at give eleverne et udbytte i livet efter skolen. Det, som Heegaard lagde vægt på, var at udvikle en intellektuel selvstændighed hos eleverne, i stedet for, at de skulle lære tingene udenad, som dengang var vidt udbredt. Han kritiserede således den fortællende metode, hvor den i de større klasser blev anvendt, så gentagelserne kom til at spille den store rolle i undervisningen. De kundskaber, eleven tilegnede sig i skolen, skulle kunne bruges i livet efter skolen. Skolens formål var at vække elevernes selvvirksomhed, og det var derfor Heegaard lagde så stor vægt på den heuretiske/kateketiske metode.

Den kateketiske metode skulle først og fremmest anvendes, hvor der skulle skabes sammenhæng mellem forskellige begreber. Han sagde således at denne metode ikke kunne anvendes inden for historie og geografi. Det ville nok sige at det især var inden for naturfagene og matematik at denne metode skulle finde anvendelse.

### **Oscar Hansens *Opdragelseslære***

Oscar Hansen var både filosof og pædagog. Han udgav sit pædagogiske hovedværk *Opdragelseslære* i 1898, hvori han til en vis grad byggede videre på Heegaards *Om opdragelse*. Oscar Hansens værk er lige som Heegaards temmelig omfattende, og der kommer omkring mange ting. Han byggede sin undervisningslære på en opfattelse af barnets udvikling, hvor psykologien spillede en vigtig rolle. Barnet første erfaringer byggede på sanseerfaringer. Ud fra disse iagttagelser sluttede det til begreber og sammenhænge. Barnet var af natur aktivt og selvvirksomt. På samme måde skulle undervisningen i skolen foregå. Vi vil her, ligesom i det foregående afsnit, koncentrere os om undervisningsmetoderne.

Oscar Hansen så kun to grundlæggende undervisningsmetoder: den deduktive og den induktive. Alle andre opdelinger i metoder var overflødige, mente han. Han kritiserede



Heegaards analyse- og syntesemetoder for at være for upræcise, og ville erstatte dem med henholdsvis induktion og deduktion. I undervisningen optræder disse to metoder som en *eksaminerende* og *katekiserende* metode og som en *fortællende* metode. Oscar Hansen var klart tilhænger af en induktiv undervisningsform, men påpeger dog den fortællende metodes fordele. Denne metode er udmærket, når der f.eks. ikke er tid til elevernes egne undersøgelser. Desuden giver metoden eleverne et større ordforråd og kendskab til udtryk, især hvis de genfortæller det lærte. Oscar Hansen så samtidig store farer ved den fortællende metode, hvis den blev brugt for meget. Dette ville gå ud over elevernes selvvirksomhedsstrang og arbejdsdygtighed. Der ville således ske en udvikling af hukommelsesevnen på bekostning af iagttagelsesevnen. Oscar Hansen, skriver om den fortællende metode, at den

"giver Barnet Stof til Eftertanke og derigennem til Fornuftsvirksomhed; men det bliver en andenhaands Fornuftsvirksomhed; en, der savner Iagttagelsens og den personlige Erfarings Grund."

(Oscar Hansen 1898, s. 294)

Hvor der var tid og lejlighed til det, skulle eleverne have mulighed for selv at foretage de fornødne undersøgelser. I praksis ville dette for det meste foregå ved at eleverne søgte oplysninger ved at stille spørgsmål til læreren. Dette kaldte han den katekiserende metode, og den svarer til Heegaards kateketiske. Eksaminationen eller overhøringen, mente Oscar Hansen, var vigtig, men den måtte ikke spille en for stor rolle. De tre metoder måtte ikke optræde ensidigt i undervisningen, men skulle støtte og supplere hinanden. Oscar Hansen hæftede sig så meget ved den induktive metode, "fordi Barnets Udvikling formentlig bliver naturligt, naar den følger Menneskeslægtens almindelige Udviklingsgang". Og han fortsætter:

Menneskeslægten har maattet begynde med at iagttage, dernæst har den samlet disse Iagttagelser til Kundskabsmasser; fra dem har den maattet slutte sig til forhold, som den ikke kunde iagttage, og endelig maattet undersøge Rigtigheden af disse Slutninger, naar Lejlighed gaves dertil, ved at jævnføre dem med ny Iagttagelser. Men dette er, som man let ser, netop den Fremgangsmaade, som Anskuelsesprincippet fordrer, og som allerede er fremstillet i sin fulde Klarhed af Jacotot<sup>18</sup>. Denne fremstillede Undervisningsmetoden saaledes: 1: lær og gentag det lærte, 2: reflekter, 3: verificer.

(Oscar Hansen 1898, s. 297)

Dette mente Oscar Hansen var det centrale i en pædagogisk metode. Opfattelsen stammede fra Condillac og senere taget op af Herbert Spencer, og det lader i det hele taget til at Oscar Hansen var meget påvirket af Spencers og Comtes tanker. Han hæftede sig i denne forbindelse særligt til Spencers 4. undervisningsprincip: man skal lære at arbejde ved at arbejde, fordi det er således menneskeheden har lært det; dette mente han skulle erstatte den ældre opfattelse: man skal lære at arbejde ved at vide (Hansen 1898, s. 297). Tidligere blev eleverne fyldt med lærdom, som de så senere i livet selv skulle finde anvendelse for.

Oscar Hansen mente, at undervisningen skulle begynde med det konkrete og anskuelige. Den første undervisning skulle være anskuelsesundervisning, hvilket også var et af Spencers principper (jf. afsnittet om Spencer). Vi har også set tidligere, at Heegaard byggede på

---

<sup>18</sup> Josef Jacotot (1770-1840) var franskmand og bl.a professor i naturvidenskabelig metodelære. Han havde den opfattelse, at eleverne lærte bedst ved selvundervisning. Hans udgangspunkt var, at man skulle lære noget helt godt og så relatere dette til alt andet evt. inden for samme fagområde. Fremgangsmåden hertil er, som Oscar Hansen refererede (efter Grue-Sørensen bd. 3).

## Kapitel 5.

---

nogle af de samme generelle principper for undervisningen, så han havde sandsynligvis også læst Spencer.

### Ernst Kaper

Ernst Kapers, som var rektor ved Ordrup Gymnasium udgav i 1902 bogen *Den daglige Undervisnings Form* (anden udgave, som vi har brugt, udkom i 1911). Bogen blev benyttet meget på seminarierne, og den fik således en væsentlig betydning for lærerne her i landet. Det, der lå ham mest på sinde, var at nedbryde den tradition, som herskede i skolerne, for at vægte overhøringen langt højere end gennemgangen, som han så som den egentlige undervisning. I undervisningen var det lærerens opgave

Ikke blot kontrollere og fæstne det Stof, Eleven hjemme har tilegnet sig, men fremkalde og lede en selvstændig sjælelig Virksomhed, der ved nøjagtig iagttagelse, skarpe Forestillinger og klare Tankeslutninger fører Elevernes Evner frem ad den naturlige Udviklings Vej.

(Kaper 1911, s. 25)

I afsnittet "Hvordan bør den daglige Undervisning anlægges?" opstillede han et skema for, hvorledes undervisningen i en lektion skulle foregå.

1. Overhøring
2. Egentlig Undervisning
  - a) Kombination
  - b) Indpræntning
  - c) Gennemgang af nyt Stof

(Kaper 1911, s. 26)

Gennemgangen af nyt stof var ifølge Kaper det væsentligste af de ovenfor nævnte punkter. Den skulle gøre eleven i stand til at lave sit hjemmearbejde selvstændigt. Eleverne skulle føres til selvvirksomhed ved gennemgangen, idet læreren ikke fortæller alt, men overlader det til eleverne at drage nogle af slutningerne selv.

Derfor skal alt, hvad Eleverne selv kan se sig til eller tænke sig til, overlades dem.

(Kaper 1911, s. 30)

Kaper lagde således også vægt på iagttagelsen, hvor læreren skulle lede eleverne til at gøre disse iagttagelser. Han mente ligesom Heegaard og Oscar Hansen, at eleverne skulle bruge sanserne i undervisningen.

Det er en stor mangel, hvor man lader Eleverne nøjes med at høre, hvor man også ved lidt Umage kan lade dem se. Fag som Fysik, Naturhistorie, Naturkundskab og Geografi er så godt som værdiløse, om de ikke også lægger Beslag på Børnenes Evne til at se

(Kaper 1911, s. 29)

I sin undervisningen skulle læreren spille en mere dominerende rolle end i den undervisning som Heegaard og Oscar Hansen forestillede sig (her skinner igennem, at Kaper har sin baggrund i skolen i modsætning til Heegaard og Hansen). Gennemgangen kan minde om Heegaards kateketiske metode.

Ved den Form, Læreren giver sin Gennemgang, skal han fremkalde og varsomt regulere Barnets Tanker. Han skal ikke føre fuldt færdige Resultater frem for dem, som de blot har at modtage, men han skal lede dem så at de er med til selv at skabe Resultaterne. Derved arbejder Børnene selv, men ikke på egen Hånd. Hvad der står som Målet for hele Skolens Arbejde, at Eleven kan arbejde på egen Hånd, kan man ikke uden videre forudsætte fra først af, men skal man lidt efter lidt lede Eleverne frem til.

(Kaper 1911, s. 26)

Efter gennemgangen og overhøringen skulle eleverne bruge det gennemgåede stof på forskellige eksempler og sætte det i sammenhæng med tidligere lært stof. Stoffet blev brugt i nye sammenhænge indtil det sad fast.

Endvidere talte Kaper for at indføre en egentlig klasseundervisning, der ikke overlod de fleste elever i passivitet, sådan som overhøringsundervisningen gjorde det. Han fremførte således, at

Den organiserede Klasseundervisning giver Læreren det Tryllemiddel i Hænde, som kan få Søvn til at svinde som Dugg for Solen: Drivfjederen for Eleverne, ikke blot til Opmærksomhed, men til stadig Aktivitet, er hver enkelt Mulighed for at give sin Viden, Forståelse eller Iagttagelse Luft ved hvert eneste Spørgsmål, Læreren stiller.

(Kaper 1911, s. 54)

Ved at læreren stiller spørgsmål til hele klassen fremfor at overhøre eleverne en ad gangen, opnår han at eleverne konstant er i mental aktivitet og hele tiden tænker over stoffet.

### 5.5 Opsamling

Et nyt pædagogisk syn var omkring århundredeskiftet ved at slå igennem. Eleverne skulle nu være aktive og bygge deres kundskaber på egne iagttagelser og danne egne erfaringer ud fra disse. Udenadslære og overdreven respekt for autoriteter skulle erstattes af selvstændig tænkning og selvvirksomhed. De danske reformpædagoger havde tilrettelagt et helt program for undervisningen fra de mindste til de ældste klasser. Den første undervisning skulle være anskuelsesundervisning (eller iagttagelsesundervisning som Oscar Hansen kaldte det). Her skulle eleven lære at iagttage præcist, fordi præcise iagttagelser forudsattes som grundlaget for erkendelse. Iagttagelsesevnen forventedes herved udviklet. Genstanden for anskuelsesundervisningen var det konkrete og det enkelte individ/fænomen. Med baggrund i det iagttagede og med lærerens hjælp skulle eleverne så danne begreber. Induktionen var en vigtig del af programmet både i børneskolens undervisning og i de ældre klasser. F.eks. tager anskuelsesundervisningen udgangspunkt i det enkeltstående og konkrete og ender i det almene og abstrakte.

Det næste punkt i undervisningsprogrammet var, at eleverne så vidt muligt, når de var tilstrækkeligt modne, selv skulle slutte ud fra deres iagttagelser. I Heegaards og Oscar Hansens udformning bestod det i den såkaldte kateketiske metode. Ingen af dem angav, til hvilken alderstrin metoden skulle anvendes, men der er tilsyneladende tale om "mellemlinjet". Det erkendtes, at eleverne på dette trin ikke var modne til helt selvstændigt at nå frem til resultaterne, sådan som det heuristiske ideal var. Derfor skulle læreren lede undersøgelsen med spørgsmål og svar i en dialog med eleverne. Eleverne skulle således ledes ind på den rette tankegang. Denne undervisningsform var tænkt baseret på et induktivt grundlag, idet eleverne

## Kapitel 5.

---

med lærerens hjælp, skulle igennem samme tankegang, som videnskaberne (nok især naturvidenskaberne) byggede på. Vi ser, at den kateketiske og især den heuretiske metode var påvirket af Spencers tanker. (Både Heegaard og Oscar Hansen var tydeligvis påvirkede af Spencers pædagogiske tanker. Begge anvender Spencers principper for undervisningen.) Ifølge Spencer skulle eleverne selvstændigt opdage så meget som muligt på egen hånd og have minimum af hjælp af læreren. Denne selvstændighed og aktivitet hos eleverne, som skulle være resultatet af undervisningen, skulle udvikle elevernes selvvirksomhed. Denne vægt, der blev lagt på selvvirksomheden, skal ses som en reaktion på den daværende undervisningstradition. I denne undervisning var det læreren, der talte og overhørte, mens eleverne lyttede og svarede. Denne undervisning var, i modsætning til den nye, deduktiv af karakter, og eleverne var her overvejende passive. Undervisningen byggede meget på hukommelsesundervisning (udenadslære). Eleverne blev proppet med lærdom, som de ikke fik lejlighed til at anvende i skolen. De nye pædagoger gjorde op med denne undervisningstradition, for at eleverne skulle få mere ud af undervisningen, men især for at få nogle mere selvstændige individer ud af skolesystemet. De skulle være i stand til at anvende de kundskaber, som de havde opnået. Produktet af den gamle skole var simpelthen for dårligt efter manges opfattelse. (jf. Plesners kritik af propning som modsætning til selvstændighed og selvvirksomhed). Ernst Kaper mente bl.a., at eleverne kunne gøres mere aktive gennem klasseundervisningen, der skulle inddrage hele klassen i overhøringen og ikke kun en enkelt elev.

En anden grund til, at man ønskede en ændring af undervisningsmetoderne fra deduktiv til induktiv domineret undervisning var naturvidenskabernes indtog i samfundet og skolevæsenet. De klassiske fag og nyhumanisterne var på tilbagetog, og det er netop inden for undervisning i de naturvidenskabelige fag, at induktion er en nyttig metode. De naturvidenskabelige metoder indfinder sig i undervisningen, og ikke kun inden for de naturvidenskabelige fag, men inden for alle fagene. Med den slagne nyhumanisme forsvinder også dens undervisningsmetoder og den vægt, der blev lagt på hukommelsesfagene (jf. Kroman).

Vi har nu set på den pædagogiske situation op til århundredskiftet i Danmark og hvordan den var præget af udenlandske tanker og idéer (især positivisme). I næste kapitel vil vi vise, hvorledes de nye pædagogiske idéer, som efterhånden var ved at vinde indpas blandt pædagogerne, fik betydning inden for fysikfaget. Her kommer selvvirksomheden og induktionen til at spille en vigtig rolle. Derfor har vi brugt en del plads på at beskrive disse tanker.

### 5.6 Kilder og litteratur

Frederiksen, Kirstine (1896): "Amerikanske Undervisningseksperimenter" i *Vor Ungdom*, s. 486-535.

Frederiksen, Kirstine (1889): *Anskuelsesundervisning*, V. Thaning & Appels Forlag, København.

Grue-Sørensen, K. (1973): *Opdragelsens Historie*, bd. II & III, Nordisk Forlag, København.

Hansen, Oscar (1898): *Opdragelseslære* Gyldendalske Boghandels Forlag, København.

Heegaard, Sophus (1893): *Om Opdragelse*, Gyldendalske Boghandels Forlag, København (1. udgave udkom i 1880).

Hvidt, Kristian (1990): *Det folkelige gennembrud og dets mænd*. Gyldendal og Politikens Danmarkshistorie, bind 11, Gyldendalske Boghandel, Nordisk Forlag A.S. og Politikens Forlag, København.

Kaper, Ernst (1911): *Den daglige Undervisnings Form Kortfattet Didaktik ud fra Praxis*, 2. Udg., Nordisk Forlag, København og Kristiania. (1. udgave udkom i 1902).

Kroman, K. (1896): *Om Maal og Midler for den høiere Skoleundervisning*, Andr. Fred. Høst & Søns Forlag, København.

Larsen, Carl Aage (1991): "Selvvirksomhed og induktivt princip" i Muschinsky og Schnack (red.) 1991, s. 262-266.

Muschinsky, Lars Jacob og Schnack, Karsten (red.) (1991): *Pædagogisk Opslagsbog*, Christian Ejlers' Forlag, København.

Mørch, Søren (1982): *Den ny Danmarkshistorie 1880-1960*, Gyldendalske Boghandel, Nordisk Forlag A/S, København., København.

Plesner, Jul. (1890): "Selvvirksomhed og Selvtænkning contra Formyndervæsen og Propning" i *Vor Ungdom*, s. 46-70.

Skovgaard-Petersen, Vagn, 1976: *Dannelse og demokrati. Fra latin til almenskole. Lov om højere almenskoler 24. april 1903*. Gyldendalske Boghandel, Nordisk Forlag A.S., København.

## **Kapitel 5.**

---

# Kapitel 6

## Diskussioner inden for fysikfaget

Tidens pædagogiske strømning var, som vi så i kapitel 5, at undervisningen skulle bygge på elevernes selvvirksomhed, og at de derigennem skulle udvikle deres selvstændighed. Børn skulle lære ved selv at prøve tingene og ved at tænke selv. Det var ikke nok, at de blot fik fortalt, hvordan dette og hint hang sammen. Disse tanker slog også gennem inden for fysikundervisningen, hvor man i Danmark begyndte at tale om praktiske elevforsøg i slutningen af det forrige århundrede. De fleste undervisere var enige om, at det var en god idé at lade elever på alle alderstrin boltre sig i laboratoriet. Men hvorfor var det nu således? Og hvorfra stammede danskernes inspiration? Det ser vi på i dette kapitel.

Det meste af den danske debat vedrørende den konkrete fysikundervisning og det praktiske arbejdes placering i denne blev ført i tidsskriftet *Fysisk Tidsskrift*, som begyndte at udkomme i 1902. I *Vor Ungdom* fra 1906 havde overlærer F.C. Mathiessen fra Sorø et lille indlæg om *Fysisk Tidsskrift*. I indlægget opfordrede Mathiessen fysiklærere på alle undervisningstrin til at læse dette tidsskrift. Grunden til, at han kom med denne opfordring, var, at fysikfaget var blevet styrket på alle trin i undervisningssystemet, og dette krævede flere kvalificerede undervisere. Han mente, at det kun kunne opnås ved at følge fagets udvikling, hvilket kunne være svært for en travl underviser. Ifølge Mathiessen var *Fysisk Tidsskrift* stedet, hvor enhver fysikunderviser kunne følge med i, hvad der rørte sig. Det er også vores opfattelse efter at have beskæftiget os med emnet. Derfor vil de følgende diskussionsindlæg i overvejende grad stamme fra denne kilde.

### 6.1 Forskellige begrundelser for de naturvidenskabelige fag

Diskussionen om dannelse og formaldannelse, som vi beskrev i kapitel 4, giver allerede nogle af svarene på, hvorfor de naturvidenskabelige fag skulle have deres plads i undervisningen. De tvinger, ifølge Kroman, de studerende til at tænke selvstændigt og udvikler deres forestillings-evne. Om astronomi og fysik skrev han således:

Ligesom Mathematiken er det et særligt fantasi- og tankeopdragende Fag; det skærper iagttagelsesevnen, vænner os til at se tænksomt paa vore Omgivelser og løfter vort Sind ved at give os det første Indblik i den uendelige Verdensorden...

Hvad der her er sagt om Astronomien, gælder ligeledes næsten Ord til andet om Fysiken. Også den er et Fag, som i overordentlig høi Grad kunde være tankeopdragende og som let kunde gjøres til et Yndlingsfag i Skolen.

(Kroman 1886, s. 92 og s. 100)

## Kapitel 6

---

Kroman argumenterede for, at de naturvidenskabelige fag (her astronomi og fysik) skulle have særlige fordele i forhold til at udvikle reflekterende elever frem for passive elever, der blot lærer udenad. En anden måde at opøve de for Kroman vigtige dyder kunne ske via skolens apparatur:

I Stedet for at bese Skolens Samling paa Afstand, uden at turde røre eller undersøge skulde Eleven selv forfærdige sig de vigtigste Apparater og derved forvise sig om, at han virkelig havde forstaaet og tilegnet sig Sandhederne

(Kroman 1886, s. 100)

Vi skal senere komme tilbage til flere af denne tids argumenter for at lade eleverne udfolde sig i skolens laboratorier.

Professor S. Heegaard, hvis tanker vi behandlede i kapitel 5, udgav i 1880 det pædagogiske værk *Opdragelseslære*. Han beskæftiger sig i dette værk primært med opdragelse og undervisning på et lavere alderstrin end den lærde skole. Alligevel er det interessant at se, hvad formålet skulle være med at lære fysik. Han skrev:

Det lidet, som i de her nævnte Fag [astronomi, fysik og kemi] meddeles Børnene, maa altid fremstilles saaledes, at de med det samme faa at vide, hvilken Anvendelse det har i det praktiske Liv,...

(Heegaard 1893, s. 251)

Hans argumenter for disse fag skulle anskueliggøres med ting fra elevernes dagligdag. Dette giver på den anden side også faget et nytteorienteret præg. Man skal lære fysik og lignende, fordi det kan blive nyttigt på et eller andet tidspunkt i ens liv, eller for at få børn til at forstå, hvordan de kan leve på en stor "kugle" uden at falde af, altså at lære om "den saakaldte fysiske Tiltrækning" (Heegaard 1893, s. 251). Oscar Hansen (som vi beskrev i kapitel 5) fremhævede i sit pædagogiske værk *Opdragelseslære* fra 1898 den betydning naturvidenskaberne har haft på det kulturelle og det økonomiske liv. Om naturfag som undervisningsfag i skolen skrev han:

Dets positive Nytte er saa stor, at det uden megen Agitation vil bane sig Vej, og interessen for den os omgivende Natur er ikke en Modebevægelse, der ventes snart at ville forsvinde.

(Hansen 1898, s. 391)

Naturvidenskaberne med deres store betydning er kommet for at blive, og derfor er det også naturligt, ifølge Oscar Hansen, at børnene bliver undervist i naturvidenskabelige fag i skolen. Men derudover fremkom han med et argument for undervisning i disse fag. Som Kroman mente han nemlig, at den måde undervisningen er bygget op på er givende udover det rent faglige:

De positive Kundskaber [det stof, der undervises i] indarbejdes altså ikke for deres egen Skyld; Eleven skal lære dem at kende for derigennem at opnaa Dygtighed i a t k u n n e - at kunne bruge sine egne Kræfter. Naturfagene synes at have særlige gunstige Betingelser for at hjælpe Eleverne i den Henseende. Der er af andre belærende Skolefag næppe noget, som kan yde saa stor Hjælp, forudsat at Arbejdsmaaden er fornuftig.

(Hansen 1898, s. 392)



Det er altså vigtigt at lære fysik, kemi, geografi og lign. fordi naturvidenskabernes betydning er øget, men Oscar Hansen mente, at det er mindst lige så vigtigt, fordi eleverne gennem undervisningen i disse fag bliver bedre til at kunne arbejde på egen hånd også på mange andre områder. Der er ikke kun det lærte, der er nyttigt, men også fagenes metoder. De for ham vigtigste metoder fremgår af følgende citat fra *Opdragelseslære*:

Men man maa ogsaa her gaa praktisk frem; man skal ikke fortælle Børnene, at Magneten tiltrækker Jern, man skal lade dem selv eksperimentere med en Magnet. Paa den maade kan man gennem Fysikundervisningen hos Børnene grundlægge en Vane til selv at undersøge, og denne Vane er af uvurderlig Betydning for dem, naar de bliver Voksne.

(Hansen 1898, s. 399)

Det er børnenes evne til nysgerrigt at undersøge tingene, som Oscar Hansen lagde så stor vægt på, og som han mente ville komme dem til gode i andre af livets anliggender. Som nævnt vil vi senere tage tråden op med argumenterne for elevernes eksperimenteren. Der fremføres således argumenter af forskellig karakter for at undervise i de naturvidenskabelige fag. Dels kan det lærte stof vise sig at være nyttigt for eleven i mange sammenhænge, dels er den undervisningsmetode, som fagene lægger op til af stor værdi.

### 6.2 Inspiration fra udlandet til at indføre praktisk arbejde

Mange pædagoger og lærere tog på studieture til udlandet, hvorefter de refererede deres oplevelser og nye idéer til læserne af bl.a. *Vor ungdom* og *Fysisk Tidsskrift*. I udlandet stiftede de nysgerrige lærere bl.a. bekendtskab med det praktiske elevarbejde. Det var forsøg, som eleverne selv var i stand til at udføre og behandle resultaterne af. På dette tidspunkt, hvor danskerne foretog studierejser, var elevforsøget ikke almindeligt i Danmark, men mange mente, at det nu måtte være tiden at prøve at lade eleverne være aktive frem for, at de kun fik tingene fortalt og så på lærerens demonstrationsforsøg. Argumenterne for at indføre elevforsøgene var mange. I dette afsnit vil vi se, hvad det var, som de danske udlandsfarere oplevede i udlandet. Hvad så de, og hvad syntes de om det, de så?

#### Inspiration fra England

England var et af foregangslandene i forhold til at lade eleverne udføre praktiske øvelser. Derfor var det også meget naturligt hertil, man tog, hvis man var interesseret i denne form for undervisning. En del af de beskrivelser, vi er stødt på, stammer fra observationer gjort i klasser på folkeskoleniveau. Vi har valgt at medtage disse beskrivelser, selv om vi primært beskæftiger os med undervisningen på gymnasieniveau. Vi mener, at der kan trækkes værdifuld information ud af disse beskrivelser, som er relevant i forhold til vores problemstilling. Ligeledes har vi ud fra samme synsvinkel medtaget beskrivelser, der omhandler andre naturvidenskabelige fag end lige fysik, f.eks. kemi. Dette skyldes dels, at det var det de samme lærere, der underviste i fysik og kemi, dels at debatten var af almen karakter.

I *Vor Ungdom* fra 1893 beskrev Emil Fischer sine iagttagelser fra en 4-ugers rejse til London, hvor han havde studeret det engelske skolevæsens undervisning i fagene fysik og kemi. I børneskolen - forklarede Fischer - er det kemi og ikke som i Danmark fysik, der undervises i. Om kemien og om kemiundervisning skrev han, at

## Kapitel 6

---

...den er let at lære, fordi alt, hvad den meddeler, kan ses, erfares, opleves - selvfølgelig under den forudsætning, at den meddeles gennem den eksperimentale Fremstilling, men det vilde heller ikke falde nogen engelsk Lærer ind at lære sine Elever Kemi efter en Bog uden Eksperimenter. Forsøgene ere i høj-grad tiltalende og ikke vanskeligere, end at Eleverne selv kunne gjentage de allerfleste af dem, netop hvad den engelske Undervisningsmethode forlanger.

(Fischer 1893)

Det praktiske elevarbejde og især elevernes aktive deltagelse deri blev der lagt megen vægt på i England, og de engelske lærere var meget bevidste om denne undervisningsform og navnlig dens styrker. I det følgende lader Fischer en engelsk lærer argumentere for den eksperimentelle undervisning:

... en Hovedfordring til Læreren maatte være den, at han forstod at rive sine Disciple med sig og bibringe dem en levende Interesse for sit fag; hertil havde Fysiken saa vel som Kemien et fortrinligt Middel i eksperimenter, det burde ikke forsømmes, burde ikke alene danne Grundlaget for Stofmeddelelsen, men udnyttes gennem hele Fremstillingen for at fastholde, hvad der var tale om, og klare Forestillingen. Gennem Abstraktioner at ville udlede Tankeindholdet i konkrete Ting forekom ham at være at slaa ind paa en urimelig Omvej; man kunne jo blot stille den konkrete Ting selv frem til Beskuelse og Iagttagelse, saa fandt man vel nok dens Tankeindhold uden al den Ulejlighed.

(Fischer 1893)

Elevøvelser var altså almindeligt mange steder i England, men på grund af landets uddannelsesmæssige struktur, var det ikke udbredt alle steder. Om undervisningsmetoden skrev han:

I almindelighed udtrykke de [de engelske lærere] sig med megen Klarhed og ligne næsten deres Lærebøger i enfoldig Fremstilling; men det er, som om de ikke turde stole paa Ordets Virkning. »Disciplen maa opleve Naturbegivenheden,« og saa komme Eksperimenter, i hvis Udførelse de har ladet sig det være magtpaaliggende at erhverve al ønskelig Færdighed. Sikkert er det, at de deri har et fortrinligt Middel til at sikre sig Forstaaelse og fængsle Elevernes Interesse.

(Fischer 1893)

Fischer beskrev meget udførligt en undervisningslektion i både fysik og kemi, hvor eleverne selv udførte øvelser uden indblanding fra lærerens side:

Meddelelsen [dvs. Fischer selv], der var overrasket over den Stilhed, der herskede i den store Sal, uagtet Læreren havde været borte derfra i ikke saa faa minutter, fandt lejlighed til at gaa derind og saa nu tre til fire Disciple ivrigt sysselsatte med at eksperimentere med Apparaterne paa Kathederet, medens Resten af Klassen med spændt opmærksomhed saa til, lige saa tavs som de demonstrerende.

(Fischer 1893)

Det er værd at bemærke, at der her er tale om demonstrationsøvelser foretaget af nogle af eleverne for resten af klassen. Der er således ikke tale om, at alle elever er aktive på én gang.

Under sit ophold besøgte han mange skoler; en af dem var Technical College, Finsbury

... hvis Særkjende var den Vægt, der blev lagt paa den eksperimentale Fremstilling og Elevernes Delagtighed i Apparaternes Brug.

(Fischer 1893)

De forsøg, som Fischer omtalte, drejede sig primært om at finde naturkonstanter (elasticitetskonstanter, varmekapacitet osv.). Derimod finder man ikke i nævneværdig grad forsøg, der demonstrerer naturfænomener og sammenhænge mellem disse. Han sluttede artiklen med at konkludere:

Næppe noget Steds viser den eksperimentelle Fremstilling af Naturlæren sig mere frugtbringende end i de gode engelske Skoler. Næppe noget Steds træffer man dygtigere Udøvere af denne Undervisningsmethode.

(Fischer 1893)

Undervisningen foregik altså på en måde, hvor det praktiske arbejde stod centralt, dels som demonstrationsforsøg evt. foretaget af nogle af eleverne, dels som elevøvelser. Det, som han tilsyneladende var mest fascineret af, var, at der blev arbejdet i laboratorier - altså "eksperimentelt" - og at eleverne fik mulighed for at foretage nogle af øvelserne selv. Hans fascination blev nok ikke mindre af, at undervisningen her var så meget anderledes end i Danmark, hvor undervisningen mere bestod af overhøringer end en egentlig undervisning i stoffet, og hvor eleverne ikke fik mulighed for at have apparaturet mellem hænderne og at gøre egne iagttagelser (jfr. bl.a. Kaper fra forrige kapitel). Han bemærkede også, at denne nye undervisningsform gjorde eleverne mere motiverede og interesserede, end han åbenbart var vant til. Den undervisningsform, som han overværede, byggede på, at eleverne skulle lære gennem det sansede frem for at lære fra bøgerne. Der blev på de skoler, hvor Fischer overværede undervisningen, lagt vægt på at eleverne skulle lære gennem deres erfaringer og iagttagelser i laboratorierne, hvilket vil sige en empiristisk og på sin vis induktiv fremgangsmåde.

I *Fysisk Tidsskrift* fra 1905 fortalte Kirstine Meyer (en af bladets redaktører) om et ophold, hun havde haft i England (Meyer 1905b). Årsagen til artiklen var et cirkulære vedr. laboratorier i den dansk mellemskole (altså ikke gymnasiet), hvor der fastslås, at laboratorieundervisning ikke skal indgå i undervisningen i mellemskolen. Dette fik Kirstine Meyer til at fare i blækhuset og skrive, at ingen engelsk underviser i dette fag kunne forestille sig, at eleverne kan lære kemi og fysik uden at inddrage laboratorieundervisning.

I *Fysisk Tidsskrift* året efter beskrev hun en tur til England. Hun vidste på forhånd, at undervisningen byggede på laboratoriearbejdet, så:

Jeg maatte altsaa vente at finde et Laboratorium ved hver skole og blev heller ikke skuffet, ja alle de Steder, hvor jeg var, gaves der overhovedet kun Undervisning i Laboratorier, idet Undervisningen byggedes helt paa Bømenes egne Forsøg.

(Meyer 1906)

Om undervisningen skrev hun, at den

...drives ret ensartet i alle de Skoler, hvor jeg har været. Først samles Eleverne, og Læreren orienterer dem ganske kort i den Del af Arbejdet, som skal gøres i Timen og anstiller i enkelte Tilfælde en kort Eksamination i den foregaaende Times Arbejde; i hvert Fald undersøger han ved spredte Spørgsmaal til Klassen, om de nødvendige Forudsætninger, som Dagens Arbejde skal bygge paa, er til Stede. Derefter udfører Eleverne det Eksperiment, som er bleven dem foresat, og Resultatet diskuteres tilsidst af Klassen sammen med Læreren. Eleverne har hverken nogen trykt eller skreven Vejledning ved Eksperimentet; hvad de skal gøre, er meddelt dem mundtligt, og Hovedpunkterne noteret paa den sorte Tavle.

(Meyer 1906)

## Kapitel 6

---

Den undervisning, som Kirstine Meyer overværede i England, lignede altså den, som Fischer overværede, bygget op omkring det eksperimentelle arbejde, hvor eleverne udførte øvelserne. Hun gav i artiklen en beskrivelse af en lektion, hun overværede:

Eleverne havde lært Fysik i 3 Timer ugentligt i et Aar. For Øjeblikket blev Varmelæren gennemgaaet. Børnene havde udført en Række Øvelser med Termometer og havde Kendskab til Varmenbeden. Emnet for Timen var: *Varmevæksling mellem varmt og koldt Vand*. Læreren gav programmet for timen. Hvert Hold Elever fik udleveret et Kobberbæger, der skulle tjene til Kalorimeter, og et Termometer. De fik Ordre til at finde:

- 1) Vægten af det tomme Kalorimeter.
- 2) Vægten af kalorimetret omtrent halvt fyldt med Vand.
- 3) Vægten af Kalorimetret efter at det dernæst var fyldt med varmt vand (Børnene havde varmet vandet mens de vejede). Endvidere:
- 4) Temperaturen af det kolde Vand i Kalorimetret, af det varme Vand og af blandingstemperaturen.

Efter at disse Maalinger var udførte, skulde hvert barn beregne:

*Den Varmemængde, som det varme Vand havde afgivet, og den Varmemængde, som det kolde Vand havde modtaget.* Jeg fulgte Eksperimentets Udførelse hos et par af arbejdsholdene; ved Beregning af de to ovennævnte Størrelser fandt de henholdsvis 1720 og 1694 V.E. En af dem udbrød straks: "Vi skulle jo have faaet det samme". Læreren, der tilfældigvis stod ved Siden af, sagde: "Tænk over, hvorfor I ikke fik det". De foreslog da, at lidt Varme var gaaet tabt til Luften, og at deres Termometer maaske havde været forkert, eller de havde læst forkert paa det.

(Meyer 1906)

Den ordveksling, som Kirstine Meyer lagde særlig mærke til, viser, at eleverne havde forventet det samme resultat, og at de ikke havde tænkt på varmeafgivelsen til omgivelserne (de var derimod hjemme i at anvende energibegrebet, idet de forventede energibevarelse). Dette prøvede læreren at bringe eleven til at indse, ikke ved at forklare dem dette, men ved at lade dem selv indse det. Det er principper, som Heegaard, Oscar Hansen og Ernst Kaper var inde på tidligere. Eleverne skal være aktive og lære selv at tænke sig til svarene.

### Inspiration fra Tyskland

Men England var ikke det eneste sted danskerne hentede inspiration fra. De tog også til bl.a. Tyskland. Dette gjorde A. Kjærulff, som i august 1906 besøgte bl.a. Die Oberrealschule von dem Holstenhore i Hamburg. Skolen bestod af ni klasser: 3 forskoleklasser, 3 mellemskoleklasser og 3 overklasser. Klasserne fra 5. til 9. havde tre timer fysik ugentligt. Herudover har de tre ældste klasser 2-3 timers laboratorieøvelser ugentligt, hvilket betød at hver elev skulle lave 40 øvelser i løbet af et år. Ifølge Kjærulff var hele undervisningen lagt an på Eksperimentet. Således spurgte læreren med dette for øje, ligesom undervisningslokalerne var indrettet med henblik på praktisk elevarbejde. Dvs. med adgang til vand og gas samt diverse (kostbare) apparater. For at få et sammenligningsgrundlag med undervisningen i England, som Kirstine Meyer beskrev i det foregående afsnit, gengiver vi herunder Kjærulffs oplevelse af elevernes arbejde i laboratoriet:

Ved Laboratorieøvelserne arbejdes der af Eleverne i hold paa 2 og 2 - 5 à 10 Hold ad Gangen, og Øvelserne overværes som Regel af en eller flere Lærere. Øvelsen og fremgangsmaaden bliver forklaret....og Arbejdet begynder. Naar Forsøget er færdigt, diskuteres og kritiseres Resultatet;... Opgeben er at bestemme Forskellen paa Udstraalingsværdien fra en blank og en sværtet Flade.

Til Forsøget udleveres en Kasse med følgende Indhold: En Messingflaske med gennemboret Prop, en Pensel, en Tube Sværte, en Porcelænsdigel, en Flonollap, et Stykke Kridt, et Termometer og en Ophængningssskive. - Endvidere bruges en Trefod, en Vandkedel og et Ur.

Forsøget udføres nu saaledes: Flasken pudses blank ved Hjælp af Kridt og Flonel og fyldes med kogende Vand; Termometeret stikkes gennem den gennemborede Prop ned i Vandet, saa Flasken lukkes, og denne hænges nu op paa Skiven. Termometerstanden aflæses og opskrives fra Minut til Minut, f.Eks. ned til  $60^{\circ}$ . Nu bliver Flasken taget ud, tørret og overpenslet med Sværte, derpaa atter tørret og fyldt paany med kogende Vand, lukket med Termometeret og igen ophængt, hvorpaa Temperaturen som før aflæses og nedskrives. Resultatet tegnes nu som to Kurver med Tiden som Abscisse og Temperaturen som Ordinat.

(Kjærulff 1906)

Kjærulff beskriver altså her, hvordan forsøget ideelt skulle forløbe, men nogen egentlig beskrivelse af netop den øvelse og de elever, som han overværede, gav han ikke. Det er således umuligt at sige, om øvelsen har fungeret efter hensigten og om eleverne har fået det forventede udbytte. Med andre ord tog han i højere grad stilling til øvelsens emne end til dens metode-mæssige udførelse. En grund til dette kan være, at idéen om at lave praktisk elevarbejde for Kjærulff var vigtigere end spørgsmålet om deres udførelse og deres formål.

Kjærulff gengav ikke de problemer, som eleverne uden tvivl måtte have stødt på undervejs. Han nævnte heller ikke, om de havde fået gennemgået begreberne stråling og sorte legemer, før de gav sig i kast med øvelsen. At dømme ud fra den måde, han gennemgik øvelsesforløbet på, synes det som om, at eleverne havde fået udleveret en færdig anvisning på, hvordan øvelsen skridt for skridt skulle udføres. Således havde eleverne ikke nogen indflydelse på, hvordan øvelsens måleresultater skulle behandles ("Resultatet tegnes nu som to Kurver"). Dvs. det hele er givet på forhånd. Denne elevøvelse var altså på alle områder uden nogen frihedsgrader (jf. kapitel 3). Alt var givet på forhånd.

### Samlet vurdering af den udenlandske inspiration

Det synes således at være entydigt, at danskere, efter de nævnte studieture, var positive stillet over for det praktiske elevarbejde - hvilket de sandsynligvis også var tidligere. Derimod forholdt de sig ikke så kritisk til, hvad formålet med dette praktiske elevarbejde skulle være, og hvad formålet med de enkelte øvelser skulle være. Skulle de finde naturkonstanter? Eller skulle de genopdage de store fysikers opdagelser? Eller skulle de gennem dette arbejde få en bedre forståelse af begreberne? Kjærulff var dog inde på, at elevøvelserne sikrede elevernes forståelse og gjorde dem mere motiverede.

Da laboratoriearbejde i undervisningen var noget helt nyt for disse lærere, og da de sandsynligvis i forvejen var positivt stemt over for laboratoriearbejdet, var de derfor mere interesserede i nogle praktiske forhold: om eleverne kunne arbejde i et laboratorium, og hvordan de reagerede på denne undervisningsform. Det vigtigste for dem var sandsynligvis at få indført laboratoriearbejde i de danske skoler, fordi laboratoriearbejdet faldt i tråd med deres holdninger til undervisning og elevernes rolle heri. I sidste ende var de jo mere eller mindre påvirkede af de positivistiske tanker samt tanker om at eleverne måtte være aktive for at kunne lære. Det var tanker som var fremme på dette tidspunkt (jf. igen Heegaard, Oscar Hansen og Kaper). Laboratoriearbejdet blev betragtet som et middel til at udvikle elevernes selvvirksomhed og selvstændighed. I første omgang var spørgsmålet altså, hvorvidt undervisningen skulle indeholde praktisk arbejde eller ej, og først i anden omgang kom så overvejelserne om selve øvelserne. Der skulle dog gå nogle år før de rigtig kom, men det vender vi tilbage til.

### 6.3 Praktisk arbejde; hvorfor og hvordan?

Der var således flere danskere med tilknytning til det danske undervisningssystem, der med begejstring berettede om deres oplevelser i udlandet. De var enige om, at det praktiske arbejde var vejen frem også i Danmark. Men med hvilke begrundelser? Og hvordan skulle man mere konkret gribe tingene an?

Som nævnt var selvvirksomhed og selvstændighed nogle af kodeordene på denne tid i den pædagogiske debat. Også inden for fysikfaget blev der argumenteret for at eleverne selv skulle være virksomme og ikke lytte passivt til en docerende lærer. Dette illustrerer følgende indledning til en artikel af J.P. Jacobsen<sup>19</sup> i *Fysisk Tidsskrift*:

Det synes jo, som om den Anskuelse efterhaanden bliver den raadende, at Fysikundervisningen i Skolen ikke kan blive, hvad den fortjener at være, uden den Trang til Selvvirksomhed, som findes hos Børn, tages i Brug. Jeg glæder mig derved, da jeg tror, at den Metode, som man her er inde paa, vil give et rigt Udbytte, naar den anvendes fornuftigt, det vil sige i det hele og store afpasses efter den Interesse, som Børnene viser for Arbejdet.

(Jacobsen 1905)

Hvordan denne undervisning kunne praktiseres, bliver antydnet i følgende indlæg af Mathiessen:

...er der talt og skrevet meget om, at Fysikundervisningen skal være eksperimentel, at man skal begynde med at lade Barnet gøre Forsøgene, i al Fald lade det gøre Forsøgene efter, skal lade det gaa den Vej det er vant til, gøre sine Erfaringer selv og drage Slutninger ud fra dem, skal lede det til at slutte fra de mange enkelt Tilfælde til det almene. Og senere skal man stadig gaa frem paa den maade, at Eleven selv finder Loven, gennem vel tilrettelagte Forsøg.

(Mathiessen 1906)

Det han var inde på her ligesom så mange andre, var en overvejende induktivt tilrettelagt og elevaktiv undervisning, hvor en del af tænkningen og håndteringen blev overladt eleven. Kjærulff, som vi har stiftet bekendtskab med tidligere, argumenterede for brugen af praktisk arbejde. Han skrev:

Den særlige Værdi af disse Øvelser består i, at Eleven lærer de vedrørende Naturforhold grundig at kende. Betydningen af Grundbegreberne Maal, Vægt, Tid osv. bliver ham derved mere levende og indlysende end ved at høre eller læse om de samme Forhold. Hans iagttagelsesevne og Eftertanke skærpes, hans Nøjagtighed og Ordenssans opøves, og hans praktiske Sans udvikles.

(Kjærulff 1906)

De fordele, som Kjærulff opremser, er både af indlæringsmæssig, metodemæssig og holdningsmæssig karakter. Tilsyneladende lagde han betydelig vægt på de ikke specifikt faglige gevinster ved det praktiske elevarbejde, som at elevens iagttagelsesevne og eftertanke blev styrket.

En af foregangsmændene i indførelsen af praktisk elevarbejde var Th. Sundorph, som også var en flittig lærebogsforfatter, hvis lærebøger blev brugt helt op i 50'erne (i reviderede udgaver). I 1902 søgte han Kultusministeriets tilladelse til forsøgsvis at indføre elevøvelser i den matematiske afdelings V. og VI. klasse på Metropolitanskolen<sup>20</sup>, hvor han var lærer. Dette fik han lov

<sup>19</sup> Må ikke forveksles med den J.P. Jacobsen, der skrev om Mogens, Niels Lyhne og fru Maria Grube.

<sup>20</sup> Disse var de to øverste klasser i latinskolen svarende til 2. og 3. gymnasieklasse i den senere gymnasieskole.

til i 3 måneder i hver klasse<sup>21</sup>. Ministeriet bevilligede 300,00 kr. til indkøb af udstyr (Asmussen 1903, s. 306). Øvelserne skulle være obligatoriske og udfylde to timer om ugen. Om hvordan disse øvelser tænkes udført skrev han:

Hver Elev skal i Hefte indføre en kort Beskrivelse af Forsøgets Gang, som han skal udarbejde omhyggeligt hjemme. Derfor maa til Øvelserne foretrækkes saadanne Forsøg, hvor Læreren gennem de af Eleverne fundne Tal eller af Tegninger kan kontrollere deres Arbejde; dette vil naturligvis særlig spille en Rolle, naar man samtidig har mange Hold i Gang.

(Sundorph 1903)

Da det var første gang, at sådant et forløb blev afprøvet i det danske gymnasium, er det interessant at se, hvilke øvelser Sundorph og hans kolleger på Metropolitanskolen forestillede sig, eleverne skulle udføre (disse øvelser findes i appendiks H). Skolens apparatursamling var selvfølgelig ikke anskaffet med denne undervisningsform for øje og selv om Ministeriet bevilligede en sum penge til at udføre dette undervisningsforsøg, var udvælgelsen af øvelserne bl.a. gjort på baggrund af, hvilket apparatur de lærere havde til rådighed i forvejen. At artiklen skulle tjene til inspiration for andre fysiklærere, der måtte have mod på at kaste sig over lignende undervisning, ses af, at der for mange af øvelserne angives anskaffelsespris for apparaturet. Skolerne har af naturlige årsager ikke haft megen af dette til rådighed. En del af de øvelser, som Sundorph nævnte, kender vi fra undervisningen af i dag, mens andre bærer præg af at være med først og fremmest på grund af en lav anskaffelsespris. I Sundorphs elevøvelser indgår mange øvelser, hvis formål det med vores forståelse måtte være at opnå fortrolighed med apparatur og målemetoder. Det drejer sig f.eks. om øvelse 3 (vægtfylde af faste legemer og væsker), øvelse 20 (varmefylde for jern og kviksølv og sprit), øvelse 26 (fugtighedsmåling med hygrometer og psykrometer<sup>22</sup>) og øvelse 19 (vinkelmåling med sekstant). Kun en enkelt øvelse kan tænkes at have som formål at udlede lovmæssighed. (øvelse 7, Mariottes lov). I stedet undersøges de forskellige lovmæssigheder. Det drejer sig f.eks. om øvelse 6 (pendullovne afprøves) og øvelse 1 (lovene for bøjning af stænger undersøges). Formålet med dette var sandsynligvis, at eleverne selv med egne øjne skulle se og opleve de lovmæssigheder, som de havde lært om gennem teorigennemgangen. Dette forhold er interessant, da induktionen ellers var et af de principper, som datidens pædagoger talte så meget om. Endvidere støder vi her, som i England, på mange øvelser, hvis tilsyneladende formål var at finde forskellige natur- og materialekonstanter. Det gælder f.eks. øvelse 8 (lydens hastighed i luft) og øvelse 22 (smeltepunktet findes for svovlundersyrligt natron). Det reelle formål med disse øvelser måtte ligeledes være at blive fortrolig med apparatur og målemetoder. Sundorph havde sandsynligvis ikke overvejet formålene med øvelserne særlig meget; han begrundede ikke nærmere, hvilket formål de skulle tjene. Hvis man sammenligner øvelserne i Sundorphs liste med øvelserne i den såkaldte Havard-liste, vil man se, at mange øvelser optræder på dem begge. Det kunne derfor tyde på, at Sundorph ikke hentede sin øvelser fra den blå luft, men havde nogle inspirationskilder.

Sundorph foreslog, at øvelserne skulle foregå som omgangsøvelser, hvilket nok skyldtes det lille udbud af apparaturer. Han ville dog ikke lade eleverne foretage øvelserne helt på egen

<sup>21</sup> Endvidere blev der som forsøg undervist i praktisk arbejde for matematikere ved Aalborg Statsskole og Helsingørs højere Almenskole.

<sup>22</sup> Begge disse apparater bruges til at måle fugtighed.

## Kapitel 6

---

hånd uden forudgående gennemgang. Han foreslog således, at inden eleverne startede på øvelserne

...gennemgaar først 10 Forsøg nøjagtigt med Eleverne, som saa arbejder paa egen Haand de følgende 10 Uger, idet de skifter med Forsøgene. Derefter gennemgaas næste Sæt Forsøg o. s. v. En saadan Gennemgang af Forsøgene er efter min Erfaring nødvendig selv om man skriver Arbejds-sedler.

(Sundorph 1905a)

Han slog endvidere til lyd for, at man indførte det praktiske arbejde som en selvstændigt fag med dertil hørende eksamener. Han forestillede sig, at dette fag skulle optage 2 timer ugentligt for den matematiske-naturvidenskabelige retning i de to ældste klasser. Dette sammenholdt med hans forslag om omgangsøvelser viser, at han ikke havde intentioner om, at teorigennemgangen skulle integreres med elevøvelserne. Øvelserne kan således ikke virke som understøttelse af teorien, men vil i nogle tilfælde være løsrevet fra teorien.

Barmwater, der ligesom Sundorph skrev lærebøger, reagerede på det første af dennes indlæg i *Fysisk Tidsskrift*. Han gav her udtryk for, at der måtte noget nyt til i det nye gymnasiums fysikundervisning:

Der er vist almindelig Enighed om, at den nuværende Undervisning i Fysik paa denne Linje [den matematisk-naturvidenskabelige] ikke er tilfredsstillende, den er for meget refererende og for lidt eksperimentel, og det, som det herefter kommer an paa, naar Talen er om at lægge en ny Undervisningsplan, er at faa draget Forsøgene langt mere i Forgrunden, end det nu er Tilfældet. Dette bør gøres dels ved en Ændring i Behandlingen af Stoffet, dels ved Indførelse af Elevøvelser.

(Barmwater 1905)

Han argumenterede altså for at indføre praktisk arbejde, fordi undervisningen hidtil lagde for meget vægt på blot at referere stoffet, og fordi der blev arbejdet for lidt med den anden side af fysikken, nemlig den eksperimentelle.

Igen en kritik af den bestående måde at undervise på, hvor det praktiske elevarbejde ikke kendes. For Barmwater var det af stor betydning, at det eksperimentelle islet så vidt muligt blev øvelser, som eleverne selv skulle lave. Det var ingen god idé, ifølge ham, at fortælle eleverne om de store navnes forsøg, hvis de alligevel ikke kunne gøres efter af eleverne:

...i Stedet for skal vi holde os til Forsøg, som kan udføres med simple Midler, saa hele Pensumet saa vidt muligt bliver bygget op paa eksperimentelt grundlag.

(Barmwater 1905)

Som vi senere vil komme ind på kom prof. Gertz (undervisningsinspektøren) i 1906 med et forslag til kgl. anordning om undervisningen i det nye gymnasium. På fysiklærermødet i 1906 i Sorø dannede dette forslag udgangspunkt for et diskussionsoplæg af F. Barmwater. Der stod i forslaget, at undervisningen i den matematisk/naturvidenskabelige afdeling skulle drives *eksperimentelt* i så stort omfang som muligt. Dette synspunkt var Barmwater og de andre tilstedeværende på mødet ikke uenige i. Det væsentlige spørgsmål var derimod, hvad man skulle forstå ved de praktiske øvelser.



Ja det vil sige, mener jeg, at vi overalt skal være betænkte paa at stille vore Elever overfor selve de Love og de Fænomener, om hvilke Undervisningen i det hele taget kan komme til at dreje sig i Skolen, og lade dem udføre sådanne Forsøg, som enten er lette, direkte Anvendelser af og Prøver paa det teoretiske Materiale, eller bedre, som fører til de Love, om hvilken Undervisningen skal dreje sig, saaledes at Eleven i saa stor Udstrækning som gørligt kommer til at øve sin Skarpsindighed paa af udførte Maalinger at udlede disse Love.

(Barmwater 1907)

Altså Barmwater foretrak at de forsøg eller øvelser, som eleverne skulle udføre, var bygget således op, at eleverne ved induktion selvstændigt skulle finde frem til lovene. Barmwater mente altså, at eleverne skulle lave øvelser, hvis formål det var at udlede f.eks. brydningsloven og Joules lov. De skulle med andre ord genopdage de grundlæggende lovmæssigheder i fysikken. Man kan til denne form for undervisning bemærke, at det nemt ender i lærerstyret opdagelsesundervisning, idet de fleste elever ikke vil være i stand til selvstændigt at nå det tænkte mål uden lærerens hjælp. Sådanne induktive øvelser, som Barmwater talte om, vil stille store krav til eleverne, som de nok ville have svært ved at honorere. Barmwater udgav selv en række lærebøger med eksempler på disse øvelser, og et vigtigt punkt for ham var, at de anvendte apparater skulle være så simple og så let at betjene som muligt. Det var nemlig ikke hensigten ifølge Barmwater, at eleverne skulle bruge en masse tid på at lære at benytte en masse apparater:

...det nye skal ikke først og fremmest være det, at Eleverne faar nogen Færdighed i at haandtere Apparater - en Færdighed, som det jo egentlig slet ikke er Skolens Sag at meddele dem...

(Barmwater 1907)

For ham var det håndværksmæssige i at lave praktisk arbejde således ikke væsentligt. Hvordan et termometer eller et manometer virker og betjenes er kun af betydning i det omfang, at eleverne kan bruge det til at demonstrere eller udlede fysiske love gennem eksperimentet. Det at vide noget om brugen af disse apparater har i sig selv ingen værdi.

### **Praktiske forhold angående praktiske øvelser**

Som Sundorph var inde, på skulle elevøvelserne ikke udføres med dyrt og avanceret udstyr, men med enkle apparater, der er lette at betjene. En vigtig argument for dette var, at man ellers kunne risikere, at idéen med praktiske øvelser blev kasseret af den simple grund, at det ville være for dyrt at etablere og udstyre alle skoler med de rette faciliteter. Barmwater var ligeledes opmærksom på, at undervisning, hvor eleverne selv fik lov til at lave praktisk arbejde, var mere tidskrævende end den på det tidspunkt traditionelle undervisning, og han anså, at de 10 forbedringsforslag som Sundorph foreslog, derfor "paa ingen Maade for at være for stort, snarere vil jeg antage, det mange Steder vil vise sig utilstrækkeligt" (Barmwater 1905 s. 117). Derimod argumenterede han ud fra et pædagogisk synspunkt, da han slog til lyd for billige og enkle apparater, da det ikke skulle være formålet at eleverne blev eksperter i apparatbetjening; det var sekundært.

Kirstine Meyer var en af de ivrige fortalere for det praktiske arbejdes indførelse i det danske skolesystem på alle niveauer. Som beskrevet ovenfor var hun flere gange i udlandet for at studere, hvordan man der greb denne form for undervisning an. For hende var der ingen tvivl om, at det praktiske arbejde skulle opprioriteres. En holdning som hun forudsatte, at alle delte med hende, idet hun skrev: "Alle er vel enige om, at Experimentet bør være Hovedfaktor ved denne Undervisning" (Meyer 1902). Denne diskussion var således afsluttet for hende, og hun

## Kapitel 6

---

forventede da også, at det blev resultatet af den nye undervisningsplan. Hun var derfor mere interesseret i, hvordan man kunne undervise i overensstemmelse med disse nye idéer uden at støde ind i alt for mange praktiske og økonomiske problemer. Hun skrev om de øvelser, som eleverne selv skulle udføre:

Øvelserne bør være saa simple og saa nøje knyttede til det, Eleverne har lært, at de selv kan stille op til dem og udføre dem uden recept, naar de blot faar en Angivelse af, hvilke Apparater, der skal bruges, og hvilke Resultater, der fordres. Eleverne kan arbejde sammen to og to, saa at der i en Klasse paa f. Ex. 24 Elever vil være 12 forskellige Øvelser i Gang samtidig. Øvelserne maa saa cirkulere mellem de forskellige Hold, saaledes at alle faar gjort alle 12 Øvelser.

(Meyer 1902)

Endvidere forudså hun problemer med at skaffe plads til disse aktiviteter og for at undgå disse problemer foreslog hun, at man benyttede skolernes sløjdlokaler eller skolekøkkenet til laboratorium.

Problemer af denne karakter beskæftigede F. C. Mathiessen sig også med. Der var i følge ham flere problemer forbundet med brugen af de praktiske øvelser i undervisningen. Som Sundorph var inde på, så mente Mathiessen, at apparaturet burde gives en del opmærksomhed:

Jeg har forøvrigt erfaret, at de fleste ældre Apparater og en stor del af de nyere i en endog betydelig fysisk Samling, der er blevet forsynet med de almindelige Undervisningsdemonstrationer for Øje, kan være ret upraktiske til Brug ved Skoleøvelser, hvor Eleverne skal arbejde paa egen Haand.

(Mathiessen 1905)

Han henviste til en svensk betænkning, der kom i 1902, hvori det blev slået fast, at de praktiske øvelser var nyttige, men svenskerne "anbefaler blot ikke deres Indførelse for Tiden, fordi de er ny og uprøvede, og fordi det kniber med Tid og Penge" (Mathiessen 1905), men da forholdene i Danmark var anderledes, bl.a. fordi apparaturbestanden var bedre i Danmark end i Sverige anbefalede han, at man indførte de praktiske øvelser, men man skulle altså være opmærksom på, at der var en række problemer forbundet med indførelsen.

Netop det, at det var dyrt at anskaffe apparatur, var et af Sundorphs argumenter for at gøre øvelserne til et særskilt fag med dertil hørende eksamen. Han anslog, at for de fleste skoler kostede det ikke under 1.200 kr. at anskaffe sig det relevante apparatur. Hvis øvelserne ikke var et særskilt fag, ville man have svært ved at få bevilliget disse penge (Sundorph 1905b)

Et problem, som flere beskæftigede sig med, var lærerens evner som vejleder ved de praktiske øvelser. Mathiessen, som erkendte blankt, at han havde overordentlig svært ved denne form for undervisning:

Jeg er saa gammel, at jeg ikke kender praktiske fysiske Øvelser fra min Studentertid, og jeg har senere som lærer havt umaadeligt svært ved at praktisere dem.

(Mathiessen 1905)

Sundorph forudså, at lærerne skulle bruge megen tid på at tilrettelægge undervisning af denne form (en forudsigtelse han kunne have ret i, hvis alle lærere havde det samme forhold til det praktiske arbejde som Mathiessen), og han havde en løsning på dette problem:

Det vilde derfor være heldigt, om Fysiklærerne slog sig sammen om at udarbejde en Forsøgsbeskrivelse, hvori der fandtes en udførlig Beskrivelse af en Række Forsøg, af hvilke enhver kunde tage, hvad han havde Lyst til.

(Sundorph 1905b)

Kirstine Meyer slog på dette område til lyd for, at kommende lærere inden deres eksamen stiftede bekendtskab med lærebøger, der beskriver små simple skoleforsøg samt hvordan de skal udføres. På denne måde opnåede den kommende lærer en færdighed i tilrettelæggelse af sådanne forsøg i en undervisningssituation samt et kendskab til, hvilke apparater, der kan indgå i sådanne forsøg (Meyer 1905a).

### 6.4 Opsamling

De nye pædagogiske tanker, som vi beskrev i kapitel 5, overførte Heegaard og Oscar Hansen også på de naturvidenskabelige fag. De kom ikke nøjere ind på, hvorledes denne undervisning skulle foregå i praksis og heller ikke ind på fagenes lærestof. De fokuserede på fordelene ved disse fag med hensyn til elevens udvikling. De så i naturvidenskaberne et glimrende middel til bl.a. at udvikle elevens iagttagelsesevne og til at lære eleven at handle og tænke selvstændigt. Disse tanker om undervisningen var meget forskellige fra den undervisning, som foregik i latin-skolerne. Her var eleverne uselvstændige væsner, der blot skulle lære de ting udenad, som de blev præsenteret for uden i nævneværdig grad at få lejlighed for at sætte spørgsmålstegn ved denne undervisning.

Der var hos de fysiklærere, som ytrede sig i *Fysisk Tidsskrift* og *Vor Ungdom*, en enighed om, at den refererende undervisningsform, hvor eleverne var passivt modtagende, ikke var hensigtsmæssigt. Eleverne blev for uselvstændige. Barmwater mente som så mange andre, at det praktiske elevarbejde udviklede elevernes evne til at tænke selvstændigt, f.eks. når de ved induktivt tilrettelagte øvelser skulle slutte ud fra deres iagttagelser. Kjærulff var i overensstemmelse med Heegaard og Oscar Hansen, når han sagde, at iagttagelsen blev skærpet ved det praktiske arbejde. Desuden mente han, at selve læringen blev bedre, når eleverne arbejdede direkte med tingene i stedet for blot at læse sig til det.

Fysiklærerne havde nogle holdninger til undervisningen, som minder om Heegaards og Oscar Hansens. Om de ligefrem var blevet påvirket af disse to skribenter, eller af andre med tilsvarende idéer. Faktum er, at disse progressive fysikere var interesseret i, at noget nyt måtte ske i fysikundervisningen. Da de højst sandsynligt alle var påvirkede af de positivistiske tanker og tankerne om en anden elevrolle, måtte deres holdninger til fysikundervisningen være påvirket heraf. De danskere, der tog på studieture til England og Tyskland, havde sandsynligvis på forhånd taget stilling til det praktiske elevarbejde, hvorfor formålet med rejserne var at få afklaret nogle praktiske forhold: kunne det lade sig gøre i praksis at lade eleverne udføre elevøvelser, og hvad var deres reaktion på dette. Og desuden var der spørgsmålet om apparaturer mv. Også i Danmark blev der dog gjort forsøg med praktiske elevøvelser, hvor Sundorph indhentede erfaringer, som han siden videregav i *Fysisk Tidsskrift*.

Fysiklærerne var i flere tilfælde inde på formålet med at udføre praktisk elevarbejde. Som vi har omtalt tidligere, sås elevøvelserne som et middel til at gøre eleverne mere aktive og lade dem udfolde sig selvstændigt, altså også nogle af de mål, som Oscar Hansen og Heegaard stillede til den øvrige undervisning. Dertil kom, at øvelserne skulle slå stoffet bedre fast, når eleverne fik lejlighed til at arbejde med det på egen hånd, og at eleverne derved blev mere

## Kapitel 6

---

motiverede. Endelig kunne eleverne få mulighed for at arbejde induktivt, når de udførte øvelserne.

Om disse intentioner med det praktiske elevarbejde så blev ført ud i livet, vil vi undersøge nærmere i kapitel 8, men allerede her får vi et indtryk af, at det tilsyneladende var svært at realisere nogle af intentioner, når vi ser på de øvelser, som Sundorph lod sine elever foretage under sin forsøgsordning på Metropolitanskolen. Disse lægger ikke op til den induktive arbejds måde, som blev fremhævet af fysikere.

Med hensyn til udformningen af elevøvelserne blev der hurtigt enighed om deres organisering. Eleverne skulle arbejde sammen to og to om at udføre øvelserne, hvor Sundorphs liste indeholder en række forslag. Der skulle samtidig udføres ca. 10 øvelser i klassen, som elevholdene udførte på skift ind til alle holdene havde været alle øvelserne igennem. Inden en sådan rund skulle læreren introducere eleverne nøje til de enkelte øvelser, således de var klar over, hvordan den skulle udføres. Denne form for tilrettelæggelse af det praktiske arbejde med omgangsøvelser skyldtes nok først og fremmest mangel på ressourcer frem for at være et pædagogisk valg. Der skulle således med omgangsøvelserne kun indkøbes ét eksemplar af hvert apparat i stedet for et dyrt classesæt med mange ens apparater.

Denne måde at organisere og tilrettelægge det praktiske elevarbejde på, som blev beskrevet af bl.a. Kjærulff, Meyer og Fischer, giver et fingerpeg om den enkelte elevs placering og medbestemmelse. Det er arbejde med meget få frihedsgrader. Hvilke problemer, der skal behandles, er givet på forhånd, ligesom det også på forhånd er givet hvordan. Øvelserne har et kgebogspræg, som man ville betegne det i dag. Ligeledes lægges der ikke op til valgfrihed med hensyn til databehandling, mens rapporteringsformen ikke har været diskuteret særlig meget på dette tidspunkt. Der er altså ikke lagt op til, at eleverne udstyres med nogen særlig form for medbestemmelse i tilrettelæggelsen og udførelsen af det praktiske arbejde.

Når man kritiserer den måde at lave praktisk elevarbejde på ud fra den forståelse, som vi har i dag, skal man dog tænke på, hvad der lå forud. Hidtil havde praktiske elevarbejde været et så godt som ukendt begreb i de danske skoler. Alle forsøg havde været udført som demonstrationsforsøg af læreren. Set ud fra denne synsvinkel var det et stort skridt at lade eleverne selv udføre øvelser, om de så var nok så lukkede og uden frihedsgrader. For de lærere, som ønskede disse øvelser, gjorde først og fremmest en indsats for at få dem indført. Det var i det hele taget en stor opgave på grund af en række praktiske problemer: mangel på apparatur, manglende uddannelse af lærerne i at foretage dette arbejde, manglende laboratoriefaciliteter og desuden fandtes der ingen udformninger af elevøvelser og tilhørende øvelsesvejledninger.

Med hensyn til hvordan det praktiske arbejde skulle udføres, var der noget uenighed. Barmwater foretrak en induktiv fremgangsmåde. Sundorph foretrak tilsyneladende - og overraskende nok - deduktivt prægede øvelser, hvor formålet var at eftervise den gennemgået teori og demonstrere fænomener.

Vi vil slutte dette afsnit med et eksempel på, hvilke vanskeligheder, de energiske fysiklærere kunne støde på, i deres kamp for at indføre praktiske elevøvelser:

Desværre blev forannævnte Øvelser temmelig snart indstillede, idet de benyttede Lokaler skulde anvendes i Anledning af en optrædende Skarlagensfeber-epidemi. Man har saa ikke holdt det for raadeligt at anvende dem til fysiske Øvelser senere.

(J.P. Jacobsen, *Fysisk Tidsskrift* 1905, s. 86)

### 6.5 Kilder og litteratur

Asmussen A.F. (red.) (1903): *Meddelelser angaaende de lærde Skoler og dimissionsberettigede Realskoler i Kongeriget Danmark for Skoleaaret 1902-3*, Gyldendal, København.

Barmwater, F. (1905): "Fysik og Kemi i Gymnasiet. nogle Bemærkninger i Anledning af Adj. Sundorphs Artikel om samme Emne i forrige Hefte" i *Fysisk Tidsskrift* 1905, s. 115-121.

Barmwater, F. (1907): "Fysikundervisning i Gymnasiets math. naturvidensk. Afdeling, Indledningsforedrag til Diskussion" i *Fysisk Tidsskrift* 1907, s. 26-29.

DeBoer, George E. (1991): *A History of Ideas in Science Education. Implications for Practice Teachers* College Press, New York.

Fischer, Emil (1893): "Iagttagelser fra en 4 Ugers Rejse til London Sommeren 1889 med Hensyn til Undervisningen i Naturlære i derværende Skoler" i *Vor Ungdom* 1893 s. 67-80.

Hansen, Oscar (1898): *Opdragelseslære* Gyldendalske Boghandels Forlag, København.

Heegaard, S. (1893): *Om Opdragelse*, Gyldendalske Boghandels Forlag, København (1. udgave udkom i 1880).

Hvidt, Kristian (1990): *Det folkelige gennembrud og dets mænd*. Gyldendal og Politikens Danmarkshistorie, bind 11, Gyldendalske Boghandel, Nordisk Forlag A.S. og Politikens Forlag, København.

Jacobsen, J. P. (1905): "Fysiske Øvelser for Skoledisciple" i *Fysisk Tidsskrift* 1905, s. 78-86.

Kjærulff, A. (1906): "Undervisning i Naturkundskab i Tyskland og Schweiz" i *Fysisk Tidsskrift* 1906 s. 87-91.

Larsen, Carl Aage (1991): "Selvvirksomhed og induktivt princip" i Muschinsky og Schnack (red.) 1991, s. 262-266.

Mathiessen F. C. (1905): "Fysik og Kemi i Gymnasiet" i *Fysisk Tidsskrift* 1905 s. 122-125.

Mathiessen F.C. (1906): "Fysisk Tidsskrift" i *Vor Ungdom*, 1906, s. 49-51.

Meyer, Kirstine (1902): "Et par Bemærkninger i Anledning af den nye Skolelov" i *Fysisk Tidsskrift* 1902 s. 95-96.

Meyer, Kirstine (1905a): "Praktisk Læreruddannelse - et lille Reformforslag" i *Fysisk Tidsskrift* 1905 s. 216-217.

Meyer, Kirstine (1905b): "Skolelaboratorier - hjemme og ude" i *Fysisk Tidsskrift* 1905, s. 254-256.

Meyer, Kirstine (1906): "Undervisning i Naturlære i engelske Skoler" i *Fysisk Tidsskrift* 1906 s. 30-37.

## **Kapitel 6**

---

Muschinsky, Lars Jacob og Schnack, Karsten (red.) (1991): *Pædagogisk Opslagsbog*, Christian Ejlers' Forlag, København.

Sundorph, Th. (1903): "Om Undervisning i Naturlære" i *Fysisk Tidsskrift* 1903 s. 27-29.

Sundorph, Th. (1905a): "Fysik og Kemi i Gymnasiet" i *Fysisk Tidsskrift* 1905 s. 76-78.

Sundorph, Th. (1905b): "Praktiske Øvelser i Gymnasiet" i *Fysisk Tidsskrift* 1905 s. 166-167.

# Kapitel

# 7

## Bestemmelser for gymnasieundervisningen

Som det fremgår af de forgående afsnit, blev der fra mange med tilknytning til undervisningsvæsnet udtalt ønske om en fornyelse af de lærde skoler. Samfundet havde på mange måder forandret sig og dermed blev der også stillet nye krav til hele skolesystemet. Den mere eller mindre kaotiske opbygning af skolesystemet var medvirkende til, at mange sluttede sig til ønsket om en enhedsskole. Her skal enhedsskole forstås som en enstrengt struktur, der muliggjorde, at man kunne forsætte naturligt fra den ene skole til den anden. Indførelsen af de praktiske øvelser i fysikundervisningen faldt sammen med oprettelsen af gymnasiet, og vi har i det forgående set på, hvad der fik de danske fysiklærere til at ønske disse praktiske øvelser. Umiddelbart er ingen sammenhæng mellem indførelsen af gymnasiet og indførelsen af de praktiske øvelser, udover den, at en reformering af skolesystemet var en anledning for undervisere og pædagoger til at tage undervisningen i de enkelte fag op til revision. Vi har indtil nu set på de pædagogiske begrundelser for ændringer af undervisning i fysik. I det følgende vil vi se på den nye lov, som indførte gymnasiet samt på anordningen angående bestemmelserne for fysikundervisningen i gymnasiet.

At loven blev vedtaget på netop dette tidspunkt var ingen tilfældighed. Reformvenstre (det der senere blev til Venstre) var kommet til magten to år før i 1901 og ved indførelsen af parlamentarisme i Danmark. Efter systemskiftet kastede partiet sig ud i gennemførelsen af en del større reformer. En skattereform, som skulle sikre en mere retfærdig fordeling af skattebyrden mellem by og land, blev vedtaget. Dette betød bl.a. en svækkelse af godsejernes valgprivilegier (Rerup 1989 s. 218-219). Ligeledes skete en reformering af kirkeområdet, der bl.a. betød en indførelse af menighedsråd, som blev valgt ved almindelig valgret. Endvidere blev tiende afskaffet, og på denne måde skete der en demokratisering af den instans, der havde stor direkte betydning for det enkelte menneske, kirken. Og endelig gennemførtes en reform af skolestrukturen.

Reformvenstres ordfører på dette område Johan Ottosen udtalte sig om loven:

...som der i et folk skal være en folkeenhed, der står over dets klasse modsætninger, skal der i dets skole være en organisk sammenhæng, en levende og let forbindelse, det, man har søgt at udtrykke ved slagordet enhedsskolen.

(Christiansen 1990, s. 37-38)

Netop enhedsskolen var én af Socialdemokratiets gamle idéer, og selv om den ikke fik det udseende, som de ønskede, mente de dog, at det blev lettere for børn af arbejdere at få en boglig uddannelse. De støttede derfor lovforslaget. Loven var ikke udfærdiget af Reformvenstres kultusminister J.C. Christensen, men derimod af en række embedsmænd (især undervisningsinspektionens formand M.C. Gertz) i samarbejde med progressive kræfter ude i skolerne.

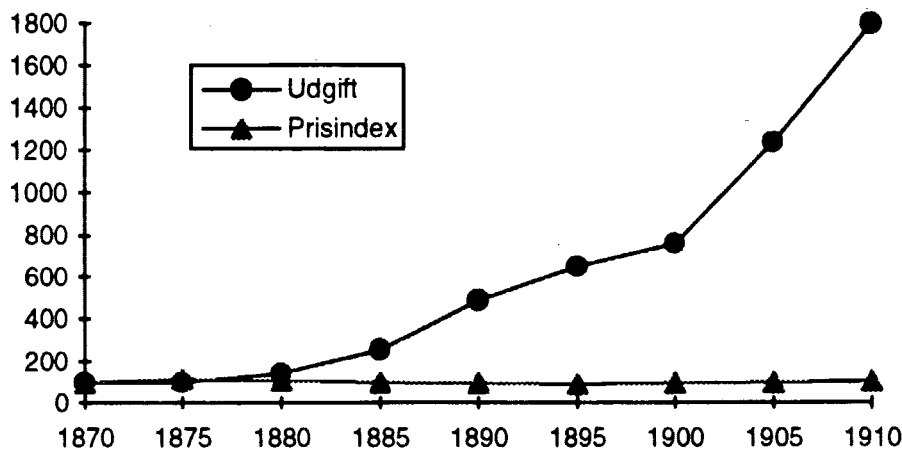
## Kapitel 7

At loven blev ført gennem Folketing såvel som Landsting var derimod Christensens fortjeneste.

### Lidt statistik om undervisningen.

I slutningen af det 19. århundrede og starten af det 20. steg statens udgifter til Kultusministeriet betragteligt, som det fremgår af figur 7.1. Mens priserne nærmest var konstante gennem denne periode skete der omtrent en tyvedobling af udgifterne til kirken og undervisningsvæsnet.

Det er rimeligt at antage, at en stor andel af denne stigning gik til udbygning af skolevæsnet på alle niveauer. Dette fremgår også af, at antallet af nyimmatrikulerede ved Københavns universitet i perioden 1869-1879 var 163/år, fra 1906-07 var tallet 482/år, mens tallet i 1926-27 var 1212/år. I perioden 1883-1903 tog ca. 9/10 af alle dimitterede fra de lærde skoler filosofikum (Skovgaard-Petersen, 1976 s. 87), hvoraf det ses, at den lærde skole udelukkende var en forberedelsesskole til universitet. Eleverne var således kommende embedsmænd, præster, jurister o.lign.



Figur 7.1. Kultusministeriets udgifter (udgift) og konsumprisindekset (index) i Danmark 1870-1910. (efter Johansen, 1985, s.349-351 og s.298ff)

Men naturvidenskabens stigende betydning for samfundet kan også aflæses af tallene for nyimmatrikulerede ved Polyteknisk Lærestalt, hvor der over en 100-årig periode skete en 15-dobling, som det fremgår af tabel 7.1.

År	Nyimmatrikulerede	Antal eksam.
1829-39	10	-
1869-79	35	-
1906-07	142	78
1926-27	153	143

Tabel 7.1. Nyimmatrikulerede ved Polyteknisk Lærestalt. (efter Johansen, 1985 s. 37)



Det var således stadig et fåtal af årgang, der startede enten på universitet eller på Polyteknisk Lærestanstalt, men der sker dog en kraftig stigning i antallet af nyimmatrikulerede.

Antallet af elever i såvel mellemskole som realskole og gymnasium steg også fra slutningen af århundredet, hvilket fremgår af tabel 7.2.

År	Total	Mellemskolekl.	Realkl.	Gymnasiekl.
1897	12.000	9.807	1.044	1.149
1902	14.901	12.376	1.359	1.166
1907	19.398	15.805	1.886	1.707
1912	26.726	21.333	2.887	2.506
1919	36.150	29.430	3.595	3.125

**Tabel 7.2.** Antal elever, der går i mellemskole, realklasse og gymnasium. (efter Skovgaard-Petersen, 1976, s. 303)

Loven kom altså på et tidspunkt, hvor elevtallet allerede var begyndt at stige, og den betød at denne stigning blev forstærket.

### 7.1 Loven af 24. april 1903

Den 24. april 1903 blev "Lov om højere Almenskoler m.m." vedtaget. Loven omfattede både mellemskolen og gymnasiet. Vi vil koncentrere os om de dele, der vedrører sidstnævnte. Om gymnasiets overordnede formål hed det i § 3:

*Gymnasiet giver i Tilslutning til Mellemskolen gennem 3 eetaarige Klasser sine Elever en fortsat højere Almenundervisning, som tillige afgiver det nødvendige Grundlag for videregaaende Studier.*

*Gymnasiets Undervisning skal kunne meddeles paa 3 delvis forskellige Linier, som efter de Undervisningsfag, der giver hvert enkelt Linie dens Særpræg, betegnes henholdsvis som den klassisk sproglige, den nysproglige og den matematisk-naturvidenskabelige Linie*

(Lov om højere almenskoler)

I modsætning til i de gamle latinskoler var undervisningen i gymnasierne åben for elever af begge køn (de gamle latinskoler havde kun været for drenge).

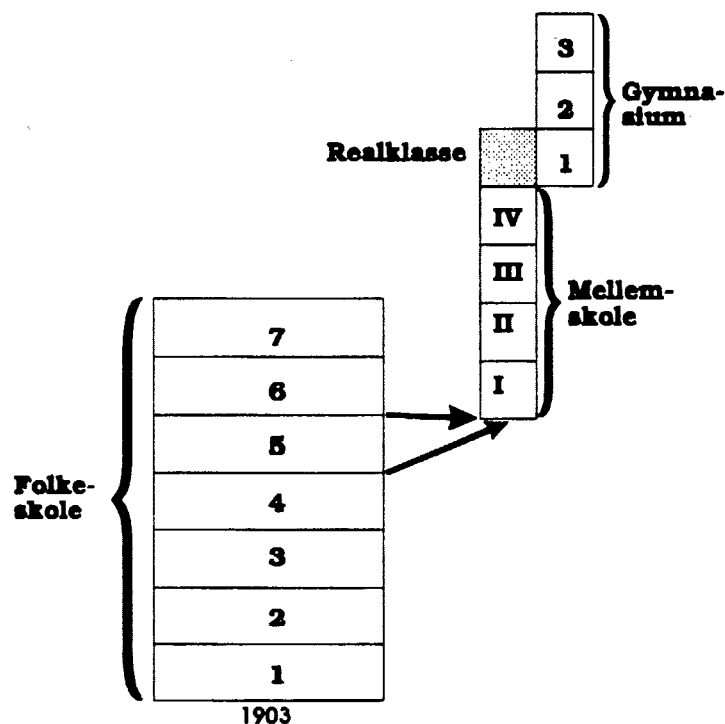
Det udviklede spil, der lå forud for loven giver Asmussen (1904) et billede af:

I 1902 fremsatte minister for Kirke- og Undervisningsvæsen J.C. Christensen et forslag til denne lov. Den direkte anledning til var et "andragende", som bestyrere fra en række latin- og realskoler havde indgivet til ministeriet. Blandt disse var der et ønske om at kunne holde eksamen i en "3die Retning" inden for den lærde skole. Man havde indtil da haft en naturvidenskabelig og en sproglig linie, og den tredje retning skulle være en nysproglig linje, hvor man lagde vægt på de talte sprog engelsk og tysk. Endvidere var der en udbredt enighed om, at eleverne efter ændringen i 1871 (Halls skolelov) var fortsat overlæssede med arbejde, hvorfor det kunne være ønskeligt at skære nogle fag bort eller mindske belastningen i nogle fag. Dette kunne gøres ved en yderligere opdeling. Men inden da havde der adskillige gange været ytringer om at afskaffe den tvedeling, der var resultatet af loven fra 1871.

I 1881-82 fremsatte ministeriet et lovforslag, hvis sigte var at afskaffe tvedelingen. Denne lov blev aldrig vedtaget af forskellige grunde. I 1884 fremsatte ministeriet et nyt forslag, hvori man tænkte sig en 8-årig lærd skole, som skulle være delt i to dele i de to sidste

## Kapitel 7

år. Endvidere ønskede man sig en større sammenhæng mellem det højere og det lavere skolevæsen. Lovforslaget kom aldrig til behandling i Landstinget, hvorfor det faldt bort. Igen i 1889 beskæftigede ministeriet sig med spørgsmålet om afskaffelse af den todelte lærde skole, men igen faldt tankerne til jorden. De næste 10 år skete der ikke noget på dette felt, men da de førnævnte skolebestyrere indgav deres ønske om en tredje retning, var tiden moden. Undervisningsinspektionen blev hørt, og der blev forhandlet med de lærde skolars rektorer og de privates bestyrere, hvorefter der blev udarbejdet et lovforslag, hvor den nye retning var en underafdeling af den sproglige linie. Forslaget blev sendt til universitets konsistorium og de enkelte fakulteter til "Erklæring". Sagen blev denne gang syltet i et uenigt landstingsudvalg, men blev taget op igen i 1901 af de nævnte skolebestyrere og der blev udarbejdet en undervisningsplan for den nye retning, som en række skoler blev bedt om at kommentere. Ligeledes skulle universitets fakulteter kommentere planen. Spørgsmålet om en enhedsskole trængte sig endvidere på igen. Alle disse diskussioner, som vi kun har berørt perifert, mandede ud i, at Lov om højere Almenskoler m.m. blev vedtaget i både Folketing og Landsting.



Figur 7.2. Den nye skolestruktur.

### Den nye skolestruktur

Med loven af den 24/4-1903 og folkeskoleloven fra 1901 endte man nu med en enstrengt struktur med en folkeskole (5-årig) efterfulgt af enten den 4-årige mellemskole eller en to-årig overbygning på folkeskolen. Dvs. at der allerede efter 5. klasse skete en deling af eleverne. Mellemskolerne blev placeret på de få statsskoler, der dengang fandtes. Derudover var det op til de enkelte kommuner selv at oprette mellemskoler, hvilket i praksis betød, at det primært

var i de større byer, at børnene havde mulighed for at fortsætte i mellemskolen. Efter mellemskolen var det muligt at fortsætte i den et-årige realklasse eller i det tre-årige gymnasium (jf. figur 7.2.). Nogle af mellemskolerne var tilknyttet gymnasierne (f.eks. ved statsskolerne), og her blev mellemskoleeleverne undervist af gymnasielærere, hvorimod de i mellemskolerne tilknyttet folkeskolerne blev undervist af seminarieuddannede lærere. Dette gjorde, at der var en væsentlig forskel i undervisningen mellem disse mellemskoler.

### Det nye gymnasium

Efter at loven var blevet vedtaget, skulle man i gang med at udarbejde time- og læseplaner for de tre linjer: Den klassisk sproglige, den nysproglige og den matematisk-naturvidenskabelige. Fra ministeriets side bad man Prof. Gertz (formanden for undervisningsinspektionen) om, at komme med et udkast. Til dette fik han hjælp en række kompetente personer med indsigt i faget. Blandt rådgiverne i naturlære (fysik, astronomi og kemi) og matematik finde vi bl.a. Kirstine Meyer, Sundorph, Mathiassen; altså som vi har set de toneangivende i debatten.

	Matematisk-naturvidensk. linje		
	I	II	III
Religion	1	1	1
Dansk	4	4	4
Historie	3	3	4
Matematik	6	6	6
Naturlære	6	6	6
Engelsk/tysk	2	2	2
Fransk	4	4	4
Oldtidskundskab	1	1	1
Geografi/naturhistorie	3	3	2
	30	30 <sup>1</sup>	30

**Tabel 7.3.** Timefordelingen i det nye gymnasiums tre klasser ifølge Cirkulære af 4de December

Et område, der optog Gertz, var spørgsmålet om overbebyrdningen af eleverne. Derfor arbejdede han med en timeplan, der skulle gøre det muligt for eleverne at fravælge visse fag. For den matematisk-naturvidenskabelige linje drejede det sig om fagene fransk, oldtidskundskab og naturhistorie/geografi<sup>2</sup>. Denne plan blev imidlertid ikke til noget, idet den endelige timeplan, som blev bekendtgjort i "*Cirkulære af 4de December 1906 til samtlige Rektorer og Bestyrere af de eksamensberettigede højere Almenskoler indeholdende Normaltimeplanen for Gymnasiets tre Linier og et Udkast til Anordning angaaende Fordringerne ved og Eksamensopgivelserne til Studentereksamen m.m.*" kom til at se ud som vist i tabel 7.3.

Længden af en time blev sat til 50 minutter. Som det ses optræder faget naturlære, som dækker over fysik (herunder astronomi) og kemi. Om dette hedder det: "Timerne i Naturlære i samtlige tre Klasser ere tænkte fordelt med 2/3 til Fysik og Astronomi og 1/3 til

<sup>1</sup> Asmussen (1907) anførte godt nok, at summen af de ovenstående timer skulle være 60, men lidt addition i hovedet giver et timetal på 30 som på de to andre klassetrin.

<sup>2</sup> De to fag optrådte ikke som separate fag, men skulle læses sammen.

## Kapitel 7

Kemi." (Cirkulære af 4de December 1906) Det er værd at sammenligne timefordelingen efter 1906 med de tilsvarende fra 1871 og 1882. Denne sammenligning ses i tabel 7.4.

	1871	1882	1906
Religion	0	3	3
Dansk	11	7	12
Historie	9	8	10
Latin og græsk	13	11	0
Fransk	8	8	12
Engelsk/tysk	6	6	6
Oldtidskundskab	-	3	3
Geografi/naturhistorie	2+2	5	8
Matematik	27	27	18
Naturlære	12	12	18
Ialt	90	90	90

Tabel 7.4. Timefordelingen for den matematisk-naturvidenskabelige linje i den lærde skoles IV. V. og VI klasse (1871 og 1882) samt 1.2 og 3. i gymnasiet (1906).

Her kan vi se, at naturlæren som fag fra 1882 til 1906 fik tildelt 50% flere timer, hvilket sker på matematikkens bekostning, som på samme tid reduceres med en tredjedel. Fra 1871 til efter 1906 var det samlede antal af timer tildelt matematik og naturlære stort set konstant, men der skete altså en forskydning mellem disse to fag mod flere naturlæretimer på bekostning af matematikken. Der lægges altså betydelig mere vægt på de naturvidenskabelige fag (fysik og kemi) efter 1906 end tidligere.

### 7.2. Hvad skete der på fysikområdet?

Inden pensum for de enkelte fag blev endeligt fastlagt nedsatte bestyrelserne for "De højere Almenskolers Lærerforening", "Privatskolernes fagordnede Lærerforening" og "Statsskolernes Lærerforening" en række udvalg, der skulle komme med deres forslag. Derudover kom prof. Gertz som formand for undervisningsinspektionen med et forslag. Vi ser hovedsageligt på det første, da det giver et godt billede af, hvad lærerne ville. Som vi skal se fik lærerne langt hen ad vejen deres ønsker opfyldt.

#### Forslag til Pensum og undervisningsmetode

Udvalget for naturlære bestod af Agertoft, Barmwater, N. Christensen, F. Mathiessen, Kirstine Meyer, S. Neersø, J. C. Petersen, Hans Rasmussen og Th. Sundorph. Mange af disse navne genkendes fra diskussionerne, der er refereret i de forgående afsnit. Det er altså ikke helt tilfældigt, det er netop dem, som blev valgt til dette læseplansudvalg. Det er de folk, som har ytret sig i debatten og man vil kunne se, at mange af dem også er aktive lærebogsforfattere. Udvalget foreslog følgende pensum til fysikpensum på den matematisk-naturvidenskabelig retning:

## Bestemmelser for gymnasieundervisningen

*Varmelære.* Udvidelse, Varmefylde, Smeltevarme og Fordampningsvarme. Dampes Tryk. Fugtighedsmaaling. Fortætning af luftarter. Af Vejlæren medtages, hvad der er nødvendigt til Forstaaelse af Vejrkortet, samt lidt om Temperaturen daglige og aarlige Gang. Varmens mek. Ækvivalent opsættes til Energilæren.

*Lyslære.* Af Lysmaaling kun, hvad der er nødvendigt til Forstaaelse af Fotometrets Anvendelse. Plane Spejle. Konkave Hulspejle og Linser uden vidtløftig matematisk Udledning af Formlerne. Linsers Anvendelse. Spektralanalyse. Straalevarme. Øjet. Lysets Hastighed.

*Magnetisme.* Omfanget som nu til sproglig Artium. Desuden Kraftlinjer og en af Hovedstillingerne.

*Elektricitet.* Omfang omtrent som nu. Desuden elektriske Svingninger. Elektriske Straalearter behandles udførligere end nu. Elektrisk Energi opsættes til Energilæren.

*Astronomi.* Omfanget lidt mindre end nu.

*Energilære.* En sammenfattende Fremstilling af Energiens forskellige Former; Energisætningen.

*Mekanisk Fysik.* Omfanget mindre end nu.

(Fysik i Skolen 1906)

Man bør bemærke, at punktet energilære her optræder som noget nyt, men som vi skal se senere, blev dette ikke medtaget i anordningen. Mere interessant end denne gennemgang af pensum er udvalgets forslag til, hvordan undervisningen skal forløbe. Som nævnt var udvalgsdeltagerne stort set de samme, som deltog i debatten, der lå forud, og derfor kunne man forvente, at tankerne herfra ville gå igen, hvilket de også gjorde. Om undervisningsmåden hedder det nemlig:

Undervisningen drives eksperimentelt i saa stort Omfang som muligt. For at vænne Eleverne til Selvvirksomhed og for at give dem det rette Udbytte af Undervisningen anser Udvalget det for nødvendigt at indføre praktiske Øvelser. Til disse anvendes der en Tid, der svarer til 2 Timer ugentligt i 1 Aar. Eleverne vænnes til kortfattede, skriftlige Redegørelser for Forsøgenes gang og Resultat.

Det anbefales, at Eleverne vænnes til paa egen Haand at sætte sig ind i mindre Afdelinger af fysisk Art og at gengive disses Indhold i Timen i Foredragsform.

I alle Klasser bør det læste indøves ved simple Opgaver (Taleksempler).

(Fysik i Skolen 1906)

Der lægges altså op til en drastisk ændring af den fysikundervisning, som foregik i de lærde skoler, ved at man foreslog et betydeligt antal undervisningstimer skulle bruges til praktiske elevøvelser. Disse nye timer skulle dels dækkes ind ved flere fysiktimer, dels ved at skære i den eksisterende undervisning. Demonstrationsforsøgene og den beskrivende undervisning skulle nedprioriteres. Tilsyneladende havde det ikke en indvirkning på sammensætning af pensum, at undervisningen skulle drives eksperimentelt.

På fysiklærernes oktobermøde i 1906 kom Sundorph med et par bemærkninger. Først og fremmest understregede han, at det var et enigt udvalg, der var kommet med de ovenstående forslag. Om de praktiske øvelser blev han citeret for at sige:

En virkelig Tilegnelse af de forskellige fysiske Love og Begreber som Ohm, Volt, Varmefylde osv. faar man kun, naar man selv arbejder med dem. Forevisningsforsøg alene giver ikke nær det Udbytte for Eleverne, og Omkostningerne er jo omtrent de samme. Forskellen er nærmest den, at der ved Elevernes Øvelser gaar noget mere Slid paa Apparaterne. Jeg har selv i et par Aar prøvet de praktiske Øvelser ved to Skoler og har faaet det bestemte Indtryk, at det er den Vej, vi skal gaa for at faa en god Undervisning i Fysik. Saadanne Øvelser bruges jo ogsaa meget

## Kapitel 7

---

i andre Lande: i Frankrig har de været obligatoriske et par Aar, og de bruges i England, Amerika og mange steder i Tyskland.

(*Fysik i Skolen* 1906, s. 99)

Han foreslog endvidere, at man udarbejdede en "normalsamling", som indeholdt de øvelser, man fandt var interessante. Til en sådan samling skulle der så udarbejdes en forsøgsbeskrivelse, der så skulle medvirke til at lette arbejdsbyrden på den enkelte lærer. Netop det, at det ville kræve meget af lærerne og de i mange henseender ville mangle de nødvendige kvalifikationer, var Gertz også inde på i sine forslag til pensum og timeplaner:

Der vil sikkert ogsaa blandt vore *Fysiklærere* findes adskillige, som det bliver nødvendigt at skaffe Adgang til Kursus, hvor de kunne indøve sig til at fyldestgøre de nye Krav, som Undervisningen i Kemi og de fysisk Øvelser stiller dem.

(Gertz 1907, s. 4)

Kemi blev, som det fremgår af tabel 7.3, ikke et selvstændigt fag, hvilket var imod lærernes ønske. Om dette slog Sundorph fast:

Udvalget er enigt om, at Kemien skal udskilles fra Fysikken som et selvstændigt Fag, der kan have sin egen Lærer. Paa denne maade sikrer vi os først og fremmest imod, at Kemien bliver tilsidesat. Desuden kan det jo hænde, at der ved en Skole er en Lærer, som har særlig lyst og Evne til at undervise i Kemi, men som ikke tør paatage sig Fysikken eller ikke har tid dertil.

(*Fysik i Skolen* 1906, s. 98-99)

Udvalget kom også med læseplansforslag for kemi. Her var linjen den samme, hvad angik måden at undervise på, omend de praktiske øvelser blev betonet endnu mere:

Undervisningen maa overalt saavidt muligt ikke illustreres med, men grundlægges paa Eksperimentet. Heldigst er det, at Forsøgene i saa stor Udstrækning som muligt udføres af Eleverne selv, idet de arbejder to og to sammen eller enkeltvis;...

...I det hele taget maa det anbefales, at en saa stor Del som muligt af Arbejdet overlades til Eleverne til Selvarbejde, hvoraf følger, at det egentlige Hukommelsesstof indskrænkes saa meget som muligt.

(*Fysik i Skolen* 1906, s. 95-96)

Kemi blev altså ikke et selvstændigt fag i denne omgang. Og modsat Sundorphs ønske foreslog lærernes læseplansudvalg ikke, at øvelser i fysik skulle være et selvstændigt fag, men det var tæt på.

Eksamen i fysik skulle læne sig op af de praktiske øvelser, idet "Der eksamineres kun i de udførte Øvelser og i den til disse knyttede Teori" (*Fysik i Skolen* 1906, s.94). Helt i tidens ånd nævnes selvvirksomhed som en vigtig del af undervisningen. Hovedsynspunkterne i den generelle pædagogiske debat om, at eleverne skal være aktive i læringsprocessen, havde således også fundet vej til fysiklærernes lejr. Det ovenfor refererede forslag blev fremlagt og diskuteret på møder med faglærer i sommerferien 1906 og den følgende oktober måned. Og alle lærerne på nær en enkelt bakkede op om forslagene, som udvalget fremlagde. De ene modstander fremsatte ved denne lejlighed et par modresolutioner, men de fik begge kun en enkelt stemme ud over forslagsstillerens. Det er altså en næsten enig gruppe af fysiklærere,

der går ind for indførelsen af de praktiske øvelser i gymnasiets matematisk-naturvidenskabelige retning.

Som det fremgår af udvalgets forslag til undervisningsformen i kemi er eleverne egen aktive indsats her betonet endnu mere end for fysiks vedkommende. Eleverne skal selv stå for så meget som muligt. Det ligner et læreropgør med den traditionelle lærergennemgang af stoffet. Og linjen følges op fra lovgivningens side, hvilket fremgår af det næste afsnit.

### Pensum og undervisningsmetode

I "Anordning af 1ste December 1906" er det pensum, som eleverne skal igennem på den matematisk-naturvidenskabelige linje beskrevet (anordningen findes i kopi i appendiks I). Det svarede i store træk til det, som fysikudvalget havde forslået:

Undervisningen er særlig for denne Linie og skal omfatte:

#### a. *Astronomi.*

1) En elementær Fremstilling, der bl. a. det for Geografiundervisningen nødvendige Grundlag, af Stjernehimmels Udseende og tilsyneladende Bevægelse, Solens og Maanens tilsyneladende og virkelige Bevægelse, Jordens Form, Størrelse og Afbildning paa Kort, Tids- og Stedbestemmelse, samt Himmellegemernes fysiske Beskaffenhed.

2) Naar Eleven har de nødvendige Forudsætninger, en mere indgaaende Gennemgang af ovennævnte Pensum, med matematisk Behandling.

#### b. *Fysik*

1) *Varmelære:* Udvidelse. Varmens Forplantning ved Ledning. Varmefylde, Smeltevarme og Fordampningsvarme. Dampes Tryk. Fugtighedsmaaling. Fortætning af Luftarter. Varmens mekaniske Ækvivalent. Af *Vejrlæren* medtages, hvad der er nødvendigt til Forstaaelse af et Vejrkort, samt lidt om Temperaturen daglige og årlige Gang.

2) *Lyslære:* Lysets Tilbagekastning: plane Spejle; Kuglespejle. Lysets Brydning: Prismer; Linsers. Linsers Anvendelse. Spektralanalyse. Straalevarme. Øjet. Lysets Hastighed. De almindeligste Lysmaalingsmetoder.

3) *Magnetisme og Elektricitet:* Magneter (Kraftlinjer). Jordmagnetisme. Mindst den ene af Gauss' Hovedstillinger. Gnidnings- og Berøringselektricitet. Elektrisk Energi. Galvaniske Strømme (Maaling af Strømstyrke, Modstand og Spændingsforskel). Elektrolyse. Galvaniske Elementer (Akkumulator). Elektromagnetisme. Strømmes og Magneters indbyrdes Virkninger. Induktionsstrømme. Elektriske Svingninger. Elektriske Straalearter.

4) *Mekanisk Fysik:* Retningsstørrelsers Sammensætning og Opløsning. Kraft, Masse, Hastighed og Acceleration. Gnidningsmodstand. Faldbevægelsen. Bevægelse paa Skraaplan. Cirkelbevægelse. Centralbevægelse. Pendulet. Vejningsredskaber. Den almindelige tiltrækning, Tyngden, Tidevande. Elasticitet. Stødet. Potentiel og kinetisk Energi. Tryk i Vædske og Luftarter. Diffusion. Bølgebevægelse, staaende Bølger. Lyden (Toner, Lydens Hastighed i forskellige Stoffer).

(Anordning af 1ste December 1906)

Om hvordan undervisningen skal forløbe hedder det:

Undervisningen drives *eksperimentelt* i saa stort Omfang som muligt. Til *praktiske Øvelser* anvendes der mindst en Tid, der svarer til 2 Timer ugentligt i et Aar."

(Anordning af 1ste December 1906)

I modsætning til lærernes forslag nævnes der her ikke noget om selvvirksomhed og vigtigheden heraf, men det vigtige mål, nemlig indførelsen af de praktiske øvelser var nået og således fulgte Danmark lande som Tyskland og England, hvor de praktiske øvelser, som vi har set, blev praktiseret på alle alderstrin. I den efterfølgende bekendtgørelse uddybes, hvorledes

## Kapitel 7

---

undervisningen i kemi skulle tilrettelægges. Fysikundervisningens tilrettelægges kommer samme bekendtgørelse ikke ind på, hvorfor vi forudsætter, at den for kemiens gældende tilrettelæggelse af undervisningen også til en vis grad gælder for fysik, idet disse fag havde fælles underviser. I bekendtgørelsen skrives følgende:

Det anbefales saa vidt muligt at lade Undervisningen ikke illustreres med, men grundlægges paa *Eksperimentet*. Heldigst er det, at Forsøgene i saa stor Udstrækning som muligt udføres af Eleverne selv [...]. I Almindelighed kan det anbefales, at hvert nyt Afsnit, som tages op til Behandling, altid først gennemarbejdes af *Eleverne selv*. Stoffet gennemgaas da paa Grundlag af de Resultater, som Eleverne selv have faaet, og demonstreres yderligere ved Lærerens Eksperimenter [...]. I det hele taget maa det anbefales, at en saa stor Del som muligt af Arbejdet overlades Eleverne til Selvarbejde, hvoraf følger, at det egentlige Hukommelsesstof indskrænkes saa meget som muligt.

(Bekendtgørelse af 4de December 1906)

Her ser vi, at undervisningen bygges på den induktive metode, idet gennemgangen af nyt stof tog udgangspunkt i elevernes egen resultater fra eksperimenterne. Der gås altså fra det enkelte til det almene, eleverne skal selv opstille reglerne eller lovene ud fra deres iagttagelser. Det er altså en tydelig gennemførelse af de undervisningsprincipper, som bl.a. Heegaard og Oscar Hansen stod for.

Mange fysiklærere var af den overbevisning, at eksamen i fysik på den matematisk-naturvidenskabelige gren skulle være såvel mundtlig som skriftlig. I kommentarerne til sit forslag ser Gertz med sympati på tanken om en skriftlig eksamen, men ender alligevel med at forkaste idéen bl.a. med henvisning til, at det vil være for tidskrævende, idet man inden eksamen skulle bruge megen tid på at regne opgaver af denne type, som tænkes benyttet i den skriftlige eksamen.

Indførelsen af de praktiske øvelser kom derimod til at fremgå af bestemmelserne for eksamen:

"... Til Eksamen, som er mundtlig, opgives af følgende fem Afsnit: Astronomi, Varmelære, Lyslære, Magnetisme og Elektricitet, Mekanisk Fysik, de to i hele det læste Omfang, samt de andre tre de Emner, som have været genstand for praktiske Øvelser."

(Udkast til anordning)

Der lægges således vægt på det stof eleverne har lært gennem de praktiske øvelser, hvorfor disse virkelig havde en fremtrædende plads i undervisningen og ikke blot indtog rollen, som lidt afveksling i den daglige undervisning.

### 7.3 Opsamling

Det nye gymnasium kom altså som en del af en samlet skolereform, der indførte en enstrengt struktur, der gjorde det muligt at fortsætte fra folkeskolen til mellemskolen og derfra til gymnasiet. At denne reform kom netop på dette tidspunkt var, som vi tidligere har set, ikke tilfældigt. De politiske forhold var, efter systemskiftet og overgangen til parlamentarisme, ændrede og var dermed blevet mere gunstige i forhold reformer på skoleområdet. Den høje prioritering af undervisningsområdet ses bl.a. af de øgede midler, man fra det offentliges side brugte på uddannelsesformål. Flere politiske partier så uddannelsen som en mulighed for at udligne sociale skævheder. Tidligere skulle man kvalificere sig til den lærde skole ved at læse



en række fag på private betalingskoler, idet de offentlige (gratis) skoler ikke underviste i disse fag. Det var med til at fastholde en social slagside i forhold til den lærde skoles elever, som traditionelt var børn af veluddannede (og dermed oftest velhavende) forældre. Denne sorteringsmekanisme fjernede man i princippet med den nye skolestruktur. Imidlertid kom der til at gå mere end 50 år, før den nye struktur i praksis opfyldte det ønskede formål. Det vil vi vende tilbage til i de to næste hoveddele. I denne periode ændrede gymnasiets rolle sig væk fra kun at forberede eleverne på en uddannelse på universitet. Flere og flere elever fortsatte i stedet på Polyteknisk Lærestanstalt, som i de sidste 25 år af forrige århundrede ca. tredoblede antallet af nyimmatriculerede.

I forbindelse med strukturændringen tog man de enkelte fags timetal, indhold og form op til revision. På den matematisk-naturvidenskabelige linje endte fysik med at få flere timer på bekostning af matematikken. Nogle af de timer, som blev tilført fysik skulle benyttes til praktisk arbejde, idet undervisningen nu skulle bygge på et "eksperimentelt grundlag". Som vi så i de forrige kapitler i denne del, blev der alle steder inden for den pædagogiske verden talt for en undervisning, der i højere grad end tidligere aktiverede eleverne. En metode, hvor eleverne selv skulle finde frem til det nye, var den mest udbytterige. Eleverne skulle ikke længere være passive modtagere af stoffet. Dette budskab blev grebet af landets fysiklærere, som med deres forslag til nye bestemmelser havde en stor ære i forbindelse med indførelsen af det praktiske elevarbejde. Omfanget af det praktiske arbejde skulle svare til 2 timer ugentligt i et år, hvilket svarer til 2/3 time om ugen i hele forløbet. Dette skal ses i forhold til de 6 timers fysik ugentligt, man skulle have.

### 7.4 Kilder og litteratur:

"Anordning af 1ste December 1906 angaaende Undervisningen i Gymnasiet" i Asmussen (red.) 1907

A.F. Asmussen (1907): *Meddelelser angaaende de højere Almenskoler i Danmark for skoleaaret 1905-1906*. Gyldendalske Boghandel, Kjøbenhavns.

A. F. Asmussen (1904): *Meddelelser angaaende de lærde Skoler og dimissionsberettigede Realskoler i Kongeriget Danmark for Skoleaaret 1902-3*, Gyldendalske Boghandel, København.

"Bekendtgørelse af 4de December 1906 angaaende Undervisningen i Gymnasiet" i Asmussen (red.) 1907.

Christiansen, Niels Finn (1990): *Klassesamfundet organiseres*, Gyldendal og Politikens Danmarkshistorie, bind 12, Gyldendalske Boghandel, Nordisk Forlag A/S & Politikens Forlag, København.

"Cirkulære af 4de December 1906 til samtlige Rektorer og Bestyrere af de eksamensberettigede højere Almenskoler indeholdende Normaltimeplanen for Gymnasiets tre Linier og et Udkast til Anordning angaaende Fordringerne ved og Eksamensopgivelserne til Studentereksamen m.m." i Asmussen, (red.) 1907.

Gertz, M.C. (1907): "Forslag vedrørende Undervisningsplanen for Gymnasiet og Eksamensordningen" i Asmussen (red.) 1907

Johansen, Hans Chr. (1985): *Dansk økonomisk statistik*, Danmarks historie bind 9, Gyldendalske Boghandel, Nordisk Forlag, København.

"Lov om højere Almenskoler m.m." i Asmussen (red.) 1904

"Fysik i Skolen" (1906) i *Fysisk Tidsskrift* 4.årg. s. 91-100 (uden forfatter)

## Kapitel 7

---

Rerup, Lorenz (1989): *Danmarks historie*, bind 6. Tiden 1864-1914. Gyldendalske Boghandel, Nordisk Forlag A.S., København.

Skovgaard-Petersen, Vagn (1976): *Dannelse og demokrati. Fra latin- til almenskole. Lov om højere almenkoler 24. april 1903*. Gyldendal, København.

"Udkast til Anordning angaaende Fordringer ved og Eksamensopgivelserne til Studentereksamen m.m" i Asmussen (red.) 1907

# Kapitel

# 8

## Karakteristik af lærebøger og øvelsesvejledninger

Der var altså med de ny bestemmelser og de forudgående diskussioner lagt op til en induktiv undervisning, hvor eleverne bl.a. skulle lære stoffet gennem det praktiske arbejde og dette skulle opfyldes gennem elevøvelser, hvor eleverne arbejdede sammen to og to. Om intentioner om en induktivt tilrettelagt undervisning også afspejlede sig i lærebøgerne og øvelsesvejledningerne vil vi se på i dette kapitel.

### 8.1 Lærebøger

I tiden efter den nye læseplan blev der udgivet en række nye lærebøger, ligesom gamle blev tilpasset de nye forhold. Lad os se på, hvilke bøger, det drejede sig om.

#### Præsentation

Vi har fra denne periode valgt at se på fire lærebøger: Barmwaters *Lærebog i Mekanisk Fysik* (1906), Christensens *Mekanisk Fysik* (1911), Sundorphs *Mekanisk Fysik* (1916) for Gymnasiet, og Kofoed & Eriksens *Fysik for Gymnasiet - Mekanik* (1928).

Barmwater udgav sin lærebog umiddelbart før den nye læseplan trådte i kraft. Bogen hed *Lærebog i Mekanisk Fysik* (1906) og henvendte sig til undervisningen i gymnasiets matematiske-naturvidenskabelige linie samt Polyteknisk Lærestalts forberedelseskursus. Bogen var en revideret udgave af en tidligere lærebog, som nu skulle leve op til de nye krav efter reformen. Dette havde han bl.a. gjort ved at tilføje nogle øvelser, som eleverne selv skulle kunne udføre, samt gjort fremstillingen noget bredere. Bogen blev anmeldt i *Fysisk Tidsskrift* af Niels Christensen, som ikke brød sig videre om den<sup>3</sup>. Især mente han at sammenblanding af øvelser og almindelig lærebogsstof ikke var nogen god idé:

Hvad Øvelserne angaar, mener jeg, at de ikke har deres Plads i en Lærebog, blandt andet fordi Teori og Øvelser maa skrives paa væsentlig forskellig Maade. Maaske er der ikke mange, der deler min Opfattelse, men skal saa Teori og Øvelse blandes sammen, maa man forlange, at Øvelserne er af den Beskaffenhed, at der kan faas Udbytte af dem, og den Fordring tilfredsstiller ikke alle de Øvelser, der gives Anvisning paa i Bogen.

(Christensen 1907)

Og han slutter anmeldelsen således:

I det hele taget er det en Misforståelse, naar Dr. B. mener, at det er en Opregning af Øvelser, Elever muligvis kan udføre, man trænger til. For de allerfleste Lærere er praktiske Øvelser noget helt nyt, og det, der vil være dem mest gavnligt, er at faa at vide, hvilke vanskeligheder der er

<sup>3</sup> Der er karakteristisk, at lærebøger anmeldt i *Fysisk Tidsskrift* overvejende får dårlige anmeldelser.

## Kapitel 8

---

forbunden med de enkelte Øvelser, hvilke Fejl man almindelig begaar ved Udførelsen, og hvorledes man bedst undgaar disse, men derom siges der ikke meget i Bogen, og derfor gør heller ikke de brugbare Øvelser den Nytte, de ellers kunde.

Jeg kan derfor ikke se, at Bogen har vundet ved, at Øvelserne er taget med.

(Christensen 1907)

Denne lærebog er interessant, idet Barmwater, som vi allerede har set, tog aktivt del i diskussionen om det nye gymnasium og sad i udvalg med bl.a. Sundorph. Vi kan her se, hvordan Barmwater konkret havde forestillet sig undervisningen i det nye gymnasium.

Niels Christensen, der altså ikke havde meget til overs for Barmwaters *Lærebog i mekanisk Fysik* udgav selv en lærebog i 1911 med titlen *Mekanisk Fysik*. Taget hans kritik af Barmwaters værk i betragtning forekommer det meget naturligt, at Christensens egen lærebog ikke indeholder øvelser, men kun gængs lærebogsstof (endvidere havde han sammen med Sundorph i 1907 udgivet *Praktiske Øvelser for Gymnasiet*, således at denne del af undervisningen var dækket. Vi kommer i næste afsnit tilbage til øvelserne i denne bog).

Stoffet i *Mekanisk Fysik* er mere abstrakt fremstillet end i f.eks. Barmwaters lærebog. Dette blev bl.a. påpeget af H. M. Hansen, som anmeldte bogen i *Fysisk Tidsskrift*. Han skrev, at på trods af enkelte udmærkede afsnit

... maa der efter min Mening advares mod at bruge denne Bog som Grundlag for Undervisningen i Gymnasiet. Den vil kræve et uforholdsmæssigt Arbejde af baade Lærer og Elev, og er Eleven endelig kommen igennem den, vil han ikke kunne anvende sin Viden paa Fænomener fra det praktiske Liv, næppe nok ane, at den burde kunne anvendes derpaa.

(Hansen 1912)

Sundorph udgav i 1916 en lærebog i mekanisk fysik som blev brugt helt frem til 60'erne. Denne lærebog bygger på en mere matematisk fremstilling end andre tidligere bøger som f.eks. Barmwaters fra 1906.

De to forfattere til *Fysik for Gymnasiet*, Eriksen og Kofoed, var lektorer ved hhv. Metropolitanskolen og Fredericia Højere Almenskole og var således praktiske undervisere i gymnasiet. Bogen er fra 1928, dvs. ca. 20 år efter de praktiske øvelser blev indført. Bogens stofområde er mekanisk fysik.

Så meget om bøgernes baggrund og deres forfattere. Vi vil nu karakterisere dem nærmere.

### Karakteristisk af lærebøger

Som vi var inde på i et af de tidligere kapitler, var der forud for ændringerne af den højere undervisning i 1907 en række intentioner om at gøre eleverne mere aktive og lade dem være selvvirksomme. Der blev i forbindelse hermed formuleret ønske om en induktiv præget undervisning. Med dette for øje har vi kikket nærmere på gennemgangen af mekanikstof i de valgte lærebøger.

Ser man på de bøger, som udkom i årene efter reformen, hvilket er Barmwaters, Sundorphs og Christensens, viser det sig at de er forskellige på dette område. Barmwaters og Sundorphs indeholder forløb af induktiv tilsnit. Her bruger de begge f.eks. Adwoods faldma-

skine til at udlede bevægelseslovene for en bevægelse med konstant acceleration (se appendiks A.1 og A.2). Hos Sundorph er bl.a hele afsnittet om den jævnt voksende bevægelse således induktivt tilrettelagt (se appendiks A.1). Disse forløb er tilrettelagt sådan, at et tænkt forsøg bruges til at lede frem til nogle bestemte lovmæssigheder. Sådanne induktive forløb er ingenlunde dominerende. Tilsyneladende er de indført, hvor det nu bedst kunne praktiseres. Hos Christensen er hele gennemgangen derimod tilrettelagt på et deduktivt grundlag. Et eksempel herpå er, at han ikke benytter Adwoods faldmaskine til en udledning af faldloven, sådan som Barmwater og Sundorph gør. Han bruger den derimod til at finde størrelsen på tyngdeaccelerationen (se appendiks A.5).

Ser vi på Kofoed og Eriksens lærebog, som repræsenterer en lidt senere periode, bemærker man, at gennemgangen ikke indeholder forløb af induktivt karakter. I lærebogen præsenteres eleven for de lovmæssigheder eller begreber, som de nu skal lære, som noget viden, der ikke kan betvivles. Efter sådanne præsentationer eller eventuelle definitioner anvendes stoffet derimod i høj grad på eksempler fra elevens hverdag, eller på forhold som sandsynligvis er eleven bekendt. Disse i mange tilfælde udmærkede eksempler gør det muligt for eleven at relatere begreberne til tekniske anvendelser. På samme måde er tegningerne i bogen (lavet af Kofoed) med til at relatere gennemgang til kendte situationer for eleven (jf. appendiks A.6). På dette område er der stor forskel på de valgte bøger. Christensen har næsten undgået at drage hverdagsfænomenerne i forbindelse med fysikstoffet, hvilket gør hans gennemgang kedelig og abstrakt. Sundorph og især Barmwater har medtaget et større antal eksempler på, hvordan begreber er relaterede til bekendte ting. I afsnittet om cirkelbevægelsen opremser Barmwater en masse eksempler på en sådan bevægelse: en sten, der slynges rundt i en snor, en sporvogn, der kører rundt om et gadehjørne, en rotationsmaskine<sup>4</sup>, en jernbanevogn i en kurve og en centrifugalblæser<sup>5</sup>. Hos Kofoed og Eriksen viser de betydningen af gnidningsmodstanden:

Ved Anvendelse af Hjul eller Triller kan Friktionen formindskes i meget høj Grad. Aksellejer kan være cylindriske (eller koniske), men skal Gnidningen nedsættes saa stærkt som muligt, formes Lejerne saaledes, at glatte Kulgeskaale med glatte og haarde Skaalkugler helt omgiver Akslen (Kuglelejer). Enten den ene eller den anden Slags Lejer anvendes, sørger man altid for at holde dem vel smurt. Et godt Leje kan fordærves aldeles, hvis Smøring mangler.

(Kofoed og Eriksen 1928, s. 41)

Dette er et skægt eksempel på illustration af et begrebs betydning i hverdagen. Her tales ikke om klodser, der gnider på en ru overflade, men om kuglelejer, som findes i et utal af maskiner.

Et eksempel som dels har med anvendelse af fysikken at gøre, dels prøver at sætte fysikken i relation til samfundet finder vi hos Barmwater, der viser, hvordan energioverførelser kan ske til gavn for vores samfund:

Lader vi en Vind- eller Vandmølle drive en Dynamomaskine, faar vi saaledes mek. Arbejde omsat til elektrisk; drives Dynamoen af en Dampmaskine, foregaar der først en Omsætning af Varme til mek. Arbejde og af dette igen til elektrisk. Dynamoens Strøm kan atter bruges til Lys og Varme, eller den kan ledes ind i en Elektromotor og saaledes atter omsættes til mek. Arbejde

<sup>4</sup> Et stort og et lille hjul, der er forbundet med et snoreløb. Når det store hjul drejes rundt vil de lille dreje så mange gange hurtigere end det store, som forholdet mellem deres radier.

<sup>5</sup> Bruges bl.a. til ventilator og kornrensemaskine, der skiller korn og avner.

## Kapitel 8

---

(Eksp. elektr. Sporvogne). Saadanne Omsætninger foregaar nutildags efter en stor Maalestok og spiller en betydelig Rolle i det moderne Kulturliv.

(Barmwater 1906, s. 24)

Disse ting medtages dels for at gøre begreberne mere forståelige for eleverne, dels for at forklare nytten af disse begreber.

Vi har forsøgt at vurdere abstraktionsniveauet<sup>6</sup> i de fire bøger. For Christensens vedkommende foregår gennemgangen på et abstraktionsniveau, hvor de fleste elever ikke ville være i stand til at følge den. Han bygger sin fremstilling på meget og svær matematik, samtidig med at fremstillingen er meget kortfattet. Som beskrevet tidligere blev der med rette advaret mod at bruge denne lærebog i undervisningen. Ser vi på Barmwaters bog er fremstillingen her karakteristisk ved, at den lægger vægt på den sproglige fremstilling, hvorimod matematikken kommer i anden række. Der bliver ikke brugt tid på længere matematiske udledninger. I modsætning til Christensens bog, lægger Barmwater op til at beherskelse af differential- og integralregning ikke er en nødvendighed. I Kofoed og Eriksens samt Sundorphs bøger har matematikken heller ikke en væsentlig betydning. I den førstnævnte er der i visse passager dog længere matematiske udledninger. Der bliver lagt vægt på at lovmæssighederne formuleres i ord og ikke i formler. Et eksempel er herpå er en definition på arbejde, som findes i Barmwaters lærebog:

...der udføres et Arbejde, hver Gang en Kraft virker paa et Legeme, som bevæger sig, og at Arbejdet maales ved Produktet af Kraften og Vejens Projektion ind paa Kraftretningen eller ved Produktet af Vejen og Kraftens Projektion ind paa denne.

(Barmwater 1906, s. 21)

Disse bærer præg af at være læresætninger, som eleven så skulle kunne lære udenad og de er i bøgerne ofte skrevet i kursiv eller med fed.

### Opsamling

Vores indtryk er, at de intentioner, der i forvejen var om at indføre en induktiv undervisning, kun i begrænset omfang blev realiseret i de valgte lærebøger. Sundorph og Barmwater, som jo også tidligere har givet udtryk for fordelene med sådan en undervisningsform, forsøgte at lægge op til sådan en undervisning på nogle områder, men hovedindtrykket er, at det kun var på få områder, at de kunne gennemføre det. Derimod relateres stoffet i høj grad til kendte fænomener og situationer ligesom de tekniske anvendelser også ofres en del omtale. En undtagelse er som nævnt Christensens lærebog.

### 8.2 Øvelsesvejledninger

Det praktiske arbejde var for de allerfleste lærere noget helt nyt, og derfor var det nødvendigt med nogle inspirationskilder. *Fysisk Tidsskrift* var umiddelbart efter reformen fyldt med eksempler på praktiske øvelser. Disse var indsendt af lærere, som selv havde udviklet dem. Vi har valgt ikke at se nærmere på disse forslag, da vi ikke umiddelbart kan sige noget om i hvor høj grad de har været brugt. I stedet har vi set på trykte øvelsesvejledninger udgivet i bogform.

---

<sup>6</sup> Når vi taler om abstraktionsniveau ser vi bl.a. på om stoffet formuleres på en måde, så det optræder uden tilknytning til den virkelige verden. Endvidere ser på brugen af matematik.

### Præsentation

Her har vi valgt øvelser fra to deciderede øvelsesbøger: Christensen og Sundorphs *Praktiske Øvelser i Fysik for Gymnasiet* og Nygaard og Christiansens *Fysiske Øvelser for Gymnasiet* samt fra 2 lærebøger: Barmwaters *Lærebog i mekanisk Fysik* og Eriksen og Kofoeds: *Fysik for Gymnasiet*.

N. Christensen og Th. Sundorph udgav i 1907 en samling af praktiske øvelser til brug i det nye gymnasiums fysikundervisning. Den havde titlen: *Praktiske Øvelser i Fysik for Gymnasiet*. Sundorph deltog som bekendt ivrigt i diskussionen forud for gymnasieordningen, der trådte i kraft i 1907; han sad også i udvalget, som udarbejdede forslag til denne ordning. Han var en varm fortaler for indførelsen af praktiske øvelser i gymnasiet. Det er derfor interessant at se på, hvad han mente, disse øvelser skulle indeholde, og hvordan de skulle udføres. I en anmeldelse i *Fysisk Tidsskrift* rostes lærebogen, som anmelderen mente kom i rette tid.

Bogen var tiltænkt som hjælpemiddel for eleverne ved det nye gymnasiums fysiske øvelser. Forfatterne havde kun udvalgt øvelser, som allerede var blevet afprøvet på elever. Denne afprøvning skete som vi beskrev i kapitel 6 bl.a. på Metropolitanskolen i København med Sundorph selv som underviser. Der er da også stor overensstemmelse mellem disse øvelser (se appendiks B.1 og H) og de øvelser, der findes i bogen.

En anden lærebog udelukkende med øvelser er *Fysiske Øvelser for Gymnasiet* af A. Nygaard og L. Christiansen, som udkom i 1937. Øvelserne har forfatterne brugt i deres egen undervisning og de mener, at de er de almindeligst brugte. Hensigten med bogen var

at give et Hjælpemiddel, som uden at formindske Elevernes selvstændige Arbejde med Udførelsen af Øvelserne skulde give den for det første Oplysning om Øvelsens Art og Formaal, for det andet en Beskrivelse af de Apparater, der skal anvendes, og disses tekniske Haandtering, og endelig en Anvisning paa en overskuelig og smuk Opsstilling af de iagttagne Talstørrelser og disses regnemæssige Behandling.

(Nygaard og Christiansen, 1937, forordet)

Grunden, til det ifølge forfatterne, overhovedet er nødvendigt med en bog af denne art, er at

Med det store Antal Elever, der for Tiden findes i Gymnasiets matematiske Klasser, vil Undervisningen i Øvelsestimerne formentlig være meget vanskelig at gennemføre, hvis de enkelte Elever ikke forsynes med skriftlige Anvisninger.

(Nygaard og Christiansen, 1937, forordet)

Som tidligere nævnt indeholder Barmwaters *Lærebog i mekanisk Fysik* også nogle øvelser, som eleverne skulle kunne udføre. Øvelserne er placeret de steder i bogen, hvor de i forhold til det stoffet er relevante.

Ligesom Barmwaters lærebog indeholder *Fysik for Gymnasiet* af Eriksen og Kofoed en række øvelser placeret på de steder, hvor de falder naturligt i forhold til det egentlige lærebogsstof.

### Karakteristisk af øvelsesvejledninger

Det er kendetegnende, at der i ingen af øvelserne fra de fire bøger indledes med "Formålet med denne øvelse er...". I nogle tilfælde kan et formål med øvelsen ses ud af overskriften,

## Kapitel 8

---

f.eks. "Gnidningskoefficienter bestemt med det almindelige Tribometer". Dette forhold er især kendetegnende for Sundorph og Christensens øvelser. Hos Barmwater kan man støde på, at øvelsen indledes med noget, der kunne minde om et formål: "Ned ad det S. 53 omtalte Skraaplan vil vi lade en Kugle rulle, og paa samme Maade som nævnt der, maale Tiden, den bruger hertil, ved hjælp ad Faldmaskinen. Den fundne Tid sammenlignes derefter med den beregnede." (se appendiks B.8). Men også her støder man på en øvelse, der uden en overskrift indledes med: "Fig. 39 forestiller et Pendul lavet af en homogen Træstang. Igennem Midten af den gaar en Staalstang, paa hvilken der er sleben en Eg;..." osv. (Barmwater 1906, s. 60). Derefter gennemgås noget teori og først i slutningen af øvelsen går det op for den kvikke elev, hvad der egentlig skal bestemmes og hvorfor. Hos Eriksen og Kofoed har ikke bestræbt sig på at beskrive øvelsens formål, men som hos Sundorph og Christensen giver overskriften i en del tilfælde et fingerpeg, mens andre gange er den temmelige intetsigende. Hos Nygaard og Christiansen indledes hver øvelse med en overskrift samt en linje i kursiv, der angiver, hvad øvelsen drejer sig om, f.eks. kræfters opløsning: "*Vis, at naar et Legeme med Vægten  $p$  bevæger sig paa et galt Skraaplan, er den bevægende Kraft  $p \cdot \sin \alpha$ .*" (se appendiks B.10). Herefter beskrives så apparatur (hvis dette ikke i forvejen er kendt) samt gangen i øvelsen.

De formål, vi her har behandlet, er, hvad man kan kalde de umiddelbare eller "faglige" formål; hvilket fænomen eller hvilken fysisk lov skal vises eller eftervises. Og som det fremgår af ovenstående, kan det være svært overhovedet klart at læse, hvad dette er (også selv om man kender den sammenhæng øvelsen indgår i for de to lærebøgers vedkommende). Ser vi på de metodemæssige formål, som vi mener er en øvelsernes væsentlige berettigelser, så nævnes de ikke med et ord, ligesom de heller ikke i mange tilfælde fremgår implicit. Nygaard og Christiansen indleder dog med nogle øvelser, der skal gøre eleverne bedre til at betjene forskelligt apparatur: skålvægte, skydelære, mikrometerskrue, sfærometer, termometer, kalorimeter, sekstant og teodolit<sup>7</sup>. Dvs. de lægger vægt på, at man lære eleverne de dele af det eksperimentelle håndværk, der hedder apparaturhåndtering. I de andre bøger finder vi ikke øvelser, der har sådanne formål. (Nygaard og Christiansen er fra 1937 og måske man her har erkendt, at eleverne har brug for øvelser, hvor formålet ikke er andet end at lære at betjene noget apparatur. Dette finder vi som en god ting, idet man undgår at opøvelsen ikke "overdøves" af andre ting). Sundorph og Christensen derimod indledes med at bestemme vægtfylde for forskellige stoffer og har dermed "faglige" formål fra starten (se appendiks B.2).

Det betyder imidlertid ikke, der ikke kan være nogle metodemæssige gevinster ved de øvelser, som vi har set på. I f.eks. øvelserne med gnidning fra Sundorph & Christensen (se appendiks B.3 og B.4) er der oplagt en opøvelse i dataopsamling og variabelkontrol samt at opleve noget teori prøvet i virkeligheden. Det er sider af sådanne praktiske øvelser, vi vil mene er relevante frem for blot at finde bestemte natur- eller materialekonstanter, som jo kan ses i forskellige opslagsværker. Der er i det hele taget en pointe i på forhånd at delagtiggøre eleverne i, hvad formålet med de enkelte øvelser er. Først og fremmest kræver det dog, at læreren eller forfatteren har gjort sig overvejelser over, hvad formålet med øvelsen er. I visse tilfælde har der nok ikke ligget særlige overvejelser bag de enkelte øvelser, ud over at eleven skal få lejlighed til at arbejde "eksperimentelt", som jo på den tid var idealet. Derudover er mange af øvelserne gengangere fra bl.a. Harvard-listen (jf. appendiks G), så valget af nogle af øvelserne har sandsynligvis været traditionelt betinget.

---

<sup>7</sup> Et landmålingsinstrument, der er forsynet med en kiggert. Bruges til at måle vinkler.



Kendetegnende for vejledningerne er, at de kun i få tilfælde sætter eleverne i nogle valgsituationer, hvor de får muligheder for selv at bestemme, hvorledes øvelsen skal tilrettelægges, eller hvordan de forskellige målinger skal foretages. Det er det, som i kapitel 2 og 3 blev kaldt frihedsgrader. Gennemgående kan eleverne i vejledningerne læse, hvad de skal lave og hvordan. I mange tilfælde fortælles der nøje, hvilke målinger eleverne skal foretage og hvordan måleresultaterne skal behandles. Elevens opgave er her at foretage målingen og nedfælde resultaterne samt indsætte disse i de opgivne formler og til sidst at notere resultaterne. Eksempler på sådanne øvelser er øvelsen om kræfters opløsning i Nygaard og Christiansen og øvelsen kinetisk energi i Kofoed og Eriksen (se appendiks B.10 og B.12). Tilsyneladende lægges der i visse tilfælde op til, at eleverne så selv skal vurdere resultaterne, eller at de selv skal indse sammenhænge. I Christensen og Sundorph omhandler en øvelse pendullovene (se appendiks B.5). Det er dog svært for eleverne at gøre sig sådanne vurderinger og sammenligninger, hvis der ikke er et klart formål med øvelsen (jfr. ovenstående). Eleverne kan sagtens udføre øvelserne uden at få et særligt udbytte heraf. Det afhænger således af den sammenhæng, som de indgår i og af lærerens benyttelse heraf.

I forrige kapitel fremgik det, at der blev lagt vægt på, at udbyttet af det praktiske arbejde skulle virke aktiverende og udvikle elevernes selvvirksomhed og selvstændighed. Man kunne således på forhånd forvente, at øvelsesvejledningerne ville lægge op til en undervisning, der opfyldte sådanne mål. Dette ville betyde, at de fik mulighed for at foretage visse beslutninger om udførelsen af øvelserne og behandlingen af data. Det er imidlertid ikke tilfældet. Det lader til at selvvirksomheden går på, at eleverne fik mulighed for at røre ved apparaturet og selv foretage målingerne. Der lægges ikke nødvendigvis op til at eleven også selv skal tænke over øvelsen. (det afhænger dog af, hvor meget vægt der blev lagt på, at eleverne selv skulle se nogle sammenhænge mellem resultaterne og evt. teorien; det kan man ikke umiddelbart se ud fra vejledningerne). Med større sikkerhed kan man sige, at de ikke lægger op til at eleven udvikler sin selvstændighed med disse øvelser, idet de ikke får mulighed for at præge øvelserne.

Som vi tidligere har været inde på, blev der forud for gennemførelsen af den nye gymnasiefysik udtrykt tanker om at udføre en induktiv tilrettelagt undervisning. Positivismen havde på samme tidspunkt en stor gennemslagskraft ikke mindst blandt naturvidenskabsfolk. Det praktiske elevarbejde ville i denne forbindelse være et glimrende område, at føre disse tanker ud i livet på (sådan som det også fremføres i bekendtgørelsen for kemi, jf. forrige kapitel). Så vi havde på forhånd en forventning om at se en lang række induktivt tilrettede elevøvelser, hvor eleven ud fra sine iagttagelser/målinger skulle finde frem til lovmæssigheder.

Vi vil i det efterfølgende skelne mellem de forskellige typer øvelser, som vi er stødt på. Der er øvelser, hvor eleven skal finde en materiale- eller naturkonstant, f.eks. skal eleven i en øvelse hos Christensen og Sundorph finde vægtfylden af forskellige faste legemer (en messingcylinder) (se bl.a. appendiks B.4.) En anden type er øvelser, hvor eleven skal eftervise noget teori eller en lov. I Nygaard og Christiansen findes f.eks. en øvelser om kræfter sammensætning. (Se appendiks B.10). Endelig er der en type øvelser, hvor eleven skal finde en sammenhæng mellem nogle størrelse, dvs. udlede en lov. Et eksempel er "Hooke's Lov" i Nygaard og Christiansen (se appendiks B.9). Ser vi på Sundorph og Christensen falder øvelserne overvejende i de to første kategorier; hos Nygaard og Christiansen er der en klar overvægt af første kategori mens resten er jævnt fordelt mellem de to andre. Hos Kofoed falder øvelserne nogenlunde ligeligt i de tre kategorier.

## Kapitel 8

---

Der er ikke tegn på, at der blev lagt særlig vægt på at lade eleverne selv finde frem til forskellige lovmæssigheder via deres målinger og iagttagelser. De tyder altså ikke på, at det praktiske arbejde var induktivt præget efter indførelsen af det nye gymnasium. Det er med det lille antal af bøger med øvelsesvejledninger, som vi har undersøgt, svært at udtale sig om en tidsmæssig udvikling i vejledningernes art.

I sammenfatningen til denne del (som er næste kapitel) vil vi nærmere holde indtrykkene fra dette kapitel op mod indtrykkene fra de forrige kapitler.

### 8.3 Kilder og litteratur

Barmwater, F. (1906): *Mekanisk Fysik*, Gyldendalske Boghandel. Nordisk Forlag, København og Kristiania

Christensen, N. og Th. Sundorph (1907): *Praktiske Øvelser i Fysik for Gymnasiet*, Det Schubothiske Forlag, København.

Christensen, Niels (1907): Anmeldelse af F. Barmwater: Lærebog i mekanisk "Fysik" i *Fysisk Tidsskrift*, 5. årg s. 117-120.

Christensen, Niels (1911): *Mekanisk Fysik*, Gyldendalske Boghandel. Nordisk Forlag, København.

Eriksen, J. K. og Kofoed, Johs (1928): *Fysik for Gymnasiet, Mekanisk Fysik*. J. H. Schultz Forlag, København.

Hansen, H. M. (1912): Anmeldelse af Niels Christensen: *Mekanisk Fysik* i *Fysisk Tidsskrift*, 10. årg., s.121

Nygaard, A. og Christiansen, L. (1937): *Fysiske Øvelser for Gymnasiet*, Gyldendalske Boghandel. Nordisk Forlag, København.

Th. Sundorph (1916): *Mekanisk Fysik for Gymnasiet*, Gyldendalske Boghandel, Nordisk Forlag, København.

# Kapitel

# 9

## Sammenfatning på del I

Vi stillede i begyndelsen af denne hoveddel spørgsmålet: hvorfor blev det praktiske arbejde indført i gymnasiet i 1907. Det synes som fysiklærerne pludselig var enige om, at fysikundervisningen skulle indeholde elevøvelser. Vi kunne godt nok se, at nogle få af lærerne var på studieture til udlandet for at følge undervisning med praktiske elevarbejde, men disse få udlandsrejser kunne da ikke gøre en større forskel. For at løse dette mysterium gik vi ad flere veje.

Der var en række forhold, som lagde op til en generel ændring af den lærde skole - og det øvrige skolesystem for den sags skyld. Samfundet var - i forhold til tidligere - i hastig forandring. Industrien voksede frem godt hjulpet af tekniske hjælpemidler som dampmaskinen og den senere elektrificering, og der blev udviklet nye tekniske vidundere som telegrafene og glødelampen. Disse ting satte naturvidenskaben i et særligt lys, hvilket blev forstærket af, at den også på en række andre områder havde succes. Samtidig lagde det op til en ændring af uddannelserne; der blev nu brug for andre kvalifikationer end tidligere, og det gav fortalere for de naturvidenskabelige fag mere slagkraftige argumenter end tidligere.

Naturvidenskabens succes gav grobund for den filosofiske retning, positivismen. Positivismen brugte naturvidenskaben som model for alle andre videnskaber, og hvad der ikke kunne underordnes dennes metoder, blev ikke anset for at være videnskab. Det vil sige, at psykologien, og dermed også pædagogikken, skulle spille efter naturvidenskabens regler: teorier måtte bygge på empiriske undersøgelser samt iagttagelser og måtte kunne eftervises. Der var ikke plads til det subjektive i videnskaben, og derfor ønskede positivister, som Kroman, at de "objektive" naturvidenskabelige fag fik en mere fremtrædende rolle i latinskolen end de "subjektive" humanistiske fag. Kroman fremførte to slags argumenter for en styrkelse af de naturvidenskabelige fag i undervisningen. De første argumenter har vi været inde på, idet de omhandlede naturvidenskabens stigende betydning i samfundet. De andre argumenter gik på naturvidenskabens metoder. I fysikundervisningen kunne eleverne iagttagelsesevne nemlig skærpes, deres selvvirksomhed kunne her fremmes, og deres selvstændighed kunne øges. Ud fra et pædagogisk synspunkt var fag som fysik altså at foretrække.

Kromans holdninger stod ikke uimodsagt, idet Tuxen forsvarede de humanistiske fag. Deres indbyrdes diskussion er en diskussion om hvilke fag som havde den største dannelsesværdi og som skulle være de vigtigste fag i latinskolen. Det var her positivisten og nyhumanisten, som stod over for hinanden. Kroman fremførte, som den positivist han var, at de klassiske fag skulle nedprioriteres til fordel for de naturvidenskabelige, thi primært gennem disse kunne menneskelivet rigtigt forstås. Tuxen derimod hævdede, at den viden, man hentede her, kun gjorde én klogere på det som lå uden for menneskelivet. Kroman og hans ligesindede kæmpede for, at fysik (og de andre naturvidenskabelige fag) blev accepteret som fag. Ser man på det nye gymnasium, kan man konkludere, at de vandt denne kamp.

## Kapitel 9

---

På det pædagogiske område var der i de sidste to årtier af det nittende århundrede tegn på nytænkning i Danmark med Heegaards og Oscar Hansens pædagogiske værker. Begge var inspirerede af positivismen, hvilket kan ses på flere områder. De lagde vægt på en induktivt orienteret undervisning, hvor eleven - i det omfang det var muligt og alderen taget i betragtning - skulle arbejde på samme måde, som naturvidenskaben nåede frem til viden. Det ses også af den vægt, der blev lagt på anskuelses- eller iagttagelsesundervisning, som skulle være noget af det første, eleven lærte i skolen. En god iagttagelsesevne er vigtig set ud fra en positivistisk synsvinkel, idet iagttagelsen blev betragtet som grundlaget for al erkendelse. Den anden side af disse pædagogers tænkning var, at alle børn har en medfødt trang til selvvirksomhed. Denne selvvirksomhed skulle opmuntres, ved at eleven skulle spille en mere aktiv rolle i undervisningen og derigennem udvikle sin selvstændighed. Tankerne om, at eleven via selvvirksomhed skulle finde frem til sammenhængene samt understregningen af sansningens betydning, var bl.a. påvirket af Rousseau. Imidlertid blev disse tanker i Heegaards og Oscar Hansens værker sat i forbindelse med positivismen.

Den vægt, der blev lagt på selvvirksomhed, aktive elever og selvstændighed, skal ses i relation til den tids undervisningsform, hvor eleverne de fleste steder skulle lære stoffet udenad. I denne undervisning var eleverne overvejende passive modtagere af stoffet. Skolen havde stadigvæk et præg af enevældens autoritetstro, selv efter enevælden var afskaffet. Skolen var gennemgående en konservativ institution, og tankerne om mere selvstændige børn var længe om at trænge igennem. I det nye demokratiske samfund var der behov for folk, som selv kunne tage et initiativ. Vi mener, at de nye pædagogiske tanker i en vis grad var en reaktion på den autoritetstro, som stadigvæk sad dybt i befolkningen.

De nævnte forhold har - i forskellig grad - indirekte og direkte - haft en indflydelse på de fysiklærere, som deltog i debatten omkring århundredskiftet. De var progressive og inspirerede af de nye strømninger i tiden. Selvfølgelig havde de også set, hvilken vej vinden blæste i udlandet, hvor flere lande allerede havde eller var i gang med at indføre det praktiske elevarbejde.

Det praktiske elevarbejde var et middel til at realisere nogle af de nye pædagogiske principper i fysikundervisningen. Eleverne kunne herved få lejlighed til at foretage iagttagelser/målinger. Aktiviteter af en sådan karakter skulle træne deres iagttagelsesevne. Det skulle også give dem mulighed for selvvirksomhed, i og med de skulle foretage sig noget aktivt. Selvstændigheden skulle også styrkes ved den større handlefrihed, som eleven havde i forhold til den almindelige undervisning. Desuden var det nemmere i det praktiske elevarbejde at indføre induktive elementer end i den teoretiske undervisning. Det vil sige, at elevøvelserne passede glimrende til de nye pædagogiske idéer.

Hvad angår skolen generelt medførte almenkoleloven på papiret, at det blev lettere for alle elever at fortsætte i gymnasiet efter mellemskolen. Det var ikke længere nødvendigt at modtage en dyr privatundervisning for at kvalificere sig til den højere skole. For Reformvenstre og Socialdemokratiet var dette et vigtigt mål, der blev opfyldt med indførelsen af denne struktur. 50 år efter lovens vedtagelse var det dog stadig kun ca. 5% af en årgang, der startede i gymnasiet.

I det nye gymnasium, som blev resultatet af 1903-loven, var fysikken på den matematisk-naturvidenskabelige linje blevet styrket i forhold til tidligere, omend styrkelsen primært skete på matematikkens bekostning. Lige så interessant set fra vores synspunkt var indførelsen

af det praktiske arbejde. Sundorph havde bl.a. på Metropolitanskolen gjort nogle forsøg med at lade eleverne lave øvelser, og på baggrund af hans erfaringer fik de hurtigt formen af omgangsøvelser. Med dette menes, at eleverne i hold af to eller måske tre skulle lave et vist antal øvelser. Holdene lavede øvelserne på skift indtil alle øvelser var lavet. Dvs. de skulle ikke lave de samme øvelser samtidig. Herved går den pointe tabt, som bl.a. Mathiessen havde med det praktiske arbejde, nemlig at eleverne skulle lære stoffet gennem øvelserne. I hvert tilfælde vil hver elev lære noget forskelligt i samme time, og en sammenhæng med lærebogsstoffet ville derfor være umulig. Eleverne blev måske derimod mere aktive, og måske ville de tænke noget mere over begreberne og sammenhængene mellem dem gennem arbejdet i laboratoriet. Og der er efter vores mening ingen tvivl om, at de fleste elever ville få en bedre fornemmelse for ohm og volt, sådan som Sundorph fremførte.

Ser vi på lærebøger og øvelsesvejledninger synes ønsket om, at det induktive princip skulle være fremherskende, kun til dels at blive opfyldt. Barmwater talte lige så begejstret som Mathiessen om en induktiv undervisning (han mente også, at det ville være ønskeligt, hvis eleverne var i stand til at udlede de fysiske love ud fra deres iagttagelser/målinger). I hans lærebog *Mekanisk Fysik* fra 1906 er der kun meget få eksempler, der kan karakteriseres som værende induktive. Et af dem omhandler faldmaskinen (jf. Appendiks A.2), som bruges til at udlede bevægelsesligningen for en bevægelse med konstant acceleration.

Kroman var (som tidligere beskrevet) inde på at fysik var et fag, der omhandlede det virkelige i denne verden. Denne holdning afspejlede sig i de behandlede lærebøgerne, hvor relationerne til dagligdagen optrådte hyppigt f.eks. sporvogne i kurver, kraner der laster skibe osv. Barmwater tøver da heller ikke med flere gange at nævne den enorme betydning, som fysikken og de deraf afledte teknologiske udviklinger havde for datidens kulturelle og økonomiske liv. I hans lærebog fornemmer man den fremtidstro og teknologibegejstring, der også hørte positivismen til. Billedet er dog ikke entydigt. Niels Christensens *Mekanisk Fysik* er til forskel for de to andre lærebøger udpræget deduktiv, og han omtalte så at sige ikke situationer, hvor fysikken indgik i hverdagen. Bogen fik da også en dårlig anmeldelse i *Fysisk Tidsskrift*, hvor den blev kritiseret for dette forhold. Det lader heller ikke til, at den blev en populær lærebog i de danske gymnasier.

Hvad angår øvelserne var der lagt op til, at de skulle bruges til at lære eleverne nyt stof (omend der var nogle problemer forbundet med dette p.g.a. den måde, de skulle organiseres på). Og disse forventninger blev ikke opfyldt. De øvelser, der blev de dominerende, handlede om at finde naturkonstanter og materialekonstanter. Derimod blev det praktiske elevarbejde ikke sat i forbindelse med indlæring af nyt stof. Var emnet for en øvelse f.eks. Newtons 2. lov, blev øvelsen ikke brugt til, at eleven gennem et "eksperiment" skulle udlede denne lov, men snarere var der lagt op til, at eleven skulle eftervise lovens rigtighed. Dvs. at man nærmere kan karakterisere øvelserne som deduktive frem for induktive.

Hvad det egentlige formål med øvelserne var, er svært et få et klart billede af. De formål, som i de forudgående diskussioner fremsførtes, blev ikke opfyldt med de øvelser, som vi er stødt på, og som vi anser for at være repræsentative. Nu skal det ikke opfattes sådan, at eleverne efter vores mening ikke fik et udbytte af arbejdet i laboratoriet. De fik dog en øvelse i brug af apparatur, og de fik et vist kendskab til forskellige måleopstillinger og målemetoder. Det er aktiviteter, som giver en fornemmelse af nogle af de ting, der karakteriserer videnskabsfaget fysik. Men ser vi på anordningen, blev der ikke nævnt noget om, at eleverne skulle have netop dette udbytte af undervisningen, ligesom det heller ikke var et argument for det praktiske elevarbejde, som vi er stødt på i de forudgående diskussioner. Hvorvidt forventnin-

## Kapitel 9

---

gen, om at eleverne skulle være mere aktive og selvvirksomme, blev opfyldt med det praktiske elevarbejde, er svært af sige noget om. Efter vores mening er en af sidegevinsterne med det praktiske arbejde en øget engagement og motivation hos eleverne.

Tidens debattører var fortalere for en induktiv tilrettelagt undervisning, men ser man på deres forslag til organiseringen af det praktisk elevarbejde (f.eks. med omgangsøvelser) og stoffets fremstilling i datidens lærebøger, må man konkludere, at det kun i meget begrænset omfang optrådte som udgangspunktet i undervisningen. Man kan så spørge sig selv, hvorfor denne undervisningsform ikke i samme grad blev ført ud i livet, som der var blevet lagt op til. En forklaring kan være, at Mathiessen og de andre fortalere for den induktive undervisning ikke på forhånd havde gjort sig klart, hvilke praktiske problemer sådan en undervisningsform ville medføre. En induktiv undervisningsform, hvor eleverne skal udlede lovmæssigheder ud fra deres målinger i laboratoriet, stiller store krav til eleverne. Det kræver, at eleverne er i besiddelse af en lang række færdigheder og en stor fysisk forståelse, hvilket de på det alderstrin ikke er. Forfatterne var måske klar over nogle af disse ting og indrettede sig derefter. Man kunne også tænke sig, at lærebogsforfatterne var klar over, at en lærebog, der ensidigt lagde op til en induktivt undervisning, ville have svært ved at slå an i et lærerkorps, der havde en lang tradition for undervisning bag sig. Øvelserne, som Sundorph introducerede, var langt hen ad vejen identiske med de øvelser, vi finder i Havard-listen (jr. appendiks G og H). Man kan allerede her tale om, at de danske lærere, som lagde linjen for det praktiske arbejde, var bundet af en tradition - omend den stammede fra et andet land.

Den induktive tilrettelagte undervisning fik efter vores opfattelse ikke en nævneværdig betydning i det nye gymnasiums fysikundervisning. Der var opræk til det nogle få steder i Sundorph og Barmwaters bøger, men interessant er det, at Kofoed og Eriksens lærebog, der udkom sidst i 1920'erne, ikke har induktive eksempler. Men stadig er forbindelseslinjerne til omverdenen til at få øje på bl.a. i kraft af Kofoeds naturtro tegninger.

**Del II**  
**1963-reformen**

## Indledning til del II.

---

Denne hoveddel omhandler den historiske periode omkring den reform af gymnasiets fysikundervisning, der trådte i kraft i 1963. Desuden behandler vi optakten til denne reform ved at se på den kritik, der herhjemme rettes mod fysikundervisningen efter 1907-reformen. Der skete med denne reform ingen væsentlige ændringer i forbindelse med det praktiske elevarbejde. Derimod skete der væsentlige ændringer mht. undervisningsstoffet, idet der med den såkaldte videnskabscentrering blev lagt vægt på andre sider af stoffet end tidligere. Vi har valgt at beskæftige os med denne periode, fordi den er en vigtig del af den danske fysikundervisnings historie, og fordi de ændringer af lærestoffet, der skete dengang, stadigvæk præger fysikundervisningen i dag. Vi vil her se på nogle af de faktorer som havde betydning for at videnskabscentreringen vandt frem i denne periode. Dette gør vi dels ved at se på den kritik, der i Danmark blev rettet mod fysikundervisningen i gymnasiet forud for 1963-reformen, dels ved at se på udenlandske forhold især i USA. Her havde det videnskabscentrerede syn på undervisning sit udspring. Man oplevede både i Danmark og i de øvrige industrialiserede lande en mangel på teknisk og naturvidenskabelig arbejdskraft. Det vil vi se nærmere på her og tillige komme ind på nogle af løsningsforslagene.

Efter vores mening er denne reform interessant, idet der sker en nyordning af undervisningsstoffet, og fordi Danmark i denne periode med hensyn til det praktiske elevarbejde gik sine egne veje. Begreber som inquiry- og discovery-undervisning<sup>1</sup>, hvor eleven bl.a. gennem det praktiske elevarbejde skulle ledes til selv at opdage lovmæssighederne, fik i begyndelsen af 1960'erne en stor betydning i bl.a. USA og England. Men disse tanker slog slet ikke igennem i det danske gymnasiums fysikundervisning. Som det bliver beskrevet i kapitel 10, skete der i Danmark efterhånden en bevægelse bort fra, at øvelserne skulle bruges til stofindlæring.

Denne af projektets hoveddele består af 5 kapitler og er stort set bygget op som den forgående hoveddel. I kapitel 10 ser vi på den faginterne kritik, som nogle af de danske fysiklærere fremførte i tiden efter 1907-reformen. Hovedsynspunktet var, at undervisningen skulle lægge mere vægt på fagets grundbegreber og mindre på de tekniske anvendelserne. Endvidere var der et ønske om at inddrage de nye discipliner (relativitetsteori og kvantemekanik) i fysikundervisningen. Synspunktet om at koncentrere sig om på fysikkens grundbegreber var også fremme i udlandet - især USA. Dette ser vi på i kapitel 11. Her ser vi endvidere på, hvorfor disse tanker slog an, og hvordan de blev gennemført gennem den såkaldte læseplans-tænkning. En af de ting, der satte gang i denne reformering af fysikundervisningen i udlandet, var, at der blev forudset en snarlig mangel på teknisk og naturvidenskabeligt arbejdskraft. Samme oplevelse havde man her i landet, hvilket vi behandler i kapitel 12. Bl.a. på dette grundlag skete der en række ændringer af læseplanen for gymnasiets fysikundervisning. Hvad disse ændringer gik ud på, vil ligeledes blive taget op i dette kapitel. I kapitel 13 ser vi på udvalgte lærebøger og øvelsesvejledninger for bl.a. at vurdere, om ændringerne kom til udtryk på dette område.

Som nævnt vil vægten i dette kapitel ikke blive lagt på det praktiske elevarbejde, som i del I og i del III. Vi mener, at der herhjemme ikke skete de store forandringer på området, hvilket vil fremgå af bl.a. kapitel 13. Man kan derfor med rette betegne denne periode som en mellemperiode med hensyn til det praktiske elevarbejde. Derimod skete der en generel ændring af de krav, man stillede til gymnasiets fysikundervisning. Det medførte nogle ting, som dannede baggrund for den kritik, der var udgangspunktet for den næste reform (i 1988); en reform, der fik stor betydning for det praktiske arbejde. Vi vil behandle denne reform i del III.

---

<sup>1</sup> Disse begreber vil vi ikke komme nærmere ind på i denne hoveddel; men de vil blive beskrevet kort i del III.



# Kapitel

# 10

## Mellem to reformer

Vi vil i dette kapitel se på, hvad der skete på fysikområdet efter 1907-reformen og indtil 1961-reformen. Vi har især haft opmærksomheden rettet mod den faginterne debat, som herhjemme foregik angående fysikundervisningen i gymnasiet i denne periode. Mange af de meninger, der blev fremført, kom til at præge reformen i 1961. Efter en så gennemgribende forandring af fysikundervisningen, som der var lagt op til med 1907-reformen med den store vægt på de praktiske arbejde/eksperimentelle arbejde, kunne man på forhånd have forventet reaktioner imod dette på et eller andet tidspunkt. Til at begynde med var det stadig i *Fysisk Tidsskrift*, at den fagdidaktiske debat foregik. Senere rykkede den over i *Gymnasieskolen*. Vi indleder med et kort afsnit, som opfølging på almenloven.

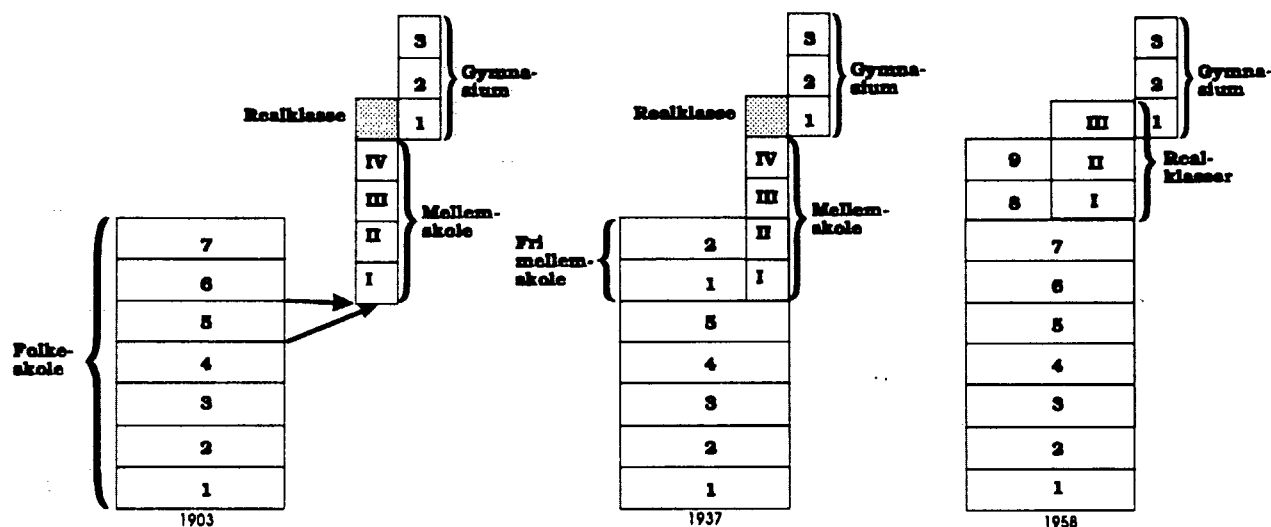
### 10.1 Generelt om skolesystemet

Inden vi tager fat på fysikundervisningen, vil vi lige dvæle lidt ved skolesystemet efter 1907. Omstruktureringen med skoleloven fra 1903 betød, at skolesystemet blev mere sammenhængende, hvorved flere skulle få mulighed for at tage den uddannelse, som de havde evner til. Gav denne skolelov så mulighed for optag af flere elever? Et svar på det finder vi i undervisningsinspektør Tuxens beretning fra 1914. I tiden umiddelbart efter 1903-reformen steg antallet af dimitterede ved de højere skoler. Det første hold studenter efter lovens ikrafttræden steg med 26%, året efter med 19%, i 1912 med 13%, i 1913 også med 13% og i 1914 med 6% (Tuxen 1914, s. 6). Men der var stadigvæk tale om, at de kun et fåtal af en årgang tog studentereksamen. Således drejede det i 1901 om 1% af en årgang, mens andelen i 1915 var steget til 2% (Beyer et al. 1986, s. 263). Gymnasiet var stadig kun forbeholdt et lille udsnit af den danske ungdom.

Ifølge Tuxen (1914) kunne en tilsvarende stigning ses i andre lande, men han tilskrev også skolereformen en stor del af æren. Denne gjorde det bl.a. muligt for pigerne at tage studentereksamen på lige fod med drengene, og med den nysproglige linie blev gymnasiet også mere egnet for pigerne. Antallet af dimitterede for pigernes vedkommende steg i perioden 1909-10 med 134% og i de følgende fire år med henholdsvis 61%, 132%, 137% og 150% (igen ifølge Tuxen). Her er det værd at bemærke, at den gamle lærde skole var forbeholdt drenge, når der ses bort fra de få pigeskoler. Det dækker over, at der i 1911 var 1% af en pigeårgang, der tog studentereksamen (mod 3% for drengenes vedkommende). Det forhold havde ikke ændret sig fire år senere i 1915 (Beyer et al. 1986, s. 263). Stigningerne, som Tuxen refererer til, ser voldsomme ud, men de svarer i virkeligheden kun til stigninger i tilgangen på relative få elever. Det var især til den nysproglige linie, de nye gymnasieelever søgte på de to gamle liniers bekostning, og det var først og fremmest den klassisk-sproglige linie, som mistede elever, det første år med 71% mens antallet af dimitterede på den matematiske linie kun faldt med 22% (Tuxen 1914). I de følgende år skete en stigning for den mate-

## Kapitel 10

matiske linies vedkommende, mens der for den klassisk-sproglige stadigvæk skete et fald. Denne masseflugt fra den klassisk-sproglige retning var et tydeligt tegn på, at dannelsen ikke længere skulle søges i de klassiske sprog og kulturer (og heller ikke ens-karrieremuligheder). De mere moderne og "anvendelige" fag havde nu overtaget de gamle. De få, der stadigvæk læste de klassiske fag, var sandsynligvis dem, som senere skulle bruge disse fag f.eks. i forbindelse med en teologisk uddannelse.



Figur 10.1. Skolestrukturen i Danmark i henholdsvis 1903, 1937 og 1958.

Den nyoprettede mellemskole havde lige som gymnasiet succes. I 1915 tog 7 % af en årgang mellemskoleeksamen (Beyer et al. 1986, s. 263). Dette blev en attraktiv mellemuddannelse, som gav mulighed for ansættelse i etaterne: toldvæsnet, statsbanerne, post- og telegrafvæsnet. Mellemskoleeksamen gav desuden mulighed for at indstille sig til en række studier, f.eks. ved seminarierne. Der opstod efterhånden det problem med folkeskolen, at mange af de dygtigste elever efter 4. og 5. klasse fortsatte i mellemskolen, hvorfor der herefter i den eksamensfrie folkeskole manglede de dygtige elever til at trække niveauet op. Dette søgtes afhjulpet med Folkeskoleloven af 1937, hvor der blev lavet nogle strukturelle ændringer for at gøre den eksamensfrie mellemskole attraktiv. Men det lykkedes ikke. I 1958 blev mellemskolen nedlagt og i stedet indførtes en obligatorisk 7-årig folkeskole, som efterfulgtes enten 8. og 9 klasse eller af en tre-årig realdel.

I 1961 ændredes også gymnasiets struktur, hvorved antallet af linier blev reduceret til to, som til gengæld hver blev opdelt i tre grene efter det første år, men dette vil vi komme nærmere ind på i kapitel 12. Figur 10.1 viser skolestrukturen i Danmark i hhv. 1903, 1937 og 1958.

### 10.2 Lovgivning om fysik i gymnasiet

Et problem med anordningen og bekendtgørelsen for gymnasiet fra 1906 var, at den ikke klart fastslog, hvad formålet var med naturlæreundervisningen (jf. del I). Den slog blot fast, at undervisningen skulle være eksperimentelt tilrettelagt, samt at øvelserne skulle udgøre et vist

antal timer. Et formål med fysikundervisningen blev dog formuleret i anordningen fra 1935 (Anordning, 9/3 1935):

Undervisningens Formaal er at give Eleverne et saadant Kendskab til Naturen og dens Love, at de kan forstaa og følge Naturvidenskabens Betydning saavel i Nutidens Praksis som for Nutidens Aandsliv, og samtidig gennem Kombination af Eksperiment og Ræsonnement indøve dem i den naturvidenskabelige Arbejdsmetode.

Nye betydeligere Opdagelser paa Naturvidenskabens Omraader bør drages ind under det Stof, der er Genstand for Undervisning.

Naturlæreundervisningen havde således både et almendannende som et studieforberedende formål. Som noget nyt taltes nu om at indøve den naturvidenskabelige arbejdsmetode for eleverne. Ifølge Smed (1943) fremgik det af en diskussion i fysiklærerforeningen i 1939, at der var tilfredshed med den nye undervisningsplan, og der "var Enighed om, at det væsentlige ved Undervisningen var at lære Eleverne videnskabelig Metode". Dette var noget nyt i forhold til undervisningen efter 1907-reformen, og det var ikke tidligere blevet diskuteret i forbindelse med naturlæreundervisningen. Det er først med anordningen fra 1935, at vi støder på noget sådant. Formålet, som det var formuleret her, forblev enslydende indtil 1961.

I bekendtgørelsen fra 1935 blev det advaret imod benyttelsen af for meget matematik i det første gymnasieklasse:

I første Klasse maa man være forsigtig med matematisk Behandling af fysiske Problemer; thi naar den matematiske Tænkning er i sin Vorden, er en Formel ikke gennemsigtig; men den kan læres udenad. Et Forsøgsresultat, Diskussion af dette og derefter et fysisk Ræsonnement er langt bedre i Stand til at knytte lagtagelse og Tænkning sammen. - I de højere Klasser vil Matematikken derimod ofte kunne lette baade Fremstillingen og Elevernes Forstaaelse [...].

Det blev dog understreget, at fysikfaget på bestemte områder skulle samarbejde med matematikfaget. Dette skal ses som en styrkelse af matematikkens betydning i fysikfaget i forhold til 1907.

Forholdet af timer mellem fysik og kemi var henholdsvis 2/3 og 1/3 af de samlede naturlæretimer, og det forventedes, at den samme lærer skulle undervise samme klasse i begge fag. Undervisningsstoffet forblev omtrent det samme som i 1907 bortset fra nogle få nye ting som bl.a. relativitetsteorien, og samtidig faldt noget af det gamle stof væk. Undervisningsstoffet for mekanik fastsattes i 1935 til at være:

Fysik med Astronomi.

1. Mekanisk Fysik. Faste Legemers Ligevægt, Tryk i Vædske og Luftarter, Vægtfyldebestemmelser. Gnidning, Elasticitet, Haarrørs-virkning, Diffusion. Bevægelsesprincipper, c-g-s-Systemet. Bevægelsesmængde og Energi. Bevægelse under Paavirkning af en konstant Kraft, Centralbevægelse, Cirkelbevægelse, elastiske Svingninger, Pendulet. Bølgebevægelse, Lydlære. Den almindelige Tiltrækning, Tyngden paa Jorden og i Einsteins Kasse.

(Anordning 1935)

Alt i alt kan man umiddelbart ud fra anordningerne og bekendtgørelserne konkludere, at der ikke skete de store forandringer i fysikundervisningens rammer fra 1907 til 1961. Formålet med undervisning i naturlære, som første gang blev formuleret med anordningen fra 1935, ændrede sig ikke indtil 1961. I 1953 kom dog en ny anordning, men her var formålet en ordret

## Kapitel 10

gentagelse af formålet fra 1935. Vægtningen på den eksperimentelle side af faget blev heller ikke mindsket, og der blev stadigvæk anvendt det samme antal timer på elevøvelser.

Med hensyn til fysikundervisningens indhold skete der faktisk nogle kvalitative ændringer, som f.eks. at der blev lagt større vægt på matematiksidens, og at det praktiske elevarbejde også skulle omfatte indøvelse af "den naturvidenskabelige arbejdsmetode". Ved at introducere den naturvidenskabelige arbejdsmetode blev der lagt vægt på nye sider af det praktiske elevarbejde end tidligere. Det praktiske elevarbejde skulle fremefter ikke kun bruges i forbindelse med bl.a. at gøre eleverne mere aktive og give dem mulighed for at iagttage, men at det også skulle give dem et indblik i naturvidenskabens særegne arbejdsmetoder. En nærmere redegørelse for tankerne bag denne opmærksomhed, der blev rettet mod denne metode, findes i næste afsnit.

### 10.3 Kritik af fysikundervisningen efter 1907

De fleste fysiklærere var tilsyneladende tilfredse med fysikundervisningen efter 1907. Der var en masse praktiske problemer med, at få lærerne uddannet til at udføre den undervisning, som loven krævede. De fleste fysiklærere havde ingen erfaring i at udføre øvelser. Personer som Sundorph og Barmwater forsøgte med kurser at efteruddanne lærere. Desuden var der store problemer med at skaffe midler til anskaffelse af udstyr og apparatur samt laboratoriefaciliteter. Alle disse forhold fremgår af Tuxens beretning fra 1914. Her peges der netop på den manglende uddannelse af lærerne og det fremhæves, at det betød en del "Famlen i Arbejdet", men konkluderedes det: "saa meget kan siges: Reformen er god" og der fortsættes lidt småfilosofisk: "og Menneskets Evner vokser som bekendt med det Maal, der sættes" (Tuxen 1914, s. 186).

I de første snes år støder vi ikke på nogen egentlig debat om den nye fysikundervisning. Først i 1925 efterlyste Ring ved en indledning til en diskussion i "Foreningen for fysik- og kemilærere ved gymnasier og seminarier" i 1924 (Ring 1925) en diskussion af formålet med fysikundervisningen. Han savnede i det hele taget en formulering af fysikundervisningens formål, idet dette ikke engang stod i ministeriets anordning eller bekendtgørelse (jf. afsnit 7.3). Han fandt en antydning af et mål med Tuxens beretning fra 1914, hvor han (Tuxen) kritiserede den gamle latinskoles fysikundervisning:

... man fandt, at der gennem den tidligere anvendte Undervisningsmaade - i 5te og 6te Klasse - var taget for ensidigt Sigte paa at lære Eleverne Beskrivelse af naturvidenskabelige Eksperimenter og matematiske Ræsonnementer paa naturvidenskabeligt Grundlag og ønskede nu i højere Grad at lade Eleverne komme selve Eksperimentet paa nært Hold, ikke alene gennem Demonstrationer, men gennem egen Udførelse. Hertil skulde de fysiske Øvelser tjene. De skulde uddybe Forstaaelsen, gøre Tilegnelsen af Stoffet mere selverhvervet og selve dette mere konkret for Eleverne, og tillige skulde de være et Led i Bestræbelserne for at udvikle Elevernes Evne til selvstændigt Arbejde.

(Ring 1925)

Heri udtrykkedes altså implicit, at formålet med fysikundervisningen var at lære fysik, hvilket bedst kunne opnås gennem elevernes eksperimentelle virksomhed. Ring kunne tilslutte sig dette mål, men ønskede noget mere. Han mente, at fysikfaget skulle bruges som et mønstereksempel på, hvordan erkendelse opnås inden for erfaringsvidenskabernes. Derfor opstillede han tre krav til fysikundervisningen: "1) faglig Dygtighed og 2) Evne til selvstændigt Arbejde [...] 3) Kravet om Naturvidenskabelig Metode" (Ring 1925). Det sidste punkt var noget nyt i forhold til

tidligere (jf. anordning fra 1935 samt diskussion i fysiklærerforening i 1939). Indirekte i hans artikel lå der en kritik af den praktiserede fysikundervisning, hvor der kun blev lagt vægt på kun det første eller på de to første undervisningskrav. Han kom så ind på, hvorledes en moderne undervisning kunne tilrettelægges, så alle tre krav blev opfyldt:

Øvelserne bliver til at begynde med det centrale i Undervisningen, hvortil Teorien knytter sig. Lærebogen træder foreløbig helt i Baggrunden. Øvelserne er simple Fællesøvelser med forudgaaende Problemopstilling og efterfølgende Diskussion i umiddelbar Tilslutning til Forsøget. Øvelserne henlægges ikke til forud bestemte Ugedage, men foretages, naar de naturligt frembyder sig. Efterhaanden som Eleverne bliver fortrolige med Metode og opnaar Evne til at arbejde selvstændigt, kan man bl.a. af Hensyn til de sammensatte og nøjagtigere Apparater, som de mere indgaaende Øvelser kræver, gaa over til Omgangsovelser, hvilket vel maa siges at indtræde i Løbet af det andet Aar i Gymnasiet. I III G., hvor Elevernes Forstaaelse og Modenhed er vokset betydeligt, er der vist næppe nogen Grund til særlig at ønske Fællesøvelser fremfor Omgangsovelser, men derimod nok selvvalgte Øvelser (frivilligt!). Overblik og Behandling af den nyeste Tids Undersøgelser kan tages op.

(Ring, 1925)

Ring mener således, at øvelserne i 1.g skal være fællesøvelser og først senere (når eleverne er modne til det) skal omgangsovelsen tages i brug. Dette forhold var vi også inde på i del I. Og tilsyneladende havde man enkelte steder været opmærksomme på problemet, idet Tuxen i sin beretning skriver, at man på flere skoler har indført fællesøvelserne i de første klasser i stedet for omgangsovelserne. Der er dog et praktisk problem ved denne undervisningsmåde, idet den kræver at skolen er i besiddelse af mange sæt ens apparater (Tuxen 1914, s. 188). Der er altså tegn på, at fællesøvelserne, sådan som Ring ønsker det, så småt er ved at finde vej til undervisningen på de første trin. Man bør desuden lige bemærke, at Ring til den første undervisning foreslog at bruge det praktiske elevarbejde i forbindelse med teoriindlæringen.

Ring viste et eksempel på, hvordan en eksperimentel tilrettelagt undervisning kunne gennemføres, så at eleverne bl.a. blev optrænet i "naturvidenskabelige metode". Eksemplet omhandler blanding af koldt og varmt vand.

Efter Metode c [altså den metoder, hvor alle undervisningskrav blev opfyldt] vil Fremgangsmaaden vel blive at stille Eleverne over for koldt og varmt Vand og spørge dem om, hvad de mener, at Resultatet bliver, hvis man blander de to Vandmængder. Hertil bliver vel Svaret, at man faar noget lunkent Vand. Spørger man saa videre, om der ikke kan siges noget nærmere om Blandingstemperaturen, vil man til Svar efterhaanden faa, at denne vil afhænge af Vandmængdernes relative Størrelse og deres Temperatur - naturligvis fremsat i Elevernes mere jævne Sprog -. Nu kommer man ind paa at spalte det stillede Spørgsmaal i simplere, og Læreren siger f. Eks. følgende: Jeg tager 200 g Vand ved 10° i Bægerglas Nr. 1 og 200 g Vand ved 20° i Bægerglas Nr. 2, hælder Vandet sammen i det ene Bægerglas og rører rundt (hvorfor forresten røre rundt?), hvad har jeg nu i det fyldte Bægerglas? Eleverne vil efter nogen Betænkning mene, at man har 400 g Vand ved 15° (Middeltemperaturen). Man gør dem opmærksom paa, at de her har fremsat to Paastande, dels om Vandmængden og dels om Temperaturen, og man spørger, om de nu føler sig lige sikre paa Rigtigheden af de to paastande. De bliver hurtigt enige om, at den første Paastands Rigtighed kan man nok være tryk for, bortset fra den Smule Vand, der hefter sig ved det tømte Bægerglas; men overfor den anden er de mere tvivlrædige, enkelte vover at antyde, at egentlig kan man kun vide (efter Erfaringen), at Blandingstemperaturen ligger mellem 10° og 20°, men den kan lige saa godt være 17° som 14° eller 15°, efterhaanden faar de Tilslutning fra flere Elever. Vel, vi prøver alle. Vi bliver dog først enige om, at vi godt af Hensyn til Tidsbesparing kan bruge Vand fra Vandhanen, maaske ved 12,4°, og Vand opvarmet til nogle og tyve Grader i en fælles Gryde, blot vi tager lige meget af hver Slags. Man anmoder uden nærmere

## Kapitel 10

Motivering den ene Halvdel af Eleverne om at foretage Blandingen i Glas Nr.1, Resten i Nr. 2. Begyndelsestemperaturerne og Blandingstemperaturen noteres tabellarisk af Eleverne paa Klasse-tavlen, efterhaanden som de bestemmes, og i den fjerde Rubrik tilføjes Middeltemperaturen for hvert Forsøg. Det viser sig, at Blandings- og Middeltemperaturen stemmer (paa faa Tiendedele af Grader nær) godt med hinanden, dog med en svag Tendens i Retning af, at det ikke har været uden Betydning, i hvilket Glas Blandingen foretoges. Eleverne finder hurtigt Aarsagerne hertil, nemlig at Glas- og Lufttemperaturen ogsaa spiller ind. Gennem Spørgsmaal og Svar bliver man nu hurtig klar over, at det ser ud til, at 1 g Vand ved at afkøles  $1^\circ$  afgiver saa meget Varme, som der skal til for at opvarme 1 g Vand  $1^\circ$ , selv om det er ved en anden Temperatur. Vi kalder foreløbig denne Varmemængde for en Varmeenhed. Nu vender vi tilbage til vort oprindelige Spørgsmaal, om det er muligt at sige noget om Blandingstemperaturen, naar ulige store Varmemængder blandes, f. Eks. 150 g ved  $10^\circ$  og 300 g ved  $20^\circ$ . Ved fælles Anstrængelse lykkes det let, og Eleverne gør Forsøg med vilkaarlige (af dem selv valgte) Vandmængder. Det beregnede Resultat konstateres. Teorien om Varmeenheden fastslaas som en god og brugbar Arbejdshypotese (uden at dette Navn nævnes, men Begrebet er i Færd med at skabes). Man gaar nu videre til det nyopdukkede Problem, nemlig Glassets Indflydelse, hvorved man føres ind paa Varmefyldbegrebet o. s. v.

(Ring 1925)

Det beskriver flot et induktivt undervisningsforløb, hvor eleverne er aktive i tilegnelsen af de fysiske begreber. Denne undervisning adskilte sig nok ikke særlig meget fra de intentioner til undervisningen, som blev formuleret af Barmwater og Mathiessen (jf. del I), altså en induktiv og eksperimentelt tilrettelagt undervisning. Men som vi også så, blev denne måde at undervise på ikke dominerende efter 1907-reformen. Elevøvelsen blev primært brugt til at finde materialekonstanter og eftervise naturlove. Noget nyt var imidlertid at Ring tillige understregede, at eleverne i forbindelse med det praktiske elevarbejde skulle lære at opstille hypoteser. Blandt andet gennem dette skulle kravet om "naturvidenskabelig metode" opfyldes.

Også omkring 1925 blev der diskuteret om seminariernes fysikundervisning (diskussionen foregik i *Fysisk Tidsskrift* fra 1925-26). Vi har valgt at medtage denne diskussion på trods af, at den omhandler fysikundervisningen for kommende skolelærere. Dette har vi gjort ud fra den betragtning, at diskussionen i høj grad er generel og inddrager forhold, der ikke kun vedrører seminarierne. Endvidere foregik den, som nævnt, i *Fysisk Tidsskrift*, der på det tidspunkt var forum for stort set al fagdidaktisk debat inden for fysikfaget.

Marke (1925) lagde ud med at kritisere fysikundervisningen på seminarierne. Der blev lagt stor vægt på det praktiske elevarbejde, idet det blev anvendt til at bevise fysiske love. Dette mente Marke var forkert, idet eleverne herved blev vænnet til at drage forhastede slutninger:

At Skoleforsøg ingen Beviskraft har, turde være indlysende; hverken selve Forsøgsopstillingen eller de anvendte Apparater vil i Almindelighed være videnskabelig uangribelige. Skoleforsøg kan illustrere de fysiske Love, hjælpe Eleverne til en bedre Forstaaelse af Lovene, udvikle deres iagttagelsesevne, og maaske meget mere endnu; men de kan hverken bevise eller godtgøre nogen Lov.

(Marke 1925)

Hvis øvelserne skulle kunne bevise noget som helst, skulle de for det første bygge på mange gentagne forsøg, for det andet skulle der bruges langt bedre apparatur og for det tredje skulle resultaterne udsættes for en omfattende kontrol. Øvelserne skulle ikke have karakter af en efterligning af "den videnskabelige arbejds metode" (Marke 1925), noget som Ring jo var inde

på mht. gymnasieskolen. Det var en anden opfattelse af elevøvelsens rolle, end Barmwater og Mathiessen havde. Vi er langt hen ad vejen enige med Marke, idet det er uheldigt at lade eleverne tro, at de udleder eller efterviser fysiske love. Derimod kan de udmærket bruges til at gøre eleverne fortrolige med begreberne og lovene.

Han efterlyste mere matematik i fysikundervisningen på seminarierne, da fysikundervisningen stort set var blottet for matematik. I det hele taget mente han, at fysikundervisningen skulle have et "mere videnskabeligt tilsnit".

[...] jeg synes, at de Omraader af Fysikken, som Eleverne stifter Bekendtskab med, dem skal de lære til Bunds, saa de hele Tiden véd, hvor de er; Definitioner og Love maa udtrykkes klarere og eksaktere, om muligt lige saa eksakt, som man vilde gøre det i Videnskaben; hellere nøjes med lidt færre Omraader, og saa give den en saa meget grundigere Behandling.

(Marke 1925)

Marke var således her inde på de samme tanker, som Ring var. Undervisningsfaget fysik skulle lægge sig tættere op ad arbejdsmetoderne i videnskabsfaget fysik. Man skulle i skolen (her seminarierne) arbejde på samme måde, som man gjorde det i videnskaben.

Vi ser altså, at Marke tog afstand fra en undervisning, hvor de fysiske love bliver udledt og bevist v.h.j.a. elevøvelser. I stedet foreslog han en undervisningsform, hvor øvelserne mere blev brugt til demonstrationsformål, og hvor faget blev gjort mere eksakt ved yderligere inddragelse af matematik. Argumenterne gik primært på apparaturets manglende præcision til udledning af love, i stedet for hvorvidt eleverne faktisk var i stand til at foretage en sådan udledning uden lærerens hjælp. Marke understregede, at han ikke ønskede en reduktion i antallet af øvelser. Hans kritik blev tilbagevist af Kirstine Meyer, som hævdede, at man udmærket kunne udlede lovene på ud fra en øvelse:

Jeg vil nu for det første hævde, at man med et ordentligt Apparat, som man er vel øvet i at bruge, kan finde Loven for Faldvejen saaledes, at Eleverne ikke tvivler om dens Gyldighed.

(Meyer 1926)

For hende var den induktive tilrettelagte undervisning stadig at fortrække. Hun udelukkede dog ikke mere matematik på nogle områder.

I de indtil nu refererede diskussioner, var stort set alle enige om, at fysikundervisningen skulle lægge stor vægt på elevøvelser. Ligeledes var deltagerne i debatten enige om, at elevøvelserne havde en række fordele, bl.a. at de udviklede elevernes selvstændighed og iagttagelsesevne. Vi ser dog en begyndende kritik af elevøvelsernes anvendelse i en induktiv tilrettelagt undervisning.

Rings kritik af undervisningen og efterlysning af en formulering af fysikundervisningens formål samt Markes ønske om, at undervisningen skulle forbindes tættere til videnskabsfaget fysik, fik tilsyneladende indflydelse på 1935-anordningen, hvor der, som vi har været inde på tidligere, som noget nyt blev lagt vægt på den naturvidenskabelige arbejdsmetode.

I 1930'erne og 1940'erne skiftede diskussionen karakter. Nu var det selve indholdet af fysikundervisningen i gymnasiet som blev taget op til vurdering. Mogens Pihl skrev i et indlæg i *Fysisk Tidsskrift* 1933, at han ønskede en ændring af undervisningsstoffet, så der blev lagt mere vægt på den moderne fysik (bl.a. relativitetsteorien). Han hævdede, at mange fysiklærere var bange for at indføre den moderne fysik, idet de frygtede, at det ville gå ud over anskuelig-

## Kapitel 10

---

heden og forståelsen af fænomenerne, hvorved eleverne ville miste interessen. Gennemgangen af dette stof blev derfor henlagt til slutningen af fysikundervisningen. Pihl ville derimod have flyttet gennemgangen af dette stof til begyndelsen af gymnasieundervisningen, idet han mente at anskuelighed var et spørgsmål om vane. Jo før de blev bekendt med den moderne fysik, desto større chance var der for, at eleverne ville forstå det.

Han antydede, at der ville ske en ændring af fysikundervisningen, eftersom den klassiske fysiks arbejdsprogram, som indordnede erfaringerne under den euklidiske geometri og Newtons mekanik, var erstattet af et nyt (formuleret af Ernst Mach): Fysikkens opgave, fremførte Mogens Pihl, var ifølge Mach

at registrere vore iagttagelser og indordne dem i et simpelt system af begreber og grundsætninger, ved hjælp af hvilket man af visse foreliggende iagttagelser kan drage slutninger om udfaldet af andre iagttagelser.

(Pihl 1933)

I modsætning til det gamle arbejdsprogram krævede det nye, "at det skal være simpelt, altså indeholde det færrest mulige antal af grundlæggende begreber og sætninger angivende relationerne mellem disse begreber" (Pihl 1933). Pihl kom dog ikke her direkte ind på, at dette arbejdsprogram også skulle gælde for fysikundervisningen i gymnasiet. Dette kom han ind på nogle år senere.

Mathiasen fulgte samme år op på Pihls indlæg. Han mente, at fysikundervisningen byggede på "forældede principper" (Mathiasen 1933), idet nye teorier og resultater blev indført i undervisningen uden at sætte dem i sammenhæng med andre og tidligere behandlede fænomener. F.eks. benyttes ikke den "nyere Fysiks" evne til at "give en mere overskuelig og enkel Beskrivelse af vore Erfaringer" (Mathiasen 1933). De nye teorier skulle ikke drages ind under det eksisterende undervisningsstof, men derimod det eksisterende stof som skulle drages ind under de nye teorier.

En af Fysikundervisningens Hovedopgaver maa dog være at give Eleverne Indtryk af Nutidsfysikkens beundringsværdigt enkle Arkitektur.

(Mathiasen 1933)

Mathiasen talte altså for en nyordning af undervisningsstoffet, og at de nye teorier helt skulle inddrages i undervisningen, så de ikke kun optrådte som løsrevne kuriositeter. Han ville bort fra den "ueksakte, 'pædagogiske' tillempede Fremstillingsform". Øvelserne skulle anvendes i forbindelse med at illustrere fysiske fænomener. Allerede med den første undervisning skulle man stræbe efter

en eksakt, aksiomatisk Fremstilling, der ikke bygger paa "Demonstrationer" (se Betænkningen), men i al Beskedenhed illustreres af disse.

(Mathiasen 1933)

Endelig kritiserede han øvelsesvejledningerne for at være meget detaljerede, og at arbejdsformen i laboratoriet var stramt organiseret. Han mente ikke, at det harmonerede med intentionen om, at eleverne gennem øvelserne vænnes til at arbejde selvstændigt.

Kritikken af elevøvelserne tog med årene til i styrke, og i 1947 var Pihl igen på banen:



Det er ikke altid, at et fysisk Forsøg er den eneste Vej til Vinding af Erkendelse, i Særdeleshed naar man tager den Kendsgerning i Betragtning, at de fleste af de sindrigt udtænkte Gymnasie-forsøg mere har Karakteren af en Verifikation end af en Introduktion (hvilket Udenforstaaende slet ikke er klar over: ofte hører man den fejlagtig Paastand fremsat fra Ikke-Fysiklæreres Side, at vi i Gymnasiet driver en ægte Laboratorieundervisning, hvor vi gennem selvstændige Forsøg lader Eleverne opdage Naturlovene. Hvilken Illusion! Ikke en Gang saa simple Love som Opdriftsloven, Faldloven eller Linseformlen vilde Eleverne selv kunne eksperimentere sig frem til, ligesom de heller ikke af sig selv vil kunne finde paa en Metode til Løsning af en anden Grads Ligning. Her kan moderne Pædagogik lejlighedsvis virke noget for optimistisk i Troen paa, hvad Eleverne kan opnaa gennem selvstændigt Arbejde).

(Pihl 1947)

Dette er en tydelig forkastelse af et princip, som den ældre generation af fysiklærere stod for (heriblandt Kirstine Meyer), nemlig elevøvelsen i en induktiv tilrettelagt undervisning, hvor eleverne gennem eksperimentelt arbejde selv skulle finde frem til fysikkens lovmæssigheder.

I et tilbageblik i anledning af 50 års jubilæet i "Foreningen af Fysik- og Kemilærere ved gymnasier og seminarier" i 1971 beskrev Mogens Pihl debatten om det praktiske arbejde i første halvdel af århundredet således:

I den oprindelige begejstring havde nogle for alvor troet, at det var muligt at nå frem til en undervisning, hvor igennem eleverne så at sige af sig selv, opdagede naturlovene, men det stod dog efterhånden de fleste klart, at dette var en for optimistisk vurdering. Man erkendte, at den store pædagogiske værdi knyttet til den stærke betoning af iagttagelserne først og fremmest består i anskueliggørelsen af indholdet af de fysiske love og dernæst opøvelsen af færdigheder i brugen af experimentalfysikkens hjælpemidler.

(Pihl 1971)

Det er selvfølgelig en personlig udlægning af Mogens Pihl, hvor han fremhæver de holdninger, som han selv stod for. Efter vores mening er det dog en ganske klar beskrivelse af den holdning, som mange af elevøvelsens pionere lagde for dagen (bl.a. Meyer, Barmwater og Mathiessen, jf. del I).

I 1949 vendte Pihl tilbage til nogle af de tanker, som han formulerede i *Fysisk Tidsskrift* i 1933. Fysikundervisningen skulle bygge på "fysikkens grundlæggende principper", og enkelt-hederne skulle tjene til illustration af de grundlæggende love. Han gav et eksempel på, hvorledes dette kunne foregå inden for elektroteknikken:

For at illustrere, hvad jeg mener, vil jeg nævne, at det i og for sig forekommer mig rimeligt at reducere behandlingen af elektroteknikken i gymnasieundervisningen, men at det efter min opfattelse er uklogt at formulere en sådan reduktion så konkret, som det er sket ved at foreslå, at behandlingen af motoren og dynamoen evt. kan udgå. Hvis man derimod m. h. t. denne problemkreds formulerede det krav, man ønsker opfyldt, som omformningen af mekanisk energi til elektrisk og omvendt, eller i en større sammenhæng som omformningen mellem de forskellige - explicit nævnte energiformer - ville man opnå, at det principielle blev trukket frem, uden at man bandt lærerne til tekniske enkeltheder. F. ex. kunne han eller hun så, som jeg selv har gjort det, diskutere hele problemstillingen kvantitativt og kvalitativt ved hjælp af en bevægelig tung leder, der glider på to skinner i et magnetfelt.

(Pihl 1949)

## Kapitel 10

---

Energibegrebet skulle altså være det samlende princip, når f.eks. dynamoen og motoren blev behandlet, og under dette begreb ville det også være muligt at inddrage andre energiformer. Undervisningen skulle bygges op omkring disse grundlæggende principper eller centrale begreber, som de forskellige enkeltheder kunne anvendes som illustration af. Pihl talte altså imod fremstillingsform, hvor de tekniske opfindelser beskrives sideordnet med og på samme niveau som de mere grundlæggende begreber. En sådan fremstilling finder vi f.eks. i Barmwaters lærebog *Mekanisk Fysik*, som blev behandlet i afsnit 8.1.

### 10.4 Opsamling

I det forgående afsnit har vi set, at kritikken af fysikundervisningen efter 1907 kom i bølger. I første omgang var der tale om, at man ønskede mindre justeringer af undervisningen. Derefter blev den induktive undervisning og manglen på matematik kritiseret, og som kronen på værket påbegyndtes der fra 30'erne en kritik af selve fysikundervisningens grundlag. Mathiasen og Pihl var repræsentanter for denne gennemgribende kritik af fysikundervisningens grundlag, som de mente byggede på forældede principper og på den klassiske fysiks forståelse. Den omorganisering, som de stod for, skulle bygge på den moderne fysiks forståelse, og undervisningen skulle bygges op omkring de centrale begreber, hvilke også skulle bringe sammenhæng mellem fysikundervisningens enkelte dele. Vi ser her forløberen til den videnskabscentrering, som vi vil se nærmere på i de følgende kapitler.

Erkendelsen af den moderne fysiks styrke og evne til at omfatte tidligere teorier, skal efter vores mening ses som én af de afgørende grunde til kravet om en ændret fysikundervisning. Der blev talt for en formalisering af fysikundervisningen med en styrkelse af den matematiske beskrivelse og begrebsanalysen, hvilket efter kritikernes mening ville være en stor hjælp eller lige frem en nødvendighed, hvis man skulle arbejde med og forstå den moderne fysiks begreber og abstrakte teorier. Den klassiske fysiks teorier og fænomener havde i høj grad direkte forbindelse til den umiddelbare erkendelige verden og altså elevernes egne erfaringer. Den moderne fysik opererede med begreber, som gik ud over den umiddelbare erkendelige verden. Og skulle man lære disse teorier måtte man gå bort fra kravet om anskuelighed, et krav som netop blev stillet til fysikundervisningen efter 1907.

En interessant udvikling ses i bekendtgørelsen fra 1935, hvor indøvelse af "den naturvidenskabelige arbejdsmetode" nu skulle indgå som en del af det praktiske elevarbejde. Det skal ses i forlængelse af den betydelige vægtning af det praktiske elevarbejde efter 1907. Det var således en yderligere begrundelse for vigtigheden af det praktiske elevarbejde.

### 10.5 Kilder og litteratur

"Anordning angaaende Undervisningen i Gymnasiet" af 9/3 1935.

Eriksen, J. K. (1932): "Fysik paa den mat.-naturvidensk. Linie" i *Gymnasieskolen*, 15. årg., s. 417-421.

Marke, A.W (1925): "Om Fysikundervisningen ved Seminarierne" i *Fysisk Tidsskrift*, 23. årg., s. 179-185.

Mathiasen, A. Friis (1933): "Fysikundervisningen i Gymnasiet" i *Gymnasieskolen*, 16. årg., s. 351-355.

Meyer, Kirstine (1926): "Om Fysikundervisningen ved Seminarierne" i *Fysisk Tidsskrift*, 24. årg., s. 46ff.

Pihl, Mogens (1933): "Teoretiske overvejelser angående forholdet mellem den moderne fysik og fysikundervisningen" i *Fysisk Tidsskrift*, 31. årg., s. 101-105.

- Pihl, Mogens (1947): "Fysikundervisningen i Gymnasiet" i *Gymnasieskolen*, 30. årg., s. 45-47.
- Pihl, Mogens (1949): "Forslaget til reduktion af fysikpensum" i *Gymnasieskolen*, 32. årg., s. 71-73.
- Pihl, Mogens (1971): "Træk af dansk fysiks historie-forskning og undervisning" i *Gymnasieskolen*, 54. årg., s. 1257-1264.
- Poulsen, Claus (1982): *Bibliografi om det eksperimentelle arbejdes placering i fysikundervisningen i det matematisk-naturvidenskabelige gymnasium i Danmark belyst gennem den fagdidaktiske diskussion i perioden 1900-1970*. Upubliceret.
- Ring, L. J. (1925): "Maal og Midler for Gymnasiets Fysikundervisning" i *Fysisk Tidsskrift*, 23. årg., s. 45ff.
- Smed, Jens (1943): "Fysikkens Stilling i den højere Skole fra Middelalderen til vore Dage" i *Fysisk Tidsskrift*, 41. årg., s. 16ff.
- Tuxen, S. L. (1914): *Beretning om Undervisningen i Gymnasieskolerne*, Kultusministeriet, København.

## **Kapitel 10**

---

# Kapitel

# 11

## Curriculumtænkning og videnskabscentrering

De store reformer på skoleområdet var der således ikke tale om i ca. 60 år fra 1903 til 1961. Dette er imidlertid ikke ensbetydende med, at der ikke skete nogen debat på undervisningsområdet. Den såkaldte curriculumtænkning (eller på dansk læseplanstænkning), som havde sit udspring i USA, og som fik stor betydning for undervisningen i 1960'erne, kom fra 1950'erne at præge debatten om undervisningen. Selv om denne rapport omhandler danske forhold, skal den danske udvikling ses i sammenhæng med udviklingen i udlandet. Dette kunne være et større studium i sig selv, men vi har begrænset os til en relativ kort gennemgang, som præsenterer nogle generelle træk af læseplanstænkningen og videnskabscentreringen i USA.

I forbindelse med denne læseplanstænkning begyndte man at tale om en undervisning, der skulle ligge tættere op ad det enkelte fags grundbegreber, altså en såkaldt videnskabscentrering (som vi så i kapitel 10, var Mogens Pihl inde på samme tanker allerede i 1930'erne og 1940'erne). Vi har valgt kort at beskrive den historiske baggrund for curriculumtænkningen for derefter at beskrive den centrale skikkelser inden for denne retning, nemlig Jerome Bruner, for endelig at give en beskrivelse af Philip Phenix's idéer, idet han stod for synspunktet om, at al undervisning skulle tage udgangspunkt i fagenes grundlæggende begreber. Endelig vil vi beskrive de vigtigste af de læseplansprogrammer, der blev resultatet af hele denne debat og af den teoretiske udvikling. Baggrunden for al denne debat om læseplaner og videnskabscentrerede undervisning var i høj grad den mangel på teknisk og naturvidenskabelig arbejdskraft, man oplevede i hele den vestlige verden efter 2. verdenskrig.

### 11.1 Curriculumtænkningen og videnskabscentreringen

Læseplanstænkningen og videnskabscentreringen, som vi vil beskrive i dette kapitel, har ikke umiddelbart noget med hinanden at gøre. Sammenhængen forekommer ved, at mange udenlandske læseplaner repræsenterede en videnskabscentreret holdning. Mogens Pihl var herhjemme fortaler for en undervisning, der skulle bygge mere på fagets grundidéer, og det er samme tankegang, der lå til grund for videnskabscentreringen i USA. Vi vil indlede kapitlet med at se på curriculumtænkningen og baggrunden for denne.

Grundlaget for læseplanstænkningen<sup>2</sup>, skriver Bugge (1974), var oprindeligt især amerikaneren Franklin Bobbitts værk *How to make a curriculum* fra 1924. Målet med dette værk var at hjælpe planlæggere af læseplaner og at danne grundpillerne for en sådan udvikling. Reformpædagogikken (beskrevet i del I), som havde elevernes frie udfoldelse og selvstændige tænkning som udgangspunkt, havde en stor gennemslagskraft på det tidspunkt, hvor *How to make a curriculum* udkom, og derfor havde værkets tanker svært ved at slå rigtig igennem. Tankerne gjorde indtryk og vakte opsigt, men fik på dette tidspunkt ikke den store betydning.

<sup>2</sup> På engelsk hedder læseplan curriculum. I det følgende bruger vi begge betegnelser.

## Kapitel 11.

---

De blev betragtet for stive og begrænsende i forhold til de tanker, man havde om selvvirksomhed. Bobbitts tanker døde dog ikke totalt, men blev videreudviklet.

Oprindeligt var målet for curriculumtænkningen at beskrive - og ikke opstille - de mål, samfundet skulle kunne forvente af den dannede, voksne borger. Men i 1930'erne og 1940'erne flyttedes udgangspunktet imod det mere normative (Bugge 1974, s. 156). Ifølge Bugge (1974) var det det såkaldte sputnikchok, der betød det endelige gennembrud for curriculumtænkningen. Baggrunden var, at USSR i 1957 opsendte den første satellit i kredsløb omkring Jorden. Det er da også rimeligt at betegne opsendelsen af den sovjetiske satellit som en katalysator for en udvikling, men vel og mærke en udvikling, der havde været i gang siden 2. Verdenskrig. Krigen havde betydet, at mange lærere og studerende i de naturvidenskabelige fag var rykket fra de amerikanske universiteter til især krigsindustrien. Dette betød, at der efter krigen opstod mangel på kvalificerede undervisere på universiteterne (DeBoer s. 129ff). Samtidig havde man et rekrutteringsproblem i forhold til især fysik på alle niveauer. Mange mente, at denne mangel på folk i og tilgang til de naturvidenskabelige fag var et stort problem. Problemet havde to sider: en økonomisk og en sikkerhedsmæssig. Med hensyn til økonomien var opfattelsen den, at det var nødvendigt med velkvalificerede folk med en naturvidenskabelig og teknisk baggrund, hvis USA ville beholde sin status som en økonomisk verdensmagt. Det, som kunne true USA's sikkerhed og dermed hele den demokratiske verden, var naturligvis USSR. Den sovjetiske militærforskning havde efter krigen opnået store resultater: jetmotoren til MIG-jagerne og en hurtig udvikling af den sovjetiske udgave af atombomben. Dette gav bl.a. mange amerikanske militærfolk søvnløse nætter. Og som nævnt var opsendelsen af den første Sputnik dråben, der fik bægeret til at flyde over. Jerome Bruner kommenterede på denne tid dette forhold således:

Sovjetunionens erobringer i rummet, dens evne til at skabe ikke blot kraftige våben, men også et effektivt industrielt samfund har rystet den amerikanske selvtilfredshed i en sådan grad, at det ville have forekommet usandsynligt for ti år siden.

(Bruner 1960, s. 77)

Mange anså dette, at USSR var først på banen på dette område, som et tegn på, at USA var sakket agterud især på det teknologiske og naturvidenskabelige område. Mange mente, at uddannelsessystemet havde spillet fallit og måtte reformeres. Indholdet af de enkelte fag måtte ændres; det samme gjaldt undervisningsmetoderne. Og her kom curriculumtænkningen til sin ret. Der blev bevilliget mange penge til udvikling af nye undervisningsprogrammer; nu skulle der strammes op (disse programmer vil blive beskrevet nærmere i afsnit 11.3). Et af de problemer, der ved denne lejlighed skulle løses, var den såkaldte kundskabsekspllosion. Menneskehedens samlede viden stiger hele tiden hurtigere og hurtigere. Dette gjaldt også (eller måske især) inden for de naturvidenskabelige fag. En måde at løse dette problem på, var at organisere stoffet på en anden måde.

På dette tidspunkt etableredes der mange kontakter mellem folk fra de enkelte videnskabsfag, pædagoger og psykologer. I 1959 september afholdtes en konference i Woods Hole, Massachusetts i USA med deltagelse af både naturvidenskabsmænd, humanister, pædagoger og psykologer. Lederen af konferencen var Jerome Bruner. Forsamlingen skulle diskutere, hvordan udbredelsen af den naturvidenskabelige viden i USA kunne forbedres, og det blev startskuddet for dannelsen af en teori for læseplanstænkningen i moderne tid. Som nævnt havde de naturvidenskabelige fag et rekrutteringsproblem blandt den amerikanske ungdom, men Bruner slog i konferencerapporten fast, at det ikke var konferencens umiddelbare formål

at gøre noget ved dette problem. De ca. 35 deltagere blev delt i fem grupper, der skulle diskutere "Emnernes rækkefølge i et pensum", "Undervisningsapparat", "Motivation for at lære", "Intuitionens rolle i indlæring og tænkning" og endelig "Kognitive processer i indlæring" (Bruner 1960, s. 9). Det umiddelbare resultat af konferencen var konferencerapporten *Uddannelsesprocessen*. Ifølge Bjarne Bjørndal var Bruner med denne rapport den første til at

understrekte betydningen af at det ble lagt vekt på læring av fagenes "struktur" og de fundamentale idéer og begreper - og at læreplanene burde bli organisert etter slike retningslinjer

(Bjørndal 1969, s. 87)

I introduktionen til konferencerapporten skrev Bruner, at et af målene med undervisning var

...at give eleverne en forståelse af den fundamentale struktur af et hvilket som helst emne, vi vælger at undervise i.

(Bruner 1960, s. 22)

Det er de fundamentale begrebsstrukturer eller principper inden for et fag, der skal være genstand for undervisningen, hvilket så sidenhen kan udbygges med de mere specielle tilfælde. Fordi

Jo mere fundamentalt eller grundlæggende det tilegnede princip er, desto større vil - næsten pr. definition - dets anvendelsesmuligheder være i nye situationer.

(Bruner 1960, s. 28)

Endvidere er en forståelse af et fags grundtræk medvirkende til, at hele faget bliver mere forståeligt. Efter at have erkendt dette bliver opgaven at få udarbejdet pensum for de enkelte fag. Og Bruner mente, at de sidste års erfaring havde vist, at de bedste til at udarbejde sådanne "...er de bedste hjerner inden for hvert specielt område." (Bruner 1960, s. 28).

Ifølge Bruner er det sandsynligt, "...at et af de betydningsfulde ingredienser er en fornemmelse af begejstring ved det at opdage." (Bruner 1960, s. 30). Denne metode - opdagelsesmetoden - begrænser sig ikke kun til at blive brugt i fag som fysik, men også inden for matematik, samfundsfag og andre fag<sup>3</sup>.

Bruner og Wood Hole-konferencen fik stor betydning for, hvordan man fremover så på indlæringsmetoder hos børn i forbindelse med især naturvidenskabelige fag. Det centrale var, at man skulle tage udgangspunkt i et fags grundlæggende begreber, fordi man via en ikke-specifik transfer ville gøre brug af den lærte metode til problemløsning inden for alle mulige andre områder. Phenix er inde på samme tankegang bl.a. i *Realms of Meaning*. Ved at finde frem til et fags grundlæggende struktur kunne man løse problemet med kundskabsekspllosionen. Han talte om, at løse kvantitetsproblemet ved hjælp af et kvalitetsprincip. Phenix beskrev en videnskabelig disciplin som et begrebsmæssigt system, der har til formål at samle en stor gruppe af kognitive elementer i en fælles idéramme (Bjørndal 1969, s. 92). Hvor de fleste amerikanske videnskabsmænd mente, at det var nok at lære og forstå struktur og kernebegreber i nogle få fag (de naturvidenskabelige), slog Phenix til lyd for, at man også inddrog de humanistiske fag (Clausen 1970).

<sup>3</sup> Denne side af Bruners idéer blev sidenhen udbygget og fik stor betydning i England og USA i en induktiv tilrettelagt opdagelsesundervisning.

## Kapitel 11.

---

Han fremførte, at grundlaget i en fysikundervisning skal være "opdagning og formulering av mønstre av kvantitative udtrykk som er framkommet ved hjelp av fysiske måleinstrumenter" (Bjørndal 1969). Der skal derfor lægges vægt på en forståelse af fysiske målemetoder.

### 11.2 Amerikanske og engelske undervisningsprogrammer

I slutningen af 1950'erne og starten af 1960'erne var der således mange, der anså det for ønskeligt, at der blev lagt øget vægt på fysikfagets grundlæggende principper og teorier. Som vi også tidligere har været inde på, var det nok især samfundsmæssige forhold, som i sidste ende var udslagsgivende for en ændring af fysikundervisningen (den kolde krig og det deraf følgende teknologikapløb, udbygning af industrien med automatiseringer og de dertil knyttede teknikerbehov). Endvidere var der problemet med den øgede mængde kundskab, da det ville være umuligt at lære alt inden for et fag. Men hvis man bare lærte fagets grundlæggende struktur og de grundlæggende begreber kunne ny viden nemt passes ind i disse mønstre.

Kritikken af den eksisterende fysikundervisning, understøttet af psykologernes læseplansteorier, og behovet for kvalificeret teknikere og naturvidenskabsfolk, mandede ud i projekter, som skulle ændre fysikundervisningen. I USA påbegyndtes således i slutningen af 1950'erne og 1960'erne mange projekter med udvikling af læseplaner og undervisningsmateriale. Det mest betydningsfulde var sandsynligvis PSSC (Physical School Science Committee), som blev sat igang i USA i slutningen af 1950'erne. Senere fulgte i England Nuffield-projektet (igangsat i 1962), som omhandlede undervisningen i fagene fysik, kemi og biologi.

#### Physical School Science Committee (PSSC)

I midten af 1950'erne foregik i forskellige organisationer med forbindelse til fysikundervisningen en diskussion om forbedring af fysikundervisningen i henholdsvis secondary schools og high schools<sup>4</sup>. Konklusionen på diskussionen var:

- 1) det billede af fysikken, som lærebøgerne gav eleverne, var gammeldags, og svarede ikke til nutidens naturvidenskabelige samfunds syn på faget.
- 2) resultatet af forsøget på at medtage nye stofområder endte med et "kludetæppe", hvorved enheden i fysikken forsvandt.
- 3) stofeksplosionen inden for fysikfaget resulterede i at al stoffet ikke kunne gennemgås på fornuftig vis.
- 4) meget af det nye stof i faget handlede om teknologiens store betydning i samfundet, mens fysikkens grundlæggende begreber kom i baggrunden (Little 1959).

En gruppe fysikere<sup>5</sup> fandt i 1956 sammen for at undersøge fysikundervisningen i secondary schools og for at foreslå en revideret læseplan. De dannede PSSC, som fik økonomisk støtte fra NSF (National Science Foundation<sup>6</sup>) og bl.a. the Ford Foundation. De mente på baggrund af studier af undervisningen i secondary schools, at der her var et behov for en gennemgribende revision af undervisningsmateriale og -metoder. Det stod dem fra begyndelsen klart, at meget af det sædvanlige undervisningsstof måtte udelukkes, hvilket især omfattede teknologirelate-

---

<sup>4</sup> Konferencer som blev afholdt af Physical Sciences under the National Academy of Sciences-National Research Council, the American Association of Physics Teachers og the National Science Teachers Association.

<sup>5</sup> Initiativtager var Jerrold Zacharias fra Massachusetts Institute of Technology.

<sup>6</sup> Den amerikanske regering støttede forskning og uddannelse herigennem.



rede stofområder (Little 1959, s. 2). Projektet gik ud på at lave en helt ny og sammenhængende læseplan med tilhørende undervisningsmateriale for et et-årig undervisningsforløb i secondary schools (11. og 12. grades, hvilket svarer til 1. og 2. g i Danmark). Til udarbejdelsen af dette var tilknyttet psykologer, pædagoger og nogle af de dygtigste fysikere. Alt skulle sættes i system og intet overlades til tilfældighederne. Læseplanen skulle i tilslutning til curriculumtænkningen bygge på et videnskabeligt fundament. Materialet omfattede lærebøger til eleverne, vejledningsbøger til laboratorieøvelser, films med f.eks. demonstrationer af forsøg eller naturfænomener, laboratorieudstyr, lærervejledning med forslag til supplerende materiale og bøger til supplerende læsning.

Det primære formål med kurset var at præsentere fysikken som en sammenhængende system af relaterede begreber. Fysikken skulle ses som en "human activity comparable in significance with the humanities, the languages and the other major studies of high school students" (Little 1959, s. 2). Et andet og måske lige så vigtigt formål var, at fysikundervisningen skulle bygge på den moderne fysiks forståelse og bruge denne til at skabe sammenhæng mellem begreberne og fænomenerne. Det synes at være et opgør mod en undervisning på den klassiske fysiks grundlag, således denne undervisning skulle afløse af en, som byggede på den moderne fysiks forståelse. Den gamle undervisning var blevet fragmentarisk, idet den ikke havde et grundlag til at omfatte den moderne fysiks begreber og fænomener. Vi genfinder altså her igen nogle af de idéer, som blev fremført i Danmark tidligere.

Hvert af kursets emneområder blev valgt ud fra kriterierne:

- de skulle lægge vægt på fysikkens hovedpræstationer, som f.eks. "the great conservation principles"
- de skulle give indsigt i, hvordan man er nået frem til fysikkens mest slagkraftige ideer, og måske hvordan endnu mere slagkraftige ideer tog over.
- de skulle præsentere fysikken som en samlet hele, hvor sammenhængen mellem de forskellige dele blev draget frem.
- de skulle vise, at fysikken er en menneskelig aktivitet på linje med andre menneskelige aktiviteter (Little 1959).

Kurset var opdelt i fire dele. Det første behandlede de generelle grundbegreber, som eleverne skulle bruge i forbindelse med kursets øvrige dele (tid, afstand og bevægelse; målinger, stoffets atomstruktur m.fl.). Den næste del omhandlede undersøgelse af optik og bølger. Om denne del og del tre og fire skriver Little:

Optical phenomena are described in terms of rays and then a particle theory is developed to provide a possible picture of the nature of light. When this model fails to provide an explanation of the refraction of light, the concepts of wave action are introduced as an alternative model. The student studies waves in ropes, springs, and ripple tanks, finding agreement with the properties of light and predicting new effects in light through experience with waves. The understanding of waves is general enough to allow extension to other areas. For instance, the nature and properties of sound, though not stressed in the course, can be developed by the student because of his basic understanding of waves. [...]

The third section introduces Newton's law of motion, showing the relation between force and motion and leading to the extraordinary story of the discovery of universal gravitation. Conservation laws form a substantial part of this section of the course and lead naturally to a development of the kinetic theory of heat as an application of dynamics in a particular field of physics.

The fourth section includes a careful introduction to electrical and magnetic phenomena, especially the interactions of charged particles with electric and magnetic fields, and with solids,

## Kapitel 11.

---

liquids, and gases. The techniques of the electrical and electronics industries are omitted but the major experiments of modern physics are carefully developed. The photo electric effect, for example, requires the return to a particle concept of light but with new insights into the nature of both matter and light. The course returns to the study of the atom: its discreteness, its structure, its charges, its nucleus, and its behaviour. Thus the circle is closed and the student returns to the basic concepts of science with a new understanding.

(Little 1959, s. 2)

Der lægges således vægt på at relatere begreber og nye fænomener til andre og i forvejen kendte (jf. eksemplet med fotoelektrisk effekt). I begyndelsen af kurset skabes et fundament for eleverne ved at definere og behandle de grundlæggende begreber, som f.eks. tid, masse osv. Dette fundament giver eleverne mulighed for at arbejde i dybden med andre emner. Laboratorie-guiden indeholdt 51 øvelser, som skulle hjælpe til udvikling af begreber fra lærebogen. Eleverne fik retningslinier, spørgsmål som de skulle besvare, og hjælp til at fuldføre arbejdet. Derimod forventedes det af eleverne, at de kunne se ud over de enkelte aktiviteter og relatere laboratorieresultaterne til det gennemgået stof (DeBoer 1991, s. 148-149).

Samtidig med udarbejdelsen af undervisningsmaterialet blev det forsøgsvis prøvet på nogle skoler. I 1957 var til projektet knyttet 50 high school-lærere og universitetsforskere og materialet fra projektet blev dette år brugt på 300 elever. Året efter var der tilknyttet 300 lærere, som anvendte materialet på 12.500 elever. I 1960 blev materialet frigivet til almindelig benyttelse og blev i det følgende skoleår benyttet af 44.000 elever i USA (Rosenbloom 1964, s. 45).

Projektet blev fulgt med stor interesse i udlandet. PSSC fik ingen direkte betydning i Danmark, og skønt bogen blev oversat til dansk (hvor den hedder *Fysik*), blev den ikke brugt i undervisningen. Derimod foregik der PSSC-lignende projekter i bl.a. Sverige. *Fysik* blev anmeldt i *Fysisk Tidsskrift* af K.G. Hansen, som mente, at den ikke uden videre lader sig bruge her i landet p.gr.a. forskellen i undervisningssystem i USA og Danmark. Taget i betragtning, at bogen skulle dreje undervisningen over i en mere eksperimentel retning, finder han det tilhørende øvelseshæfte "tamt" (Hansen 1967, s. 47). *Fysik* var derimod egnet som inspirationskilde for mange danske lærere, for hvem den ville kunne danne stof til eftertanke.

PSSC-projektet skal ses i forbindelse med den forudgående curriculumtænkning, hvor psykologer havde en tydelig påvirkning. Men i følge Bruner skete der omvendt en feedback på psykologerne:

Hovedformålet med dette arbejde [bl.a. PSSC-projektet] har været at præsentere stoffet effektivt, dvs. med skyldigt hensyn ikke blot til dækningsgraden, men også til strukturen. Det vovemod og den fantasi, som har præget dette arbejde og dets bemærkelsesværdige, hurtige succes har stimuleret psykologer, som beskæftiger sig med indlæringsproblemer og formidling af kundskaber.

(Bruner 1960, s. 14)

### The Nuffield Science Teaching Project

Et andet stort projekt fandt sted i England. Det var Nuffield-projektet, som var støttet af The Nuffield Foundation<sup>7</sup>. Dette projekt begyndte i 1962 og omfattede de tre naturvidenskabelige fag, fysik, kemi og biologi, i de engelske skoler, først for alderstrinet 11-16 år, men senere udvidet til højere og lavere alderstrin. Som i USA, var det et hold af fagspecialister, der udviklede læseplanerne, og dette blev så brugt ude i skolerne. Der foregik et løbende feedback fra

---

<sup>7</sup> Nuffield er en stor engelsk industrikoncern.

lærere til specialister, således materialet blev forbedret. Nuffield-projektet adskilte sig således fra f.eks. PSSC, ved at lærerne her havde større indflydelse på udformningen af projektet end ved de nordamerikanske projekter (Ingle og Jennings 1981).

Projektet udarbejdedes ud fra følgende principper:

- (i) reduce the amount of, and to bring up to date, the factual side of the subjects;
- (ii) develop practical work as a basis for thinking about science, and relate it with theoretical work as closely as possible; and
- (iii) emphasize important principles and skills in scientific thinking.

(Ingle og Jennings 1981, s. 23)

Nuffield-projektet havde som udgangspunkt nogle af de samme mål som PSSC, men adskiller sig på afgørende punkter fra dette projekt. Der blev således lagt endnu mere vægt på det eksperimentelle arbejde.

Nuffield-projektet er på sin vis ikke relevant for vores problemstilling i denne periode, idet det selvfølgelig ikke kunne have nogen indflydelse på den danske reform af gymnasiets fysikundervisningen, som skete i 1963. Derimod kan det ses som en del af den proces, som det danske uddannelsessystem gennemgik på samme tid, men blot i en lidt anden retning end den danske (og nordamerikanske).

Undervisningsprojekterne (især PSSC) var et forsøg på at føre curriculumtænkningen ud i praksis og lave en videnskabscentreret undervisning, men samtidig var de et led i selve arbejdet med at udvikle læseplanerne. Både i USA og England blev der lagt vægt på det praktiske arbejde som indlæringsmiddel.

### 11.4 Opsamling

Efter 2. verdenskrig oplevede den vestlige verden en mangel på kvalificeret teknisk og naturvidenskabelig arbejdskraft. Det var især for at kunne videreudvikle industrien og dermed økonomien, at man havde brug for al denne teknisk ekspertise. For USA's vedkommede spøjede den nye rival i spillet om stormagtsstatus USSR også. USSR's teknologiske og militære udvikling kom i offentlighedens søgelys med deres opsendelse af den første satellit i kredsløb omkring Jorden, hvilket efter manges mening satte USA's naturvidenskabelige uddannelser i perspektiv. De havde ikke slået til, og der måtte ske radikale forandringer. Derfor ned-sattes en række læseplansudvalg, der skulle udvikle programmer inden for især de naturvidenskabelige fag, PSSC er det mest kendte. Hele teorien om læseplaner tog fart med Wood-Hole-konferencen med Bruner som leder. Den læseplansteori, der blev resultatet, var meget centreret om fagenes grundliggende begreber, eller med andre ord videnskabscentreret. Hele denne tankegang udvidede Phenix til at skulle gælde for alle faggrupper: de naturvidenskabelige, samfundsfagene samt de humanistiske fag. Også i England var man opmærksom på fremtidens behov for teknikere og lignende læseplansprogrammer blev sat i værk med Nuffield-projektet som det dominerende. I dette kapitel har vi ikke beskæftiget os med danske forhold (det kommer i næste kapitel), men prøvet at give et billede af nogle af de tendenser, der kom til at præge fysikundervisningen i bl.a. USA og England. Man gik her temmeligt radikalt til værks med udarbejdelsen af helt nye undervisningssystemer udviklet i samarbejde med psykologer og fagspecialister og finansieret af store industrikoncerner. Fra samfundets side blev fysikundervisningens således tillagt en temmelig stor betydning i det industrielle og militære kapløb.

## Kapitel 11.

---

### 11.5 Kilder og litteratur

- Bjøndal, Bjarne (1969): *En studier i nyere amerikansk læreplantekning*, Universitetsforlaget, Oslo.
- Bruner, Jerome (1960): *Uddannelsesprocessen*, Gyldendalske Boghandel, Nordisk Forlag A.S, København.
- Bugge, K. E. (1974): *Pædagogiske grundidéer*, Berlingske Forlag, København.
- Clausen, Egon (1970): "Den videnskabsorienterede læseplan" i *Unge Pædagoger* 31. årg.
- DeBoer, George E. (1991): *A History of Ideas in Science Education. Implications for Practice*, Teachers College Press, New York.
- Finlay, G.C. (1964): "The Physical Science Study Committee" i Rosenbloom (red.) 1964.
- Hansen, K.G. (1967): Anmeldelse af *Fysik* i *Fysisk Tidsskrift*, 64. årg. s. 46-47.
- Ingle, Richard & Jennings, Arthur (1981): *Science in Schools - Which Way Now?*. University of London, Institute of Education.
- Little, E.P. (1959): "The Physical Science Study Committee" i *Harvard Educational Review*, vol. 29, s. 1-15.
- Phenix, Philip H. (1964): *Realms of Meaning. A Philosophy of the Curriculum for general Education*. McGraw-Hill Book Company, New York.
- Rosenbloom, Paul, (red.) (1964): *Modern Viewpoints in the Curriculum*, Mc. Graw-Hill, New York.
- Wellington, Jerry (red.) (1989): *Skills and Processes in Science Education*, Routledge, London & New York.

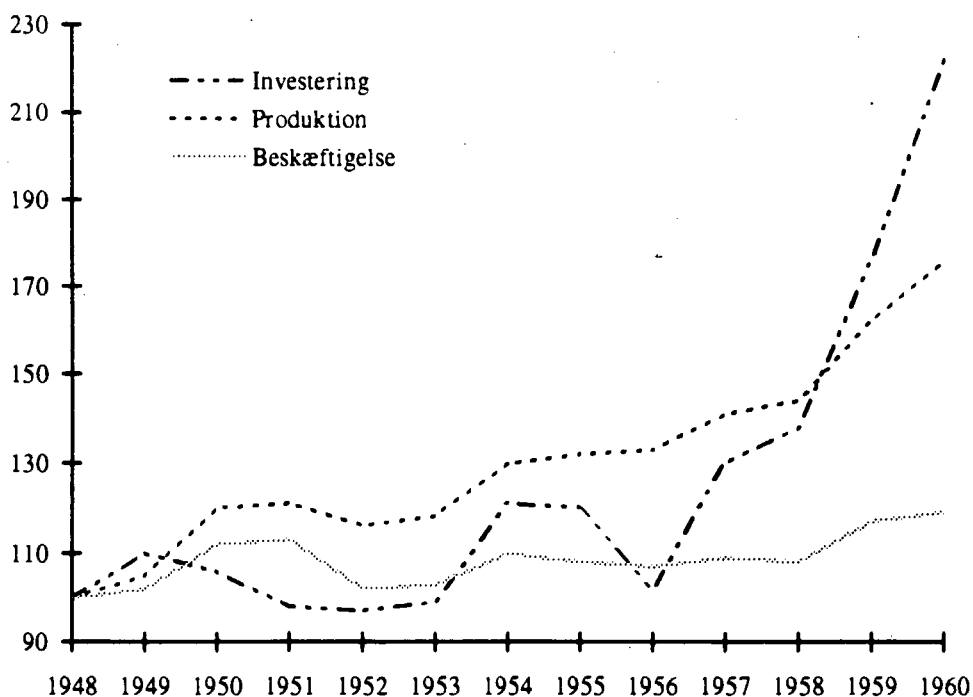
# Kapitel

# 12

## Bestemmelser for gymnasieundervisningen

Også i Danmark oplevede man i slutningen af 1950'erne en mangel på teknisk og naturvidenskabelig arbejdskraft. Som tilfældet var i USA, så man en økonomisk fare i sådan en mangel. En forudsætning for en stærk økonomi var en produktiv industri, og en sådan var afhængig af bl.a. et tilstrækkeligt stort udbud af teknikere og naturvidenskabsmænd.

I dette kapitel vil vi foruden at se på lovgivningen på fysikområdet også se på det forudgående arbejde i forskellige udvalg. Deres arbejde fik direkte eller indirekte indflydelse på gymnasiets og fysikundervisnings udseende efter den reform, som blev ført ud i livet i 1963. Som vi så i kapitel 10, blev der allerede i 1930'erne af bl.a. Mogens Pihl rettet kritik mod gymnasiets fysikundervisning, en kritik som i sit indhold minder meget om de tanker, der blev fremført i USA i forbindelse med den videnskabscentrerede læseplanstænkning. Hvad var grunden til, at disse tanker ikke blev ført ud i livet allerede dengang? Et sandsynligt svar er, at der hverken i 1930'erne eller i 1940'erne var et samfundsmæssigt grundlag for at ændre fysikundervisningen. I 1950'erne var der derimod grøde i samfundet, hvor der bl.a. blev stillet nye krav til skolen, og man anede nye tider inden for det industrielle område. Her krævedes andre kvalifikationer af arbejdsstyrken, og dermed andre krav dens til uddannelse end tidligere. For at være forberedt på de nye tider og imødekomme de nye krav blev der nedsat en række udvalg,



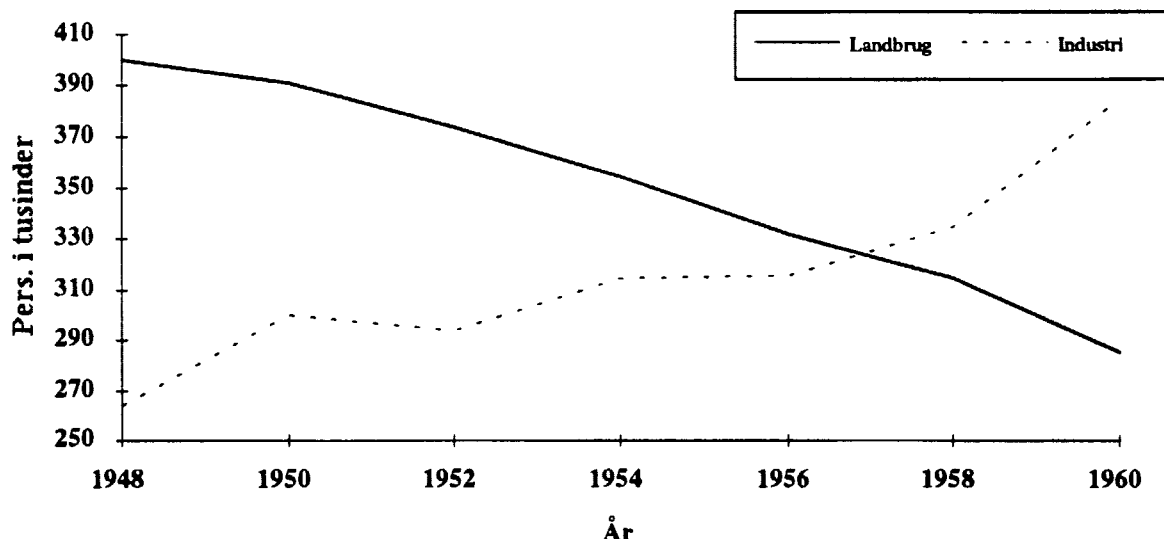
Figur 12.1. Industriens investering (i faste priser), produktion og beskæftigelse (indeks = 100 i 1948). Efter Hansen 1983, s. 145.

## Kapitel 12

som skulle undersøge eventuelle problemer og komme med forslag til ændringer af uddannelsessystemet. Inden vi ser på disse forhold, vil vi kort vende tilbage til spørgsmålet om tekniker-manglen. Hvad var årsagen til denne mangel?

### 12.1 Behov for danske teknikere?

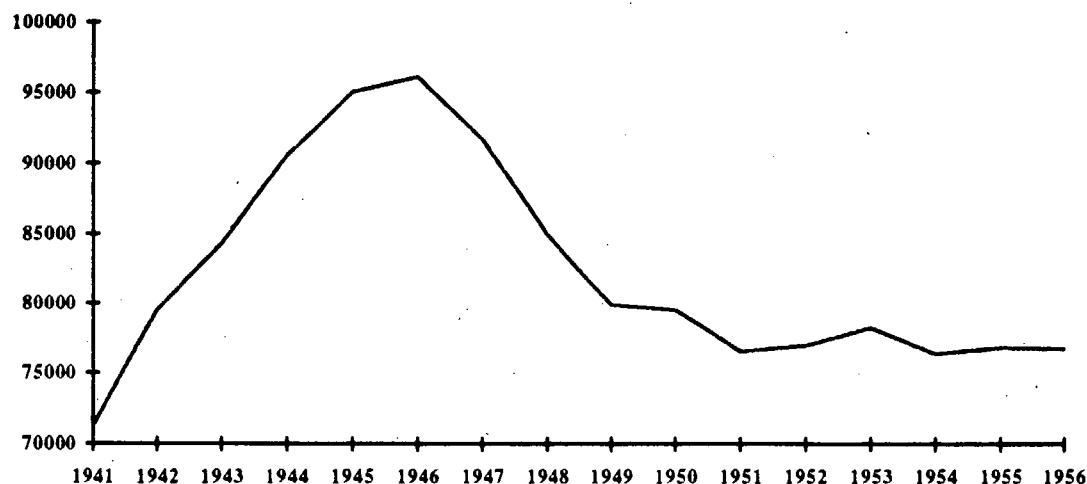
Der skete store investeringer i industrisektoren fra sidste halvdel af 1950'erne, hvilket fremgår af figur 12.1. Disse investeringer skyldtes både økonomisk-politiske forhold og den teknologiske udvikling. Industrien beskæftigede fra midten af 1950'erne for første gang flere end landbruget (jf. figur 12.2.). Det er bl.a. i lyset af denne omlægning fra et overvejende landbrugssamfund til et industrisamfund, at vi skal se den opprioritering af uddannelsessektoren, som skete i begyndelsen af 60'erne. En grund til at satse på industriudvikling var, ifølge Svend Aage Hansen (1983 s. 142ff), et øget behov for valutaindtægter til finansiering af bl.a. produktionsudvidelser i byerhvervene. Denne eksportforøgelse kunne ikke ske inden for landbruget, da det efterhånden ikke længere var muligt at udvide afsætningen af landbrugsvarer til udlandet. Skiftet fra at være et landbrugsland til at være et industrisamfund var dog ikke ligetil. Industrien i Danmark var i 1950'erne domineret af små virksomheder med få ansatte, og disse var i overvejende grad ineffektive, eftersom de siden 1930'erne havde eksisteret i ly af importreguleringer. Hvis Danmark skulle gennemføre denne satsning på industriproduktion, som blev betragtet for at være nødvendig for at sikre landets fremtid, var der behov dels for kvalificeret arbejdskraft bag maskinerne, dels for kvalificerede teknikere, ingeniører m.v.



Figur 12.2. De industribeskæftigede omfatter antallet af arbejdere og funktionærer, og de landbrugsbeskæftigede omfatter helårsarbejdere. Efter Hansen 1983, s. 143.

Der var i 1950'erne begyndelsen af 1960'erne flere grunde til at der skete en opprioritering af de tekniske uddannelser og af forskningsuddannelserne inden for det naturvidenskabelige område. Årsagen til dette var bl.a. at mekaniseringen inden for landbruget havde mindsket behovet for arbejdskraft. Det var nu især inden for industrien, at der skulle findes beskæftigelse

til denne gruppe. Dertil kom, at der samtidig skete en stor befolkningstilvækst, som yderligere forstærkede behovet for nye beskæftigelsesområder. Fødselstallet var i løbet af 1940'erne steget dramatisk (se figur 12.3). Disse store ungdomsårgange gjorde det nødvendigt med en uddannelses- og arbejdsmarkedsplanlægning for at undgå en stor ungdomsarbejdsløshed, som nogle frygtede ville diskvalificere de unge og fratage dem arbejdslyst og -evne. Man forudså, at de store årgange ville kulminere for gymnasiets vedkommende i 1963. Der måtte ske nogle ændringer i uddannelsessystemet i retning af at etablere nye typer uddannelser og på at opsuge en større del af en årgang. De senere omtalte kommissioner var et led i en sådan planlægning.



Figur 12.3. Antallet af levendefødte børn i perioden 1941-56. Kilde: Danmarks statistik.

Det var fra forskellige sider stillet krav om en demokratisering af uddannelsessystemet ved at give alle de samme muligheder for uddannelse (bl.a. udtrykt i Ungdomskommissionens betænkning<sup>1</sup>). Hidtil var det fortrinsvis børn af den mest velhavende og bedst uddannede del af befolkningen, som fik en studentereksamen, en realeksamen eller en mellemskoleeksamen. Dette skyldtes dels økonomiske årsager, dels geografiske eller sociale forhold. Indtil 1954 var gymnasieundervisningen ikke gratis og først i 1958 indførtes forløberer til Statens Uddannelsesstøtte, kaldet Ungdommens Uddannelsesfond (Hansen & Henriksen 1980, s. 228).

### 12.2. Dansk betænkningstid.

Fra den daværende regeringens side fremlagde man midten af 1950'erne en tredelt plan, der skulle afhjælpe den forudsagte mangel på teknisk og naturvidenskabelig arbejdskraft. Den ene del af planen var på kort sigt at afhjælpe manglen og tilføre flere teknikere til industrien. Til at se på dette nedsatte Finansministeriet et udvalg, der bestod af repræsentanter for Finansministeriet, Undervisningsministeriet, Handelsministeriet, Danmarks tekniske Højskole (DtH) og de tekniske skoler. Den anden del af planen var nedsættelse af et udvalg, der skulle se på de

<sup>1</sup> Ungdomskommissionen blev nedsat af befrielsesregeringen den 17. oktober 1945 og afgav endelig betænkning i 1952.

## Kapitel 12

---

matematisk-naturvidenskabelige uddannelser på forskellige niveauer, (Engelund-udvalget<sup>2</sup>). Dette udvalg bestod af repræsentanter for uddannelsessystemet. Tredie del af planen var nedsættelse af Teknikerkommissionen, der skulle se på de mere generelle problemer i forbindelse med uddannelse inden for området. Dette udvalg bestod af repræsentanter for de tekniske uddannelser, ingeniører, folk fra arbejdsmarkedet og andre. Mogens Pihl, hvis kritiske debatindlæg, vi beskæftigede os med i kapitel 10, deltog i de to sidstnævnte udvalg. I dette afsnit vil vi se på det, der umiddelbart kom ud af de to sidste dele af planen, nemlig Engelund-udvalgets betænkning samt Teknikerkommissionens betænkning.

Også inden for gymnasieundervisningen skulle der tænkes. Således nedsatte man et læseplansudvalg, der skulle komme med forslag til nye læseplaner for alle gymnasiets fag. Der blev nedsat en række underudvalg, der skulle se de enkelte fag. Forslagene blev samlet og udgivet i den såkaldte røde betænkning (der kom en tilsvarende for folkeskolen; den blå betænkning).

### Engelund-udvalgets betænkning.

Udvalget, hvis formand var Anker Engelund, blev nedsat af Undervisningsministeriet den 12. juli 1956. Det fik ret vide rammer for, hvordan det ville gribe sit arbejde. Dog skulle det beskæftige sig med tre centrale spørgsmål:

- tilgodeser skolen i tilstrækkelig grad behovet for at gøre flere egnede unge interesserede i de naturvidenskabelige og tekniske fag?
- tilfredsstiller de højere uddannelser de berettigede krav, der stilles?
- har forskningen tilstrækkelig tilgang af kvalificeret arbejdskraft, og hvordan sikres dette?

Det var således undervisningen i de matematisk-naturvidenskabelige fag på alle alderstrin, der skulle belyses og endevendes af dette udvalg. Udvalgets betænkning *Den matematisk-naturvidenskabelige uddannelses karakter og omfang* kom i 1959. Hvad, der har særlig interesse for os, er udvalgets behandling af gymnasieskolen i forhold til den nævnte problematik. Gymnasieundervisningen blev behandlet sammen med det matematisk-fysiske studium ved universiteterne, da der er en stor sammenhæng mellem de to områder. Udvalget behandlede ikke selve indholdet af undervisningen, men nøjedes med at henvise til andre organer, bl.a. læseplansudvalget for gymnasiet.

Udvalget konkluderede, at der var en mangel på kandidater i de naturvidenskabelige fag, hvilket der var 4 symptomer på:

1. Der var svært at besætte ledige forsker- og undervisningsstillinger, og der fandtes mange ubesatte stillinger.
2. Gymnasielærerne havde mange overtimer.
3. Mange, der underviste i fysik og kemi havde ikke disse fag som hovedfag.
4. Meget få kandidater med høje eksamener søgte undervisningsjob.

---

<sup>2</sup> Vi har kaldt det Engelundsudvalget efter formanden.



Disse faktorer kunne ikke undgå at medføre en svækkelse af standarden af gymnasiets undervisning i de pågældende fag, og det var en udbredt opfattelse, at en sådan svækkelse allerede havde fundet sted (*Den matematisk-naturvidenskabelige uddannelses karakter og omfang* 1959 s. 16ff). Man forudså, at tilgangen til den matematisk-naturvidenskabelige linje i fremtiden ville være "stærkt stigende", hvorfor man i fremtiden ville få brug for mange kvalificerede undervisere. Et stigende elevtal på denne linje var vigtig, fordi den var rekrutteringsgrundlag for de tekniske og naturvidenskabelige uddannelser. For at imødekomme det stigende studentertal foreslog udvalget at udbygge gymnasieskolernes kapacitet i takt med den øgede tilgang, hvilket bl.a. skulle ske ved en større indsats mht. skolebyggeri.

### **Teknikerkommissionens betænkning.**

Med en udsigt til mangel på teknisk og naturvidenskabelig arbejdskraft, som følge af væksten i industrien og i væksten på undervisningsområdet, nedsatte Statsministeriet i 1956 den såkaldte Teknikerkommission. I udtalelsen fra Statsministeriet lød det således:

Gennem de sidste par år har opmærksomheden i stigende grad været rettet mod de problemer, den tekniske udvikling og den stærke vækst i industrien rejser med hensyn til uddannelsen af teknikere. Man har peget på mangel på naturvidenskabeligt og teknisk uddannet arbejdskraft og på behov for nye uddannelsesformer, ligesom det er fremhævet, at den stærke tilgang af unge i de kommende år nødvendiggør en betydelig forøgelse af den tekniske uddannelse.

(*Teknisk og naturvidenskabelig arbejdskraft* 1959, s. 87)

Her i landet var det, som nævnt, stort set de samme problemer, man tumlede med som i USA, hvis vi ser bort fra det militære kapløb med USSR. Industrien havde behov for naturvidenskabelig uddannet arbejdskraft, og dette krævede flere kvalificerede naturvidenskabelige undervisere bl.a. i gymnasier og på tekniske skoler. Kommissionen fik til opgave

at opridse de tendenser, den fremtidige tekniske udvikling indebærer med hensyn til behovet for ingeniører og andre teknikere af forskellige faggrupper og kvalifikationsgrader, og

at skitsere rammerne for den fremtidige tekniske uddannelse med henblik på at sikre en udvidelse og effektivisering af hele denne uddannelse.

(*Teknisk og naturvidenskabelig arbejdskraft* 1959, s. 7)

Det kommer ikke klart frem i betænkningen, hvor stor den faktiske mangel på teknikere, ingeniører og undervisere var. På undervisningsområdet kom manglen til syne ved en del overarbejde hos de naturvidenskabelige undervisere, sådan som det også fremgik af Engelund-udvalgets betænkning. Hos ingeniørerne var det sværere at sige noget med sikkerhed. Ingeniørforeningen samt Teknikerkommissionen lavede nogle undersøgelser, men de kunne ikke med sikkerhed fastslå, at der var en større mangel end på nogle få procent af den samlede ingeniørantal. Den mangel, som man talte om, byggede således på mere eller mindre luftige indicier om, at nogle større ingeniørvirksomheder måtte afslå større udenlandske ordre p.gr.a. mangel på kvalificerede teknikere (*Teknisk og naturvidenskabelig arbejdskraft* 1959, s. 16). Sådan en teknikermangel ville forsinke en udvikling af produktionen, hvilket i sidste ende ville påvirke konkurrenceevnen på de internationale markeder.

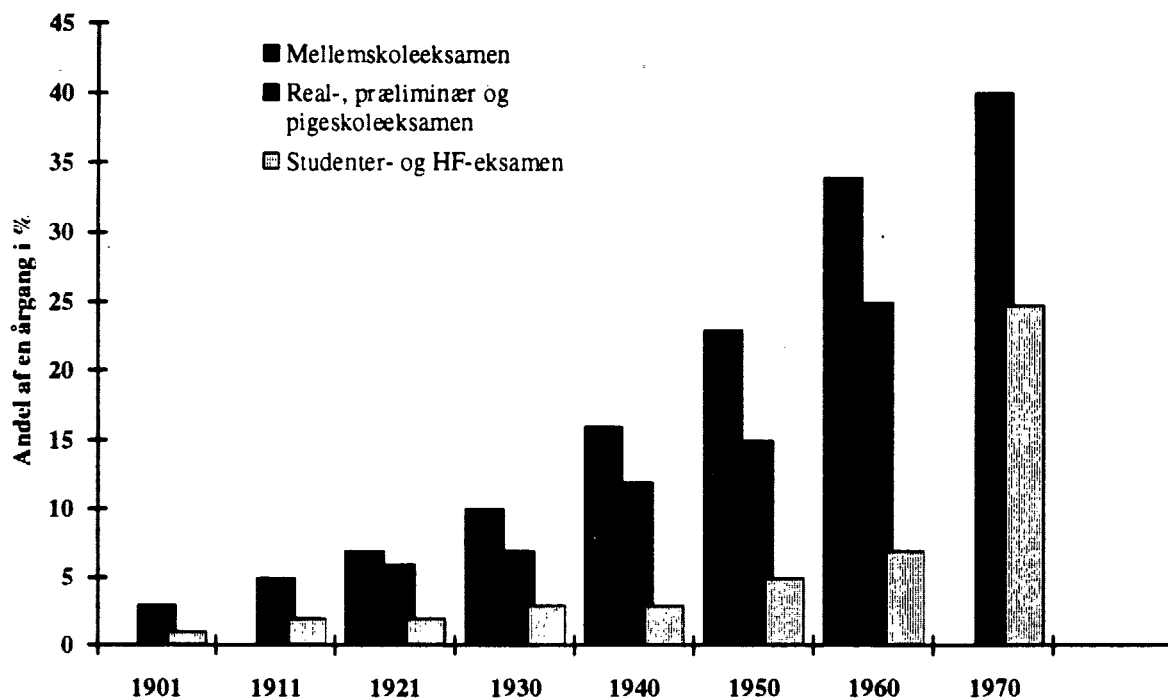
I den afgivne betænkning, findes et kapitel med titlen "Skolen og de tekniske og naturvidenskabelige uddannelser", et kapitel, der i vores sammenhæng er interessant. Hvis tilstrækkelig mange skal vælge at indskrive sig på de tekniske og naturvidenskabelige fag, kræver det

## Kapitel 12

fra folkeskolen side en ordentlig undervisning i matematik, fysik og kemi, og dette kræver, at undervisningen tages op til revision. Om undervisning i naturlære i folkeskolen hedder det, at der

...bør lægges vægt på at vække elevernes interesse for sammenhængen mellem de tekniske og naturvidenskabelige områder, og ved større udnyttelse af elevernes umiddelbare og selvstændige eksperimenterelyst vil interessen for faget yderligere kunne stimuleres.

(*Teknisk og naturvidenskabelig arbejdskraft 1959, s. 24*)



Figur 12.4. Udvikling i antallet af afsluttende eksamener fra 1901 til 1970. Kilde: Piger & Fysik.

Det var kommissionens opfattelse, at enhver hindring for en længerevarende skolegang i sidste ende ville betyde færre i de tekniske og naturvidenskabelige fag. Derfor var en forudsætning for at udbygge rekrutteringsgrundlaget, at der skabtes mulighed for, at alle kunne fortsætte efter de obligatoriske 7 års folkeskole, eller som det hedder:

...en tilgang af teknisk og naturvidenskabelig uddannet arbejdskraft kræver en udvidelse af rekrutteringsbasen gennem en mobilisering af de uddannelsesreserver, der hidtil har været afskåret fra disse uddannelser, hvad enten det skyldes en traditionel indstilling (pigerne) eller manglende skolemæssige forkundskaber som følge af utilstrækkelige undervisningsmuligheder, hvad der især gælder de unge fra landet.

(*Teknisk og naturvidenskabelig arbejdskraft 1959, s. 23*)

På trods af en stigning i optaget af elever på gymnasierne på omkring 40% fra 1951 til 1959 mente kommissionen, at stadig var for få af en årgang, der startede i gymnasiet<sup>3</sup>. Og ser man på det skøn, som statistikerne kom med for stigningen i antallet af studenter, mente kommissionen stadig, at for få ville tage studentereksamen i de kommende år, idet "der er så stort behov for ingeniører, matematikere, fysikere og kemikere, at der bør tilstræbes en endnu stærkere vækst i studenteroptaget" (*Teknisk og naturvidenskabelig arbejdskraft* 1959, s. 26). "Begavelsesreserven", der kunne tages af, mente man var tilstrækkelig stor, hvilket man konkluderede med henvisning til en svensk undersøgelse, der viste, at ca. 1/4 af en årgang ville kunne gennemføre gymnasiet, mens kun ca. 8% faktisk gjorde det. Disse tal anså man også som værende dækkende for Danmark.

Kommissionen beskæftigede sig ikke meget med indholdet af undervisningen i de naturvidenskabelige fag i gymnasiet, hvilket jo heller ikke var dens opgave. Den nøjedes med at konstatere,

at de krav, som den højere tekniske og naturvidenskabelige uddannelse stiller, gør det nødvendigt, at gymnasiernes undervisningsmæssige standard ikke forringes, men tværtimod på visse områder forbedres.

(*Teknisk og naturvidenskabelig arbejdskraft* 1959 s. 27)

Som meget om undervisningen. Yderligere kommentarer havde man altså ikke til selve undervisningen. Problemet var tilsyneladende, at eleverne aldrig kom i gymnasiet p.gr.a. undervisningen i folkeskolen. Om selve undervisningen må vi vende os mod andre kilder, gymnasieskolens læseplansudvalg f.eks. Man frarådede endvidere en alt for specialiseret lineiopdeling af gymnasiet, da alle havde brug for et godt kendskab til f.eks. matematik og sprog.

En af konklusionerne på både Engelund-udvalgets og Teknikerkommissionens arbejde var, at det var ønskeligt med mange flere studerende på gymnasiets matematisk-naturvidenskabelige linie.

Man kan til sidst stille sig spørgsmålet, om den satsning på bl.a. gymnasiet, som der var blevet lagt op til, direkte eller indirekte skyldtes behovet for en kvalificering af arbejdskraften og opprioritering af forskningen, eller om det mere var af demokratiske årsager. Ser vi på de ovennævnte betænkninger, er der meget, der taler for, at det først og fremmest var den førstnævnte faktor, som var dominerende i 1950'erne og begyndelsen af 1960'erne. Vi ser, at det især var argumenter som at mobilisere den menneskelige kapital og intelligensreserven, som blev brugt. Spørgsmålet om lige muligheder for uddannelse ud fra et demokratisk synsvinkel blev således ikke nævnt.

### Læseplansudvalgets betænkning.

Som gennemgået i det forrige afsnit lagde både Engelund-udvalget og Teknikerkommissionen udvalgt op at flere blev optaget på gymnasiets matematisk-naturvidenskabelige linie. Udvalgene kom ikke ind på indholdet i de naturvidenskabelige fag. Til at beskæftige sig med dette område nedsatte Undervisningsministeriet i 1959 et læseplansudvalg, som afgav deres betænkning i

<sup>3</sup> Ialt var studentertilgangen 3.849 (incl. kursusstudenter), heraf 2.149 på den matematisk-naturvidenskabelige linje i 1959. Det svarer til at ca. 5,1% af en årgang i 1959. De tilsvarende tal for Norge og Sverige var 12,4 og 8,5 samme år.

## Kapitel 12

---

1960: *Det nye gymnasium* - også kaldet den røde betænkning. I denne lægges der op til en gennemgribende revision af læseplanerne:

fordi hele samfundsstrukturen og vort syn på hjemlige og udenlandske problemer på mange måder er stærkt ændret - to verdenskrige og den enorme tekniske udvikling har afgørende forandret vore livsvilkår og gjort op med enhver form for national selvtilstrækkelighed.

(*Det nye gymnasium* 1960, s. 15)

Der blev også her lagt op til, at rekrutteringsgrundlaget for gymnasiet blev udvidet, således der blev uddannet nok til de nye krav, som det industrielle-teknologiske samfund stillede.

Dels må alle unge, der er i besiddelse af de fornødne evner, uanset deres sociale herkomst have den samme mulighed for at gennemføre en højere uddannelse, dels er det en betingelse for videnskabens fortsatte udvikling, at alle får den uddannelse, deres evner berettiger dem til; eksempelvis vil automatiseringen jo kræve en helt ny type medarbejdere med en ny og højere, teknisk, uddannelse.

(*Det nye gymnasium* 1960, s.16)

Dette udvalg var altså på linie med de øvrige to udvalg. Der blev lagt vægt på, at gymnasiet ikke slækkede på den almindelige side, idet en befolkning bestående af specialister uden en almen dannelse ville have svært ved at forstå og samarbejde med andre befolkningsgrupper. Dette kunne risikere, mente udvalget, i sidste ende at have en betydning for demokratiet. For at give eleverne en forståelse af samtidens problemer skulle der bl.a lægges vægt på de samfundsorienterende fag.

Hvis de unge skal have mulighed for at forstå vor tids dynamiske og komplicerede samfund, må gymnasieskolen samtidig med at bevare arven fra fortiden give samfundsvidenskaberne og naturvidenskaberne større plads i undervisningen.

(*Det nye gymnasium* 1960, s. 17)

I læseplansudvalget for fysik, som bestod af 6 personer, sad interessant nok Mogens Pihl. Man kan derfor forvente, at hans synspunkter ville være at finde i læseplansforslaget for fysik. Og man bliver ikke skuffet:

Det har været udvalgets opfattelse, at eleverne på begge grene først og fremmest skal beskæftige sig med grundlæggende fysiske emner, og at de tekniske anvendelser må træde i baggrunden. Disse må eksemplificeres bl.a. gennem ekskursioner til passende industrier og andre virksomheder med gennemgang af disse.

(*Det nye gymnasium* 1960, s. 45.)

Med hensyn til forslaget om at luge de tekniske anvendelser ud af fysikfaget bliver vi mindet om diskussionerne i USA i forbindelse med PSSC nogle år tidligere (se kapitel 11). Endnu tydeligere kom Pihls synspunkter (i form af videnskabscentrede idéer) til udtryk i det følgende, som omhandlede den matematisk-fysiske gren:

## Bestemmelser for gymnasieundervisningen

Undervisningen bør være lagt eksperimentelt til rette, således at eleverne både gennem demonstrationsforsøg og egne øvelser vænnes til en omhyggelig kritisk vurdering af de slutninger, der kan drages af de anstillede forsøg. Ved stoffets behandling bør de indførte begreber præciseres med omhu og klarhed, og det er af afgørende betydning, at sammenhængen i fremstillingen understreges gennem anvendelsen af ledende principper [som energisætningen og den kinetiske] molekylteori samt gennem sammenfattende synspunkter, f.eks. inden for feltteorien og svingnings- og bølgeteorien.

[...]

Det matematiske apparat, som eleverne bliver fortrolige med i gymnasiet, bør i så høj grad som muligt udnyttes i fysikundervisningen (funktionbegrebet, vektorer, svingningsfunktioner, infinite-simalregning o.a.). Anskuelighed og forståelse af de kvalitative forhold gennem fysiske ræsonnementer bør dog være det vigtigste element ikke mindst i den indledende undervisning.

(*Det nye gymnasium 1960*, s. 85)

Den moderne fysik skulle have en mere central plads, hvilket skulle ske bl.a. på bekostning af områder som tekniske anvendelser.

Ledetråden ved ændringerne af læseplanerne har været at modernisere stoffet ved at inddrage træk af den nyere fysik samt at give mulighed for en fordybelse i enkelte områder. [...]

Blandt de nye emner kan nævnes samtidighedens relativitet, determinismen i den klassiske fysik, indeterminismen i atomfysikken, varmeteorien første hovedsætning, eksempler på irreversibilitet, atomenergi, eksempler på elektronik. Kvantemekanik er derimod ikke medtaget, da det måtte kræve en meget omfattende behandling for at give et rimeligt udbytte.

(*Det nye gymnasium 1960*, s. 45)

Den fordybelse, der var tale om, skulle opnås gennem opgaveregning, som skulle være eksamensstof, samt gennem et obligatorisk speciale.

Interessant nok tages der afstand til den centralistiske curriculum-tænkning, som var fremherskende i især USA. Godt nok lægges der op til en revision af fysikundervisningen - en revision som bærer præg af tilsvarende revisioner i USA og England - men det lægges ud til den enkelte lærer at tilrettelægge undervisningen og selv vælge, hvilken rækkefølge stoffet skulle gennemgås i. Tilsyneladende havde udvalget større tiltro til gymnasielærernes formåen end man havde i udlandet (det skyldes måske, at der sad gymnasielærere i udvalget):

Rækkefølgen af de under I opskrevne emner er uden betydning for ordningen af stoffet i undervisningen. Læreren må selv tage stilling til, hvilken rækkefølge han anser for mest formålstjenlig ud fra pædagogiske og systematiske hensyn, herunder hensyn til samarbejdet med matematik- og kemiundervisningen.

(*Det nye gymnasium 1960*, s. 86)

For at give plads til ændringerne skete der en reduktion af elevøvelserne:

Udvalget har fundet det nødvendigt og forsvarligt at indskrænke tiden til elevøvelser til 50-60 timer, uden at det skulle betyde en svækkelse af den afgørende betydning, der fortsat må tillægges det eksperimentelle arbejde (elevøvelser og lærerdemonstrationer).

(*Det nye gymnasium 1960*, s. 45)

Det vil sige, at tiden til elevøvelser blev skåret ned fra de to timer om ugen i et år, som det havde været siden 1907.

## Kapitel 12

### Perspektivering.

Man var således i Danmark i allerhøjeste grad opmærksom på, at man ville opleve en stor mangel på folk med en naturvidenskabelig og teknisk uddannelse, og man nedsatte, som vi så, forskellige udvalg og kommissioner, der skulle se på problemerne. Ligeledes nedsatte man et læseplansudvalg for gymnasiet. Der var ikke tale om, som i USA og England (samt andre europæiske lande), at udvikle store læseplansprogrammer med udvikling af lærebøger, lærervejledninger, films o.s.v. Den røde Betænkning dannede godt nok grundlag for en ny gymnasielov, men de nævnte undervisningsmidler fulgte ikke med. Grunden til dette skal vi nok finde i den danske tradition for udvikling af lærebøger og for undervisning. Lærebøger har aldrig skullet godkendes før brug; det står den enkelte lærer frit at benytte, hvad han eller hun finder for gode varer. Det, læreren skal stå til ansvar for, er, at eleverne kommer igennem det krævede pensum. Derfor har det også stået enhver frit for at skrive og udgive lærebøger; det er således overladt til den enkelte forfatter samt de forlag, der udgiver bøgerne at afgøre, hvad der er en god lærebog. Der har altså aldrig været tradition for "centrale" og godkendte udgivelser, intet lærebogssystem har fået ministeriets blå stempel.

Et andet forhold, der i et vist omfang gør sig gældende, er, at danske gymnasielærere er universitetsuddannede fagspecialister med virke inden for et, to måske tre fag. Det er mindre en pædagogisk uddannelse end en faguddannelse, og under sådanne forhold kan man nemt tænke sig en uvilje fra lærerside mod færdigpakkede undervisningsprogrammer. Lærerne kender selv faget temmelig godt og har ikke brug for nogen andre specialister til at fortælle dem, hvad der er god fysik.

### 12.3 Ændring af strukturen i gymnasiet i 1969

I 1961 ændredes gymnasiestrukturen, således der blev indført såkaldte grene inden for den sproglige og den matematiske linje. Hvor der før var tre linjer, blev der nu kun to, som så til gengæld blev opdelt i tre grene. I 1. gymnasieklasse var undervisningen fælles inden for hver linje, og derefter skete en specialisering ved at eleverne skulle fortsætte på én af grenene. På den sproglige linje bestod fornyelsen i den samfundssproglige gren, idet den nysproglige og den klassisk-sproglige gren i grove træk var en fortsættelse af de tilsvarende gamle linjer. Inden for

	I	II	III	Ialt
Kemi	2	2	2	6
Fysik	3	5	4	12
Matematik	5	6	6	17
Samfundsfag	0	0	1	1
Geografi	2	2	0	4
Biologi	0	0	4	4

Tabel 12.1. Timefordeling for matematisk-fysisk gren fra 1963.

	I	II	III	Ialt
Kemi	2	1	1	4
Fysik	3	3	2	8
Matematik	5	4	3	12
Samfundsfag	0	5	5	10
Geografi	2	2	2	6
Biologi	0	0	4	4

Tabel 12.2. Timefordeling for samfundsfaglige gren fra 1963.

## Bestemmelser for gymnasieundervisningen

	I	II	III	Ialt
Kemi	2	2	2	6
Fysik	3	5	4	12
Matematik	5	4	3	12
Samfundsfag	0	0	1	1
Geografi	2	2	2	6
Biologi <sup>*)</sup>	0	4	7	11

<sup>\*)</sup> samt biokemi.

Tabel 12.3. Timefordeling for naturfaglige gren fra 1963.

	I	II	III	Ialt
Naturlære <sup>*)</sup>	6	6	6	18
Matematik	6	6	6	18
Geo/nat.hist.	3	3	2	8

Tabel 12.4. Timefordeling for nat.mat. efter 1907.

de matematisk-naturvidenskabelige retning var nyskabelserne den naturfaglige gren og den samfundsfaglige gren, som henholdsvis lagde vægt på biologiske fag (biologi og biokemi) og på samfundsfag på bekostning af matematik og fysik. Den matematisk-fysisk gren fortsatte stort set med samme antal timer inden for fagene fysik, kemi og matematik som tidligere. Dog blev kemi ved denne lejlighed et selvstændigt fag. Vi ser altså, at der med strukturændringen blev lagt vægt på nogle fag, som der blev brug for i denne periode som følge af dels den samfundsmæssige udvikling og den mere og mere komplicerede verden (samfundsfag), dels som følge af naturvidenskabernes øgede betydning i samfundet (biologi og biokemi).

Fagene biologi og samfundsfag, som jo blev centrale fag på den naturvidenskabelige linje, var til dels nye fag i gymnasieundervisningen. Samfundsfag var et helt nyt fag, mens biologi var en fortsættelse af faget naturhistorie.

### 12.4 Bekendtgørelse 6/9 1961:

Bekendtgørelsen (som findes i kopi i appendiks I) for undervisningen i det nye omstrukturerede gymnasium var for faget fysik på mange måder præget af den forudgående kritik af fysikundervisningen, der bl.a. blev fremført af Mogens Pihl. Den var langt hen af vejen identisk med det forslag, der kom med den røde betænkning. I forhold til det tidligere formål, kom det nye ikke ind på den almindennende side af faget. Ligeledes skete der en svækkelse af teknologi/teknik-siden. Som noget nyt indførtes opgaveregning som eksamensdisciplin (at opøve i opstilling, løsning og numerisk behandling af simple fysiske problemer). Formålet for fysikundervisningen lød således:

## Kapitel 12

---

### \$18. Fysik.

#### *Den matematiske linje.*

Det er formålet med undervisningen

at bibringe eleverne en sikker forståelse af den klassiske fysiks grundlag og af visse betydningsfulde afsnit af den moderne fysik samt at give eleverne en orientering i fysikkens øvrige vigtige områder.

at opøve i udførelsen og vurderingen af simple fysiske iagttagelser og målinger

at opøve i opstilling, løsning og numerisk behandling af simple fysiske problemer, gennem enkelte eksempler at vække interessen for fysikkens tekniske anvendelse.

Undervisningen skal i I gymnasieklasse og på den matematisk-fysiske gren omfatte følgende emneområder:

1. Mekanik.
2. Varmelære.
3. Bølgelære og optik.
4. Elektricitetslære.
5. Atomfysik.
6. Astronomi.
7. Valgfrit emne.

Indholdet i disse emneområder blev beskrevet i Vejledende bestemmelser vedrørende undervisning i gymnasiet. Her vil vi kun citere mekanikpensumet:

*Mekanik:* Hastighed og acceleration for plan bevægelse af en partikel. Inertialsystemer. Newtons love. En partikels bevægelse i homogene kraftfelter. Cirkelbevægelse med konstant fart. Keplers love. Harmoniske svingninger. Impulssætningen. Arbejde og energi. Det fysiske pendul. Samtidighedens relativitet. Determinismen i den klassiske fysik.

(Vejledende bestemmelser)

Som det blev foreslået i den røde betænkning reduceredes timetallet til de praktiske øvelser til 50-60 timer i de tre år (dette skal sammenlignes med de ca. 80 timer, der havde været til rådighed tidligere). Til gengæld blev der indført eksamen i skriftlige opgaver, hvilket skulle tilgodeses i den daglige undervisning.

Hvad angår behandlingen af stoffet blev det understreget, at der skulle skabes sammenhæng i fremstillingen ved at tage udgangspunkt i de overordnede begreber. Ligeledes blev der lagt vægt på, at der skulle skabes en større sammenhæng mellem fysik og matematik, idet de redskaber, eleverne lærte i matematikundervisningen, skulle bruges i fysikundervisningen. Dette kunne bl.a. gøres ved at give enkelte øvelser et overvejende matematisk præg.

Elevernes interesse for de tekniske anvendelser skal vækkes, men der lægges ikke op til, at de skal være særlig dominerende i den daglige undervisning. I de vejledende bestemmelser fremgår det tillige, at denne interesse kan vækkes ved at "udnytte forhåndenværende muligheder for ved enkle besøg på industrivirksomheder eller lignende..."

Det blev anbefaldet, at elevøvelserne i 1.g skulle gennemføres som ligefrontsøvelser (dvs. alle elever skulle lave samme øvelse samtidig; det er tidligere betegnet som fællesøvelser). På alle tre klassetrin skulle de udføres som et- eller to-timersøvelser.



## 12.5 Opsamling.

En ting, som i overvejende grad prægede de danske uddannelsesdiskussioner i 1950'erne, var frygten for en kommende mangel på teknisk og naturvidenskabelig arbejdskraft i industrien. Derfor nedsatte man flere kommissioner, som skulle undersøge problemet ud fra forskellige synsvinkler og komme med eventuelle løsningsforslag. Der var for gymnasiets vedkommende enighed om, at en langt større del af en årgang skulle i gymnasiet. Det var især mF-grenen, som skulle gøres attraktiv. Disse elever skulle så sidenhen søge ind i de omtalte områder. Der var tale om en øget satsning på uddannelse og forskning inden for de områder, som industrien ville få gavn af, og som landet som sådan også ville få gavn af via en øget økonomisk vækst.

Der var ikke blot tale om, at de store årgange ville betyde et større pres på gymnasiet, som så ville kræve flere lærere, men der blev også lagt op til, at en større andel skulle i gymnasiet, hvilket ville gøre tilgangen til gymnasiet endnu større.

I 1958 vedtog man at ændre gymnasiestrukturen. Man indførte en grenopdeling, der blev ført ud i livet sammen med ændringerne inden for fagene i 1963. Dette var ensbetydende med en større specialisering af det matematiske gymnasium og man kan hævde, at de naturvidenskabelige fag ved denne lejlighed blev styrket. Formål, indhold og arbejdsmetoder for de enkelte fag blev taget op til revision i læseplansudvalget, der i 1960 kom med deres betænkning *Det nye Gymnasium*. I denne forbindelse blev der for fysiks vedkommende foreslået en række ændringer. Forslagene, læseplansudvalget kom med, blev stort set fuldt i de nye bestemmelser, som kom til at gælde. Det blev fra udvalgets side understreget, at der skulle lægges vægt på fagets "ledende begreber" og at det matematiske apparat, eleverne mestrede, blev brugt så meget som muligt. Hvad angår de tekniske anvendelser, som tidligere havde spillet en fremtrædende rolle, blev de nedtonede. Nu blev det blot foreslået, at eleverne interesse skulle vækkes f.eks. gennem virksomhedsbesøg. I den daglige undervisning skulle de ikke optræde, hvis det stod til læseplansudvalget for fysik. Opgaveregning skulle fremover være en eksamensdisciplin og for at få tid til at øve dette i den daglige undervisning så man sig nødsaget til at skære i antallet af timer til de praktiske øvelser. Dette kunne man gøre, mente udvalget, uden at det ville få de store konsekvenser. Hvad formen angik blev der ikke foreslået de store ændringer.

## 12.6 Kilder og litteratur.

*Bekendtgørelse om undervisningen i gymnasiet*, 6/9 1961.

*Vejledende bestemmelser vedrørende undervisning i gymnasiet*, 1961.

*Den matematisk-naturvidenskabelige uddannelses karakter og omfang*. (1959). Betænkning afgivet af det af undervisningsministeriet den 12. juli 1956 nedsatte udvalg. Betænkning nr. 225.

*Det nye gymnasium*. (1960) Betænkning afgivet af det af undervisningsministeriet under 27. februar 1959 nedsatte læseplansudvalg for gymnasiet. Betænkning nr. 269.

Hansen, Svend Aage (1983): *Økonomisk vækst i Danmark, bd. II: 1914-83*, Akademisk forlag, København.

## Kapitel 12

---

Hansen, Svend Aage og Henriksen, Ingrid (1980): *Dansk social historie bd. 7*, Gyldendal, København.

Mathiesen, Anders (1976): *Uddannelse og produktion*, Munksgaard, København.

*Teknisk og naturvidenskabelig arbejdskraft*. (1959). Betænkning afgivet af den af statsministeriet nedsatte Tekniker kommission. Betænkning nr. 229.

# Kapitel

# 13

## Karakteristik af lærebøger og øvelsesvejledninger

I dette kapitel ser vi på, hvordan (eller om) intentionerne bag en ny fysikundervisning (ny tilrettelæggelse af undervisningsstoffet) og den nye bekendtgørelse blev ført ud i livet. Som i del I vil vi gøre det ved at se på udvalgte lærebøger og øvelsesvejledninger. Det, der derudover giver dette kapitel en mening, er, at nogle af de ting, der bliver gennemgået i de tidligere kapitler, her bliver konkretiseret. Vi har udvalgt nogle eksempler på øvelser og lærebogsstof, som vi mener er repræsentative for nogle generelle tendenser. Eksemplerne kan findes i appendiks C og D. Der vil ikke blive lagt særlig vægt på behandlingen af øvelserne i dette kapitel, idet vi mener, at der ikke skete en nævneværdig udvikling på dette tidspunkt mht. øvelsernes form og indhold.

### 13.1 Lærebøger

I forbindelse med reformen, hvor kravene til undervisningen ændredes, udkom der i Danmark et par nye lærebogssystemer, der skulle leve op til den nye bekendtgørelse. Vi har valgt disse lærebogsserier, fordi de netop udkom her. Der er således ikke tale om videreførelse af tidligere lærebogsserier, som så blot er blevet revideret, men om nye som kunne bygge på et nyt grundlag. Man kan så på forhånd forvente, at de nye tanker og tendenser i højere grad træder igennem i disse lærebogsserier. Serien er også valgt, fordi de har været meget brugte i 1960'erne og i 1970'erne.

#### Præsentation

De tre valgte lærebogssystemer er: Pihl & Storms *Fysik* (I, II), Andersen et al's *Fysik for gymnasiet* (II) og Staffansson & Anderssons *Fysik i grundtræk* (1A mekanik). Til de to førstnævnte hører der specielle hæfter med øvelser (og opgaver for *Fysik for gymnasiets* vedkommende).

Lærebogssystemet *Fysik* af Mogens Pihl og Henning Storm udkom første gang i 1963 og består af tre bind samt bindet *Fysiske øvelser*. Udgivelsen falder således sammen med den nye bekendtgørelse træder i kraft. Til bind I skrives der i forordet, at energisætningen er et "grundlæggende princip for hele lærebogssystemet". Det er noget, der blev lagt op til i de vejledende bestemmelser fra 1961, idet der skrives "det er af afgørende betydning, at sammenhængen i fremstillingen understreges gennem anvendelsen af ledende principper som energisætningen...", men svarede det også til de synspunkter, som Pihl forud havde fremført i debatten?

Som han tidligere havde været inde på, skulle matematikken spille en større rolle i fysikundervisningen (hvilket der også blev lagt op til med den nye bekendtgørelse). Dette udtrykte han klart i forordet:

## Kapitel 13

I bestræbelserne på at give fremstillingen en klar og lettilgængelig udformning har vi iøvrigt gjort udstrakt brug af den værdifulde støtte matematikken i så henseende kan yde. Det er vor erfaring, at brugen af matematikkens sprog kan virke afskrækkende, dersom den optræder sporadisk, medens den i systematisk anvendelse giver en sikkerhed i opfattelsen, som afgjort er en pædagogisk fordel. Dette forudsætter selvfølgelig, at de optrædende matematiske begreber og symboler gives et klart fysisk indhold, hvad vi også overalt har bestræbt os på. Det er ligeledes væsentligt, at man gennem undervisningen bevidst opøver en vis frejdighed og optimisme i brugen af det matematiske apparat, således at der ikke ødes tid på rent matematiske problemstillinger, f.eks. om eksistens og entydighed.

(Pihl & Storm 1964, s. vii)

*Fysik for gymnasiet* af Frode Andersen, Hugo Asmussen, Ole Bostrup og K.G. Hansen kom ligeledes i 1963. Også dette system består af tre bøger samt to hæfter med øvelser og opgaver. I forordet hedder det: "Der lægges vægt på det eksperimentelle arbejde og opgaveregning" (Andersen et al., forordet). Systemet er udarbejdet i samarbejde med forfatterne til et lærebogssystem i matematik.

Det sidste system, vi har set på, er et lidt senere system, nemlig *Fysik i grundtræk* af Eva Staffansson, Bengt Andersson og Karl-Erik Johansson. Det er et system, der er udviklet i Sverige, hvor det udkom i 1971. Den danske bearbejdning (foretaget af Otto Fabricius og Ralf Nielsen) kom i året efter, hvor det blev tilpasset den danske læseplan og danske traditioner. Det består af seks bøger, der indeholder nogle elevøvelser (mere om disse i afsnittet om elevøvelser). Her ser vi på bind 1A, som omhandler mekanik (Man skal være opmærksom på, at det er en bog for 1.g). Dette bind indledes med kapitlet "Nogle fysiske grundbegreber", som indeholder afsnit om fysiske størrelser, målemetoder, grundlæggende størrelser og afledte størrelser, grundlæggende enheder, måleteknik og endelig et om skalære og vektorielle størrelser.

### Karakteristik af lærebøger

Som det fremgik af de forrige kapitler, blev der fra mange sider slået til lyd for en undervisning, der skulle være centreret om fysikfagets centrale begreber, og som skulle struktureres med videnskabsfaget som forbillede. Endvidere skulle matematikken have en mere fremtrædende rolle i undervisningen. Dette kom den nye læseplan også til at bære præg af. Kunne sådanne idéer så også aflæses i de lærebøger, som udkom i årene efter reformen?

Der blev lagt vægt på de centrale begreber både i Pihl & Storm og i Andersen et al. I forbindelse med mekanikafsnittene, som vi jo har valgt at se på, lægges der særlig vægt på begreberne energi, kraft, og impuls, og derudover lægges der bl.a. vægt på begreberne impulsmoment, acceleration og hastighed. I Pihl & Storm gøres der mere ud af at vise sammenhænge mellem begreberne og strukturelle begrebsmæssige sammenhænge mellem mekanik og f.eks. elektricitetslære end i de andre to lærebogssystemer. For at vise sammenhænge mellem begreberne og til udledning af disse står matematikken centralt. I afsnittet "Newton's love" forsøges der at give et indblik i sammenhængen af de mest grundlæggende begreber inden for mekanikken. Der tages udgangspunkt i impulsen. Af dette udledes impulsmomentet:

$L = \hat{r} \cdot p$ , udfra dette fås:  $\frac{dL}{dt} = \hat{r} \cdot \frac{dp}{dt}$ . Derefter udledes et udtryk for kraften:  $K = \frac{dp}{dt}$  og

kraftmomentet findes:  $\frac{dL}{dt} = \hat{r} \cdot K$ . Dette skrives også som  $H = \hat{r} \cdot K$ .

I et andet afsnit udledes hastighedsudtrykket og stedfunktionen af kraftudtrykket. Der forsøges benyttet de samme fundamentale begreber i gennemgangen. Disse benyttes på forskellige fænomener som stødet og faldet. Kendetegnende er altså, at begreberne udledes matematisk og de sættes ikke i forbindelse med hverdagsfænomener og begreber, som eleverne har mulighed for at kende til fra hverdagen.

Fremstillingen foregår altså uden relationer til hverdagens fænomener og erfaringer, og forfatterne holder sig helt til en abstrakt begrebsverden, hvor matematikken har en central placering. Hvor der tidligere blev refereret til ting uden for fysiklokalet, som eleverne i et vist omfang havde kendskab til, er fysikkens verden nu helt og holdent afgrænset inden for fysiklokalets vægge. De illustrationer og eksempler, som blev anvendt i bøgerne, hører til denne verden. De fænomener og situationer, der så henvises til, er for det meste idealiserede situationer f.eks. apparaturer, som kun kendes fra skolens fysiksamling: faldmaskinen, bænke med letløbende vogne og trisser, lodder mv. Hvor billederne tidligere i mange tilfælde var detaljerede og naturtro, er de nu forsimplede, skematiske og ingeniørlignede tegninger. Det er tankevækkende, hvor gennemført denne udelukkelse af den ydre verden var. Det er en udelukkelse af selve den verden af hverdagsrelaterede fænomener, som fysikken trods alt handler om, og som de fleste kender. I 60'erne og 70'erne blev alt det, der blev betragtet som overflødig, skåret fra, så der til sidst var de rene og abstrakte begreber tilbage.

Gennemgangen af stoffet er således i høj grad deduktiv hos Pihl & Storm, og også hos Andersen et. al. Hos Staffansson et al. er det imidlertid anderledes, idet præsentationen af stoffet foregår på en induktiv måde (i hvert fald i 1. g). Der tages her som regel udgangspunkt i en opstilling eller en fysisk situation, hvor de udleder lovmæssigheder og kommer ind på begreberne ad denne vej (se appendiks C). Hos Andersen et al. lægges der ikke på samme måde vægt på at vise sammenhængen mellem begreberne. Men også her er de centrale begreber i centrum.

De tekniske anvendelser, som der tidligere blev ofret en del tid på, er nu helt forsvundet i de tre lærebogsserier.

I forordet til Pihl og Storm bd. 1 argumenteres for, at matematikken er et pædagogisk hjælpemiddel i fysikken, som fremmer indlæringen. Som det fremgår af præsentationen skulle matematikken også have en fremtrædende rolle hos Andersen et al., idet de have haft et samarbejde med en række matematikere, således fysikken kunne formuleres matematisk. Det er vores indtryk af dette nogle steder har taget overhånd og matematikken bruges uden det på nogen måde fremmer den fysiske forståelse. I bind to, hvor hastigheden er behandlet, er der følgende eksempel (efter at der er blevet vist, at hastighedsfunktionen kan findes ved at differentiere stedfunktionen):

Eksempel 1: Et punkt beskriver en ret linie med bevægelsesligningen

$$\vec{r} = (at^2 + bt^3)\vec{i}$$

$a$  har dimensionen  $[LT^{-2}]$   
 $b$  har dimensionen  $[LT^{-3}]$

Find punktets position og hastigheden  $\vec{v}$  til tidspunktet  $t = 3$ .

$$\vec{v} = \vec{r}' = (2at + 3bt^2)\vec{i}$$

For  $t = 3$  fås

## Kapitel 13

---

$$\bar{r} = (9a + 27b)\bar{i}$$

$$\bar{v} = (6a + 27b)\bar{i}$$

(Andersen et al. bd. II. s.46)

Her mener vi, at det ville være mere forsvarligt at vælge et eksempel, der var mere relateret til en for eleverne kendt bevægelse, som ville have demonstreret det samme lige så godt. Dette eksempel bærer præg af matematik-fascination.

### Opsamling

Vi ser, at begrebscentrering træder tydeligt frem i de lærebøger, som vi har set på. Desuden har matematikken fået en væsentlig betydning. I Pihl og Storm blev der gjort en indsats for at understrege begrebsstrukturen samt begrebsmæssige fællestræk mellem forskellige af fysikkens discipliner, en sammenhæng som virker meget gennemtænkt. Spørgsmålet er, om eleverne også opfattede og forstod denne sammenhæng.

Gennemgående for de valgte lærebogssystemer er, at fremstillingen af lærestoffet virker abstrakt. Abstraktionsniveauet ligger i disse bøger højst sandsynlig over, hvad elever på det aktuelle niveau kan kapere. De faktorer, som har en betydning for det høje abstraktionsniveau i bøgerne er:

- udledningerne af begreberne foregår i mange tilfælde matematisk, og sammenhængene mellem begreberne bygger på disse matematiske sammenhænge.
- begreberne sættes kun sjældent i forbindelse med fænomener og begreber fra elevernes hverdag, eller i det hele taget begreber og fænomener, som hører til deres erfaringsverden.

## 13.2 Øvelsesvejledninger

Som nævnt tidligere hørte der lærebogssystemerne af hhv. Pihl & Storm og Andersen et al. et særskilt øvelseshæfte, derimod var øvelserne indbygget i Staffansson et al.'s system. Vi har valgt at benytte øvelsesbøger, som hører til de behandlede lærebogssystemer. (dette er lærebøger, som er kommet på banen efter 1963-reformen).

### Præsentation

Øvelseshæftet, der er skrevet af Henning Storm indledes med en afsnit med praktiske oplysninger, hvori eleverne forklares, hvordan en fysikrapport efter forfatterens mening skal se, endvidere gennemgås kort noget om fysiske målinger, grafisk afbildning samt regnemæssig behandling af målte værdier, dvs. et lille "kom igang-kursus". Hæftet indeholder flere øvelser, end man normalt ville kunne nå, således der skulle være nok til alle apparatursamlinger.

Andersen et al. har til deres lærebogssystem to hæfter, der både indeholder øvelser og opgaver. Om øvelserne skriver de, at de "...er forholdsvis enkle og detaljeret beskrevet". De er alle én-times øvelser ifølge forfatterne. Her indledes også med et kapitel med lidt instruktion til eleverne om fysiske målinger, usikkerhed, fejl, afvigelse, kurvetegning samt øvelsesrapporter, dvs. stort set det samme som i indledningskapitlet til Pihl & Storm.

Som vi nævnte hører der ikke til Staffansson et al.'s lærebogssystemet et særskilt øvelseshæfte. Men "Beskrivelsen af nogle forsøg er medtaget som eksempler på elevøvelser, men det er tanken, at lærer og elever selv planlægger et øvelsesprogram" (Staffansson et al. forordet)

### Øvelsesvejledninger

Vores generelle indtryk af øvelserne er, at der ikke er sket grundlæggende ændringer af form og indhold i forhold til forrige periodes øvelser (jfr. kapitel 8). Som følge af den apparaturtekniske udvikling skete der selvfølgelig ændringer på dette område. F.eks. timeren i stedet for (jfr. appendiks/tempografen hos Andersen) faldmaskinen, som den dog ikke erstatter, idet der fortsat er øvelser med faldmaskinen både i Storms og Andersens øvelsesbøger (desuden introduceres luftpudebanen hos Staffansson).

På den indholdsmæssige side lægges der stadigvæk vægt på at finde forskellige materialekonstanter (f.eks. gnidningskoefficienter) og at eftervise lovmæssigheder. Hos Staffansson er det, som vi tidligere har været inde på, anderledes. Her udledes lovene på baggrund af øvelser eventuelt udført af eleverne.

Hvis disse bøger tegner et generelt billede af forholdene i Danmark, fortsættes der på dette område den tradition, som var blevet indledt i begyndelsen af dette århundrede. Staffansson, som jo var af svensk oprindelse, er i højere grad påvirket af traditioner fra England og USA (det skyldes måske, at det er et senere lærebogssystem, og derfor nemmere er blevet påvirket af de nye tanker, eller også var/er der en anden tradition i Sverige).

Mens der på lærebogsstofområdet skete et skift, skete der ingen nævneværdige ændringer på øvelsernes indholdsmæssige side. Det er stort set de samme øvelser, som det altid har været. Eleverne havde kun lidt selvbestemmelsesret mht. tilrettelæggelse og udformning af øvelserne. Øvelsesvejledningerne præsenterer for det meste den relevante teori og de formler, som skal benyttes. Der fortælles, hvorledes dataopsamlingen og databehandlingen skulle foregå. Mht. de øvelser, hvor der skulle findes en natur- eller materialekonstant (jfr. appendiks D), var målet for de fleste elever nok at finde et resultat, som lå så tæt op af tabelværdien som mulig. Der er selvfølgelig ting i disse øvelser, som lægger op til elevens selvstændige vurderinger, men det fremgår ikke klart af øvelsesvejledningerne.

## Kapitel 13

---

### 13.3 Kilder og litteratur

Andersen, Frode, Asmussen, Hugo, Bostrup, Ole og Hansen, K.G., 1963: *Fysik for Gymnasiet*, bind II, Gyldendalske Boghandel, Nordisk Forlag A/S, København.

Andersen, Frode, Asmussen, Hugo, Bostrup, Ole og Hansen, K.G., 1963: *Fysisk øvelser og opgaver*, bind II, Gyldendalske Boghandel, Nordisk Forlag A/S, København.

Pihl, Mogens og Storm, Henning, 1963: *Fysik*, bind I + II, G.E.C. Gads Forlag, København.

Pihl, Mogens og Storm, Henning, 1965: *Fysiske øvelser*, G.E.C. Gads Forlag, København.

Staffansson, Eve, Andersson, Bengt og Johansen, Karl Erik, 1972: *Fysik i grundtræk, 1A mekanik*, Munksgaard, København.



# Kapitel

# 14

## Sammenfatning på del II

Nogle af de tanker om omorganisering af lærestoffet i gymnasiets fysikundervisning, som Mogens Pihl fremførte fra 1940'erne, blev til realiteter med 1963-reformen. Dette har selvfølgelig en årsag i, at han sad i læseplansudvalget for fysik, og dermed kom til at påvirke udformningen af den nye læseplanerne. På den anden side må man ikke glemme, at de tanker, som Pihl gav udtryk for, var en del af en generel tendens i den vestlige verden i 1950'erne og 1960'erne. Den amerikanske læseplanstænkning, der bl.a. blev formuleret af Bruner og Phenix, var også centreret omkring fagenes væsentlige og grundlæggende begreber og strukturer. Her blev imidlertid inquiry og discovery learning nøgleord i læringsituationen. Eleverne skulle arbejde som videnskabsmænd, dvs. man også på det metodemæssige plan lagde vægt på fagets væsentlige principper. Det slog ikke igennem i Danmark - i det mindste ikke, når man ser på gymnasiet. En mulig forklaring på det kan være, at man allerede i begyndelsen af århundredet tilsyneladende gik ind for en induktiv undervisning, hvor eleverne skulle lære fysik gennem det praktiske arbejde. Som vi så i kapitel 10, blev denne undervisningsform fra 1920'erne og frem kritiseret fra mange sider. Man havde således indset, at denne måde at lære stoffet på ikke ubetinget var den ideelle. Men vi skal ikke glemme, at den danske praktiske elevarbejde i gymnasiet stadig skulle have en fremtrædende plads, men ud fra nogle andre argumenter end dem, der blev fremført i udlandet.

En argument for nødvendigheden af at lægge særlig vægt på fagets grundlæggende begreber var, at der inden for de forskellige fagområder var sket en stofeksplosion, som gjorde det nødvendigt at vælge. Dette var især relevant inden for de naturvidenskabelige fag, hvorfor det også var her, at denne stoforganisering fik særlig betydning. Netop på fysikkens område var der netop sket en rivende udvikling, som gennem århundredet var accelereret. Undervisningsfaget fysik kunne ikke længere omfatte alle de nye teorier, og der var ingen garanti for, at de ting, som blev undervist i den ene dag, også var rigtige dagen efter. For at undgå gentagne revisioner af lærebøger og stofudvælgelse blev det foreslået, at der i stedet for blev undervist i de centrale begreber og begrebsstrukturer, som jo ikke lige ændrer sig fra den ene dag til den anden. Disse overvejelser skal ses i sammenhæng med, at man tidligere i højere grad havde ordnet stoffet efter fænomener end efter begreber.

Vi vil ikke bestride, at det var nødvendigt med en revision af læseplanerne i begyndelsen af 1960'erne. Ser man på lærebøger fra før denne tid, vil man bemærke den tilfældige orden, som stoffet tilsyneladende fremtrådte i (jf. del I). Det er vanskeligt at se, hvilke begreber og lov-mæssigheder, der er mere overordnede end andre. Desuden kunne beskrivelsen af teknisk apparatur fylde lige så meget som vigtige, fundamentale begreber og teorier. Det er derimod vanskeligt for os at forstå, hvorfor sådan en ordening af stoffet betød, at alle relationer til dagligdagens fænomener skulle udelukkes, som det var tilfældet efter 1963. Det er jo stadigvæk muligt at behandle centrale begreber - og lægge vægt på disse - samtidig med, at de bliver

## Kapitel 14

---

illustreret med eksempler fra hverdagen. Dermed bliver begreberne og stoffet mere overskueligt for eleven og dermed, efter vores mening, mindre abstrakt og mere meningsfuldt. Mogens Pihl talte godt nok om, at anskuelighed var et spørgsmål om vane; abstrakte begreber bliver muligvis mindre fremmedartede af at blive brugt jævnligt, men det udelukker ikke, at de forbliver uforståelige for eleven. Tilsyneladende skulle en abstrakt og generel behandling af fysikstoffet udvikle elevens evner til at arbejde med abstrakte begreber, som jo er tilfældet i videnskabsfaget; det var altså et spørgsmål om at udvikle elevens evne til at tænke abstrakt i en fysisk sammenhæng.

Som det fremgår var der en forskel på udviklingen i udlandet og i Danmark. Her i landet blev der lagt vægt på at integrere matematikken i fysikfaget; matematikken kunne således anvendes til at vise sammenhængen mellem begreberne og til at udlede begreberne fra hinanden. I bl.a. USA spillede matematikken en mere beskeden rolle i den fysikundervisning, der svarede til gymnasieniveauet. Det skyldes til dels, at matematik i USA blev valgfrit på et lavere klassetrin end her i landet. At matematikken spillede en mindre rolle i USA, kan man bl.a. se i den lærebog, der blev udgivet i forbindelse med PSSC-projektet. Her og i England fik det praktiske elevarbejde en større betydning end tidligere, som nævnt fordi man lagde vægt på, at eleverne også på det metodemæssige område skulle efterligne videnskabsfaget fysik. I Danmark skete der ingen nævneværdige ændringer af det praktiske elevarbejde. Man kan derfor sige, at det praktiske elevarbejde ikke fik den samme funktion, som det var tiltænkt i udlandet. Ser vi på 1961-bekendtgørelsen skete der en reducere af tiden til elevøvelserne. I stedet blev opgaveregning indført som eksamensdisciplin, hvilket i realiteten vil sige, at opgaveregningen blev oprioriteret i fysikundervisningen.

Hvis man skal forklare, hvorfor videnskabscentreringen slog igennem i slutningen af 1950'erne og begyndelsen af 1960'erne i det meste af den vestlige verden, kan man ikke komme uden om den udvikling, som skete i samfundet efter 2. verdenskrig. Dels skete en yderligere udvikling af industrivirksomhederne, dels skete en ændring af selve produktionsmåden mod mekaniseringer og automatiseringer. I Danmark var der på dette tidspunkt nok især tale om en udvidelse af industrien, uden at der i første omgang skete nævneværdige ændringer af produktionsmåden (at tendensen gik mod ændringer af produktionsmåden med bl.a. effektiviseringer og rationaliseringer kunne ses i de store industrilande, især i USA). Selve denne udvikling betød, at der skulle beskæftiges flere teknikere og ingeniører end tidligere. Det vil sige, at de relevante naturvidenskabelige fag skulle strammes op, så de blev mere anvendelige for aftagerinstitutionerne. Man kan så umiddelbart mene, at fysikfaget skulle være mere rettet mod ingeniørstudiet; at det blev mere anvendelsesorienteret, i stedet for at faget blev rettet mere mod videnskabsfaget. Der lå nok flere ting i dette. For det første at faget blev rettet mod forskningen, idet forskningen fik en vigtigere betydning end tidligere. For det andet skulle de kommende ingeniører og fysikere betræde mange forskellige funktioner. Fælles var dog, at de alle måtte have en god "fysikbasis". Det mente man, at de fik ved at lære dem fagets grundlæggende strukturer og begreber. Når de først havde styr på det, var det ikke svært at tilegne sig nyt stof og få det passet ind i de overordnede strukturer. For det andet ser vi sådan på det, at nok var samfundets udvikling en igangsætter af en revision af læseplanerne i mange lande (herunder Danmark), men den dikterede ikke klart, i hvilken retning fagets skulle bevæge sig, hverken hvad angår metode eller indhold.

I Danmark betød frygten for en mangel på teknikere og andre naturvidenskabeligt uddannede, at der blev gjort en indsats for at tiltrække flere til gymnasierne, for derigennem at udvide rekrutteringsgrundlaget for især ingeniørstudiet, og trække flere til de naturvidenskabelige studier/mF-grenen i gymnasiet. Vi mener ikke, at læseplansændringerne umiddelbart skete for at trække flere til gymnasierne eller til den mF-grenen med det formål at gøre disse fag mere attraktive. Derimod lagde man i højere grad end tidligere vægt på den studieforberevende side af undervisningen.

Der er altså både et faginternt og en samfundsmæssig forklaring på læseplansændringerne. Hvad angår førstnævnte var det påkrævet med en omstrukturering af lærestoffet p.g.a. stofeksplosionen. En samfundsmæssig forklaring kan være, at industriudviklingen stillede større krav til fysikfaget end tidligere, bl.a. for at udbygge den forskning, som skulle sikre den danske industris fremtid og dens konkurrenceevne på verdensmarkedet. Hvilke af disse to sider, der er vigtigst, er svært at afgøre. Men en læseplansændring var sandsynligvis ikke blevet sat igang i begyndelsen af 1960'erne, hvis industriudviklingen ikke havde medført nogle andre behov end tidligere.

I denne periode ændrede det praktiske arbejdes rolle i fysikundervisningen ikke. Denne side af fysikundervisningen fyldte stadigvæk meget, og der blev i den nye bekendtgørelse understreget, at undervisningen skulle foregå på et eksperimentelt grundlag. Formen ændrede sig heller ikke. Det praktiske elevarbejde skulle stadig i overvejende grad udføres som mindre elevøvelser på en eller to timer.

Ser man på det praktiske arbejde via vejledninger til elevøvelserne, som vi kort har gjort i kapitel 13, vil man bemærke, at det praktiske arbejde tilsyneladende ikke havde ændret karakter. Øvelserne ligner dem, som var fremme umiddelbart efter 1907-reformen. Der var stadig mange øvelser, hvor eleverne skulle finde materiale- og naturkonstanter, og det blev stadigvæk ikke begrundet, hvorfor eleverne skulle finde frem til f.eks. messings varmekapacitet eller isens smeltevarme. Mogens Pihl var i sit tilbageblik i 1971 inde på, hvad han mente, der er de gode sider ved det praktiske arbejde: anskueliggørelsen af de fysiske love og opøvelsen af færdigheder i brugen af eksperimentalfysikkens hjælpemidler<sup>4</sup>. Og da man i tiden op til 1963-reformen i indlæg i *Fysisk Tidsskrift* og *Gymnasieskolen* havde afvist tanken om, at eleverne skulle lære stoffet gennem det praktiske arbejde, kan vi med rimelighed sige, at Pihl og hans ligesindede i højere grad opnåede deres mål (anskueliggørelsen og opøvelse af eksperimentelle færdigheder) med det praktiske arbejde, end elevøvelsens pionere (Meyer, Sundorph m.fl.) gjorde, idet deres mål med det praktiske arbejde var indlæring af nyt stof.

Hvad angår de lærebøger, vi har set på, så lagde de mere vægt på matematiske udledninger end tidligere. Andersen et al. samarbejdede således med en gruppe matematikere om at gøre matematikken til en integreret del af fysikundervisningen. De to fag blev knyttet tættere sammen. Sammenhængen mellem begreberne kommer derimod tydeligst til udtryk hos Pihl & Storm, hvor også vægtingen af de centrale begreber er mere gennemført. At koblingen til "den virkelige" verden i denne periode stod meget svagere end i den forrige periode kan ikke diskuteres, og det er da også i fuld overensstemmelse med de vejledende bestemmelser. De tekniske anvendelser skulle ikke indgå i undervisningen, blot skulle elevernes interesse herfor vækkes gennem et par virksomhedsbesøg.

<sup>4</sup> Selvom tankerne her stammer fra 1971 er de i overensstemmelse med hans tanker 10 år tidligere.

## Kapitel 14

---

Alt i alt kan man konkludere, at også i lærebogssammenhæng var der større overensstemmelse mellem de forudgående intentioner og lærebogsmaterialet, end tilfældet var med 1907-reformen. Ligeledes hænger kravet om udbyttet af det praktiske arbejde bedre sammen med det udbytte, som vi mener, eleverne fik af de beskrevne øvelser.

**Del III**  
**1988-reformen**

## Indledning til del III

---

Den sidste af rapportens hoveddele - del III - omhandler den historiske periode omkring den reform, der trådte i kraft i 1988. I denne hoveddel vil hovedvægten blive lagt på en undersøgelse af baggrunden for kritikken af undervisning efter 1963-reformen. Desuden vil vi se nærmere på baggrunden for, at kravene til det praktiske arbejde ændrede karakter. Op til reformen blev der gennemført en række undersøgelser, der skulle klarlægge elevernes udbytte af den hidtidige undervisning. Hovedkonklusionen på disse undersøgelser var, at mange elever på gymnasieniveau ikke havde den rette forståelse (set ud fra en fysikers synsvinkel) af nogle af de mest fundamentale fysikbegreber. De kunne måske godt løse de stillede standardopgaver, men når de skulle bruges i andre og nye sammenhænge f.eks. i forbindelse med et dagligdags problem, viste der sig store problemer. Man lagde skylden for dette på den videnskabscentrerede undervisning, og med udgangspunkt i konstruktivismen stillede man nogle forslag til en ny læseplan. Disse forslag gik bl.a. ud på, at undervisningen skulle relateres mere til den omgivende verden. Hvad det praktiske elevarbejde angik ønskede mange at erstatte eller i det mindste supplere en- og totimersøvelserne med nogle længere eksperimentelle forløb. Som i slutningen af 1950'erne var man af den opfattelse, at man i den kommende tid ville opleve nogle flaskehalse på arbejdsmarkedet. Der ville opstå en mangel på teknisk og naturvidenskabelig arbejdskraft. Daværende undervisningsminister Bertel Haarder nedsatte en række udvalg, der skulle klarlægge problemerne samt pege på mulige løsninger af dem. Et af udvalgene skulle komme med et forslag til en ny læseplan for gymnasiets fysikundervisning.

Den nye læseplan, som fulgte med en omstrukturering af hele gymnasiet, blev vedtaget i 1987 og ført ud i livet i 1988. I det følgende vil vi betegne den som 1988-reformen. Del III består af fem kapitler og opdelingen ligner opdelingen i delene I og II.

Det var ikke kun i Danmark fysikundervisningen blev kritiseret i 1980'erne. Udlandets fysikundervisning var, som vi så i den forrige del, også præget af de videnskabscentrerede tanker. I USA og England blev vægten lagt på, at eleverne i fysiktimerne skulle lære gennem opdagelsen, dvs. det praktiske arbejde blev brugt som et indlæringsmiddel. Denne form for undervisning blev mødt af en stærk kritik. Hvad denne kritik gik ud på, ser vi på i kapitel 15. Grunden til, at vi ser på dette, er, at meget af den senere diskussion om det praktiske elevarbejde i udlandet skal ses i relation til denne discovery learning. I kapitel 5 vil vi også se på Piagets stadieteori, der mange steder dannede udgangspunkt for en kritik af undervisningsstoffet, som i visse tilfælde var på et for højt abstraktionsniveau. Ifølge denne kritik var mange af eleverne ikke i stand til at tænke på en sådan måde, som der blev krævet i undervisningen. Denne kritik blev også fremført herhjemme, hvilket vi skal se i kapitel 16. Der blev i midten af 1980'erne lavet en række undersøgelser (bl.a. det såkaldte GF-projekt), der viste, at eleverne ikke fik et tilfredsstillende udbytte af undervisningen. Det, der satte disse undersøgelser igang, var tillige, at tilgangen til gymnasiets matematisk-fysiske gren (mF-grenen) relativt set var faldet, skønt tilgangen til gymnasiet totalt set havde gennemgået en betydelig stigning. Et særligt problem i denne forbindelse var, at mange flere piger end drenge fravalgte mF-grenen. I Piger & Fysik-projektet blev hele denne problematik taget op. Med udgangspunkt i undersøgelserne fremkom en række forslag, som skulle forbedre undervisningen. Som nævnt blev der i midten af 1980'erne nedsat en række udvalg. Det drejede sig om Knud Larsen-udvalget og Steffen Møller-udvalget, der skulle se på arbejdsmarkedet for de tekniske og naturvidenskabelige fag. Endvidere nedsattes Lawætz-udvalget, der skulle undersøge gymnasiets fysikundervisning og komme med forslag til forbedringer. I kapitel 17 ser vi på disse udvalgs arbejder samt på den nye læseplan, der blev det endelige resultat. Denne nye læseplan adskilte sig fra den gamle på en række punkter, hvilket betød, at der på lærebogsområdet blev præsenteret en

### **Indledning til del III.**

---

række nye værker. Vi ser på nogle af disse nyheder i kapitel 18, og de sættes i kapitel 19 i sammenhæng med intentionerne i den nye læseplan. Kapitel 19 er iøvrigt en sammenfatning, hvor vi forsøger at samle trådene fra del III's øvrige kapitler.

## **Indledning til del III**

---



# Kapitel

# 15

## Udenlandsk kritik af videnskabscentreringen

I kapitel 2 gennemgik vi de konstruktivistiske idéer, sådan som de tager sig ud i Norden i dag og især i Danmark. Konstruktivismen i en lidt tidligere udformning, var med til at danne baggrund for den reform, der vil blive behandlet i denne hoveddel. Vi vil ikke gennemgå tankerne en gang til, men henvise læseren til del 0 for en nærmere gennemgang.

### 15.1 Piagets stadieteori.

Et af udgangspunkterne for konstruktivismen er, som vi beskrev i del 0, Piagets teorier for erkendelse. Men i den kritik, der blev fremsført af den videnskabscentrerede undervisning var det en anden del af Jean Piagets idéer, der var udgangspunktet; nemlig hans stadieteori. Sammen med Bärbel Inhelder har han beskrevet stadieteorien i *Barnets psykologi* fra 1966 (dansk udgave i 1971).

For at få en forståelse af det enkelte individs erkendelse studerede han en række børns udvikling (bl.a. sine egne). Disse empiriske studier resulterede bl.a. i opstillingen af de fire erkendelsesmæssige hovedstadier<sup>1</sup>, som alle børn gennemløber. Disse var:

0) Det sensomotoriske stadium (0-2 år).

1) Det præoperationelle stadium (2-7 år)

2) Det konkretoperationelle stadium (7-11 år); barnet er i stand til at klassificere m.v. Barnet er i stand til at sammenligne og skelne mellem konkrete genstande; kan forudsige, men forklaringer og forudsigelser kræver stadigvæk, at der sammenlignes eller skelnes mellem konkrete ting.

3) Det formeloperationelle stadium (11 år og op efter); personen er i stand til at tænke hypotetisk-deduktivt, lave abstrakte modeller, beherske proportionalitet, kontrollere flere variable m.v.

Det ene stadium efterfølger det andet i den nævnte rækkefølge. I modsætning til et empiristisk syn på erkendelse hævder Piaget, at de sensomotoriske strukturer (dvs. de kognitive strukturer, der er dannet på det sensomotoriske stadium) danner udgangspunktet for senere tankeoperationer (Piaget og Inhelder 1971). Han afviser således, at erkendelsen blot er et billede af virkeligheden.

Hvad angår de påhæftede alderstrin, så skriver Piaget (1971) selv i 1966, at de kun skal betragtes som gennemsnitlige og tilnærmede. Senere blødte han lidt op på dette område og fremførte, at det desuden afhænger af sammenhængen (kontekstafhængigt), hvilket stadie et individ befinder sig på. Man kan således befinde sig på et stadier i én sammenhæng og på et andet i en anden sammenhæng (Beyer et al. 1988, s. 66). Han mente, at kundskab udvikler sig i

<sup>1</sup> Egentlig er der flere stadier, idet stadierne 2 og 3 underopdeles i en tidlig og en sen del.

## Kapitel 15

---

et sammenspil mellem biologisk modning (stadierne) og aktiv konstruktion (Sjøberg 1990, s. 72). Læringsprocessen (den kognitive funktion) er uændret gennem hele livet, men udbyttet af læringen er væsentlig forskelligt afhængig af det stadium, som det foregår på.

I vores sammenhæng er det især vigtigt at kende forskellen mellem de to sidste stadier - det konkrete operationelle og det formelt operationelle stadium. I *Barnets psykologi* illustreres denne forskel med nogle eksempler. Et af eksemplerne omhandler elasticitet<sup>2</sup>. Forsøgspersonerne (de børn, der blev studeret) fik udleveret en række metalpinde. De skulle finde ud af, hvorfor nogle er mere bøjelige end andre. Følgende faktorer spiller ind: pindenes længde, tykkelse, tværsnitsform og materiale (pindene var af stål og messing). Forskellen mellem børn på det konkrete operationelle stadium og børn på det formelt operationelle stadium beskrives således:

Forsøgspersoner på konkrete operationers niveau prøver ikke at danne sig et foreløbigt skøn over mulighederne, men går direkte igang med opgaven ved at ordne pindene efter længde og derefter lægge rækkerne så de svarer til hinanden: barnet prøver pinde med stigende længde og ser om de bliver mere bøjelige. Når der er to faktorer der spiller ind, undersøges den anden efter samme metode, men uden at de faktorer systematisk holdes ude fra hinanden.../ /.Fra 11-12 år og gennemført i 14-15-års-alderen går børnene frem på en anden måde: efter lidt famlen opstiller forsøgspersonen ad hypotetisk vej en liste over de faktorer der indgår, og studerer dem én ad gangen, adskilt fra de andre, dvs. han varierer kun én ting ad gangen og lader de andre være konstante: han vælger f.eks. to pinde der er lige lange, har samme tværnit (kvadratisk, rektangulært eller rundt) og som består af samme materiale og varierer altså kun længde.

(Piaget og Inhelder 1971, s. 108)

Det understreges, at børnene ikke havde lært metoden i skolen. På det konkrete operationelle stadium kan man altså ikke håndtere mere end én variabel ad gangen. Dette er interessant i forhold til gymnasiets fysikundervisning og ikke mindst i forhold til det praktiske arbejde, hvor mange elevøvelser traditionelt omhandler problemer med flere variabler. Elevernes udbytte af sådanne øvelser vil derfor ikke være stort, hvis de befinder sig på det konkret-operationelle stadium.

### Stadieteorien som udgangspunkt for undersøgelser

Vi har beskrevet Piagets stadieteori her, fordi den var med til at danne udgangspunktet for en række udenlandske undersøgelser. De viste, at den videnskabscentrerede undervisning (jr. del II) var for abstrakt for mange elever på gymnasieniveau. Ligesom det er tilfældet med Piagets øvrige teorier, er stadieteorien ikke tænkt som en forskrift for, hvordan man skal undervise; den beskriver blot nogle forhold i børns kognitive udvikling, og den kan således bruges til at afdække nogle konkrete problemer i en undervisningssituation.

Beyer et al. (1988) nævner en række undersøgelser af Shayer og Adey fra begyndelsen af 1980'erne. Det blev undersøgt, om elever ville kunne kategoriseres på det samme stadium, selv om de fik stillet forskellige spørgsmål inden for et emneområde. Undersøgelsen viste, at dette var tilfældet. Vi skal senere komme tilbage til nogle danske undersøgelser, der tog udgangspunkt i Piagets stadieteori. Disse undersøgelser viste, at en del af eleverne ikke var i besiddelse af de tankemønstre, som undervisningen krævede for at den skulle være meningsfuld og udbytterig.

---

<sup>2</sup> Mange af Piagets undersøgelser omhandler fysiske problemer. Dette kan være en af forklaringerne på, at hans tanker især har vundet genklang hos didaktikere fra fysikkens verden.

## 15.2 Kritik af den videnskabscentrerede undervisning.

Det var altså stadieteorien, der i første omgang dannede udgangspunkt for en kritik af den videnskabscentrerede undervisning. Som vi var inde på i forrige afsnit, testede man elever og analyserede skolebøger for at kategorisere efter Piagets stadier. Mange disse undersøgelser af lærebøger viste, at sværhedsgraden var for højt i forhold til de stadier, som børnene var på ifølge Piagets teori. Meget af stoffet var for abstrakt, og forudsatte at eleverne var på det formelt operationelle stadium. Stadieteorien blev i mange tilfælde brugt sammen med et behavioristisk syn på læringen. Dette syn var præget af positivisme: alt, hvad der ikke kan måles eller registreres ved kontrollerede undersøgelser, er ikke videnskab. Derfor undgik man at arbejde med det ikke-målebare, det som foregik i folks hoveder, men reducerede det til stimuli og respons. Inden for psykologien dominerede det behavioristiske syn især i USA fra 50'erne. Dette var med til at undertrykke de teorier, som beskæftigede sig med den kognitive side af læringen (Novak 1978).

Den anden side af Piagets teorier, som vi beskrev i kapitel 2, blev i slutningen af 70'erne taget op bl.a. af englænderen Rosalind Driver. Det havde da vist sig, at stadieteorien isoleret set ikke længere kunne bidrage med noget nyt. Stadieteorien fungerede bedst i forbindelse med at rette kritik mod undervisningen og lærebøgerne, og ikke som teori for undervisningen. Der var heller ikke fra Piagets side ment som en forskrift for undervisningen. Driver lagde vægt på, at børn selv konstruerer sine teorier om verden. Det er på dette tidspunkt, at tankerne begyndte at blive kaldt konstruktivisme i den forstand, vi kender det fra fysikdidaktikken i dag.

Det, der på den tid gjorde Drivers "genopdagelse" af Piagets tanker særlig interessant, var en række undersøgelser, der viste problemer med elevernes forståelse af begreber, som de var blevet undervist i. Sjøberg (1990 s. 79) omtaler én af undersøgelserne, som blev foretaget af franskmændene Laurence Viennot. Viennot lavede en større empirisk undersøgelse om forståelsen af Newtons mekanik hos personer i forskellige aldre. Det gav det på det tidspunkt overraskende resultat, at mange havde en opfattelse, som ikke svarede til fysikkens teorier; de var godt nok i stand til at løse nogle bestemte opgaver rigtigt, men havde sideløbende hermed nogle opfattelser, som ikke passede til fysikken (det vi herhjemme i dag kalder hverdagsforestillinger eller resultatet af parallellæring). Der var her tale om problemer med undervisningen, som stadieteorien ikke kunne forklare. Disse forhold igangsatte nye empiriske undersøgelser, men denne gang på et andet teoretisk grundlag, nemlig en anden vigtig del af Piagets teorier, som i en del år havde været glemt. Det er denne konstruktivistiske måde at se på læring, som har inspireret mange undervisere siden. Disse idéer har sandsynligvis især vundet indpas blandt undervisere i de naturvidenskabelige fag, fordi de øvelser, som Piaget fik børnene til at lave, var taget fra fysikkens verden.

### **Kritik af det praktiske elevarbejde i udlandet - inquiry teaching og discovery teaching.**

Kritikken af inquiry- og discovery teaching er medtaget, fordi den giver en forståelse af den diskussion om det praktiske elevarbejde, som også har påvirket danske undervisningsforskere, skønt disse undervisningsformer ikke er blevet praktiseret i det danske gymnasium i nævneværdig grad. Derimod er de blevet brugt i den danske folkeskole.

Den undervisning, der blev praktiseret i gymnasiet i 60'erne og 70'erne, var, hvad man i dag vil kalde videnskabscentreret. I England og USA blev det praktiske elevarbejde sat i fokus ud fra den betragtning, at det bærende i naturvidenskabens udvikling var den eksperimenterende videnskabsmand (strittende hår, hvid kittel og briller i panden). Måden, denne videnskabsmand opnåede ny viden på, kaldte man "den videnskabelige metode", og på denne måde

## Kapitel 15

---

skulle eleverne også lære fysik. En del af det nye stof skulle læres i laboratoriet gennem det praktiske elevarbejde. I forbindelse med det praktiske arbejde i disse lande stod inquiry teaching og discovery teaching centralt. Vi vil kun kort introducere dem, således man kan forstå kritikken af dem. Begreberne inquiry og discovery learning hænger sammen. Inquiry betyder udforskning på dansk, og da dette blev opfattet som naturvidenskabens metode, argumenterede man for, at eleverne i skolen skulle have kendskab til denne tænkemåde. Nogle undervisere mente, at eleverne også skulle arbejde på denne måde (man kunne ellers forestille sig, at eleverne udmærket kunne få kendskab gennem foredrag eller læsning af litteratur, de behøvede ikke nødvendigvis at skulle arbejde på denne måde). Dvs. eleverne skulle selv "forske" og opdage (discover) sammenhængene. I denne proces skulle læreren optræde som vejleder eller "guide". Man talte derfor om den guidede opdagelse. Denne undervisning byggede på et ønske om en induktiv undervisningsform, hvor det var nøje fastlagt, hvad eleverne skulle nå frem til.

Men denne måde at undervise på var, mente mange, ikke uden problemer. Nogle af dem, der har stillet spørgsmål ved discovery teaching er Brian Woolnough (1983 og Woolnough & Allsop 1985) og J.J. Wellington (1981). Sidstnævnte spørger, hvor mange lærere, der ikke er blevet mødt med vendinger som "What's supposed to happen sir?", når eleverne var blevet sluppet løs i laboratoriet. Det er ikke fordi, det praktiske elevarbejde ikke er af nogen værdi, men gennemføres det som guidede eksperimenter, er elevernes udbytte for ringe. I det guidede eksperiment har læreren arrangeret arbejdet og udvalgt instrumenter og apparater således, at der reelt kun er én mulighed for at løse den stillede opgave. Læreren tager således eleven i hånden og fører ham til det på forhånd planlagte resultat. Eller dette er i hvertfald meningen. Men lad os se nærmere på de indvendinger mod denne undervisningsform, som Wellington fremfører. To af de mest udbredte indvendinger er ifølge ham:

- 1) I teorien lyder det som en udmærket metode, men i praksis lader den vanskeligt gennemføre (hvem kan styre 30 larmende elever?).
- 2) Den guidede opdagelse gennemskues hurtigt af eleverne:

The pupils soon realize that there is a right answer which they are supposed to discover. They start to play the discovery game, asking questions like 'what are we trying to prove?' or 'What's supposed to happen?' The more intelligent pupils have by then realized that our exciting open-ended investigations only have *one* right answer, i.e. the answer given by 'normal science'

(Wellington 1981, s. 169)

Disse to indvendinger kalder Wellington udbredte indvendinger, som man støder på, når man taler med undervisere. Selv føjer han andre indvendinger til. Eleverne formodes at lære et begreb ved at opleve det i mange situationer for derved at ende med at indse en generel lovmæssighed eller sammenhæng, men hvad er det, som eleverne hæfter sig ved i bestemte situationer? Dette kan være umuligt for læreren at forudsige. Endvidere er der fænomener og begreber, der ikke direkte lader sig vise. Det hævdes af empirister, at al vores viden får vi gennem observation. Men observation uden nogen baggrund at hænge det op på, hævder Wellington, giver ingen ny viden.

Udgangspunktet for "discovery learning" er, som vi var inde på, den induktive metode, hvor man fra en række observationer af et fænomen danner en generel regel. Ved at lade eleverne benytte en induktiv metode får de mulighed for at kopiere naturvidenskabsmandens metode, men:

Unfortunately this view of the scientist as a Sherlock Holmes in a white coat has not been held by any philosopher of science since Francis Bacon

(Wellington 1981, s. 171)

Kritikere af den guidede opdagelse mener imidlertid ikke, at eleverne ikke kan lære naturvidenskab gennem opdagelsen. Man skal blot være opmærksom på, at der er en forskel på det at "opdage" og det at "genopdage". Om dette skriver Woolnough:

Learning science means learning the accepted scientific wisdom, and necessitates, if it is to be done through discovery practical work, a process of 'rediscovery' of the accepted scientific insights. It becomes a closed convergent exercise requiring tight control by the teacher. The process of scientific discovery is essentially more open and divergent, and yet if students are allowed to be involved in it they are unlikely to discover the deep insights which more mature scientists took long years to reach.

(Woolnough and Allsop 1985, s. 37)

Selv om discovery teaching og inquiry teaching ikke blev praktiseret i det danske gymnasium, har en del af denne ovennævnte kritik af det praktiske elevarbejde i England (og USA) relevans for danske forhold.

### 15.3 Opsamling.

I første omgang var det altså Piagets stadieteori, der dannede udgangspunkt for en kritik af den videnskabscentrerede undervisning. Undersøgelser viste, at mange elever på et niveau, der svare til gymnasieniveau i Danmark, ikke fik et tilfredsstillende udbytte af undervisningen. Grunden til dette var, blev der fremført, at de ikke kunne tænke formelt operationelt, hvilket undervisningen krævede. Dette blev af nogle brugt til at udvikle en undervisning, som direkte byggede på Piagets stadieteori, men særlig vellykkede var disse projekter ikke.

Men stadieteoriens styrke lå i, at den kunne bruges til at pege på de ovennævnte problemer med fysikundervisningen. Andre af Piagets tanker blev nu taget op, bl.a. af Driver, og hermed var konstruktivismen i fysikdidaktisk forstand født.

Hvad angår det praktiske arbejde blev der rejst en kritik af 60'erne og 70'erne syn på dets rolle. Bruner havde slået til lyd for en opdagelsesbaseret undervisning, og dette havde præget undervisningen mange steder især i USA og England (bl.a. som en følge af de ambitiøse undervisningsprojekter, jr. kapitel 11). Det blev hævdet, at eleverne gennem inquiry- og discovery teaching ikke fik det udbytte, man forventede. Det praktiske arbejde skulle have en anden rolle en hidtil. Da vores tanker om det praktiske arbejde er præget af denne kritik og de deraf følgende tanker, vil vi henvise til kapitel 3 for en nuancering af synspunkterne.

### 15.4 Kilder og litteratur

Beyer, Karin, Blegaa, Sussanne, Olsen, Birthe, Reich, Jette, Vedelsby, Mette (1988): *Piger og fysik og meget mere*. IMFUFA-tekst nr.162, Roskilde.

Novak, Joseph (1978): "An Alternative to Piagetian Psychology for Science and Mathematics Education" i *Studies in Science Education*, 5, s. 1-30.

Paulsen, Albert (1984): *Energi i 1. g - en teori for tilrettelæggelse*. IMFUFA-tekst nr. 90, Roskilde.

## Kapitel 15

---

Piaget, Jean og Inhelder, Bärbel (1971): *Barnets psykologi*, Hans Reitzels Forlag, København. (originaludgave i 1966).

Sjøberg, Svein (1990): *Naturfagenes didaktikk. Fra vitenskap til skolefag*, Gyldendal Norsk Forlag A/S, Oslo.

Wellington, J.J. (1981): "What's supposed to happen, sir? Some problems with discovery learning" i *School Science Review* 63, s. 167-173

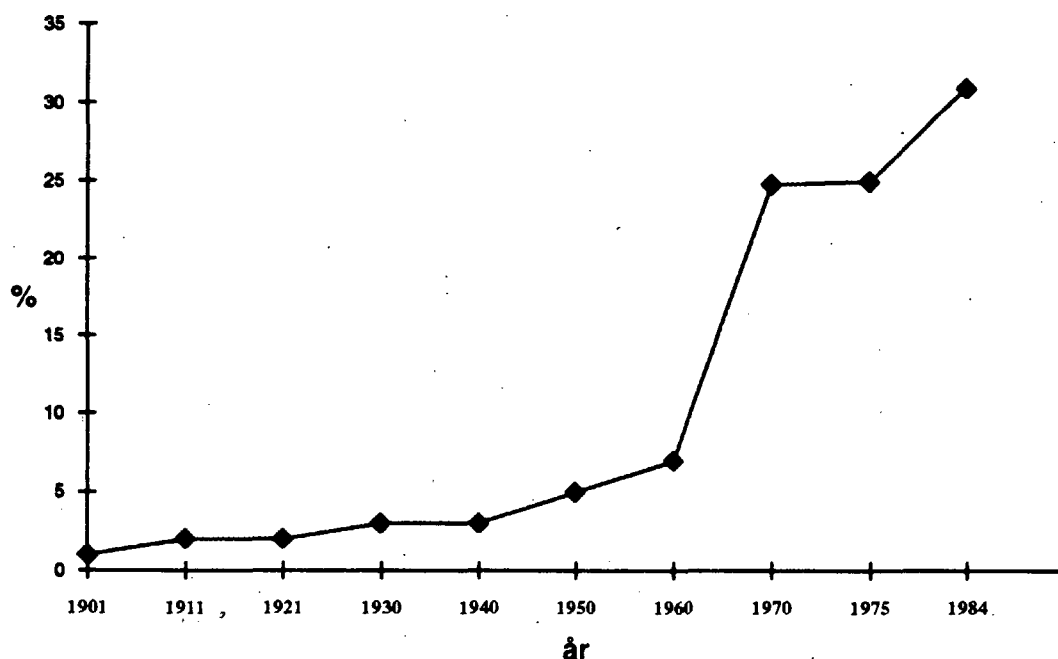
Woolnough, Brian (1983): "Exercise, investigations and experiences" i *Phys. Educ.* 18, s. 60-63

Woolnough, Brian and Allsop, Terry (1985): *Practical Work in Science* Cambridge University Press, Cambridge.

# Kapitel 16

## Mellem to reformer

Efter reformen, som trådte i kraft i 1963, oplevede gymnasiet et sandt boom i tilgangen af elever, som det fremgår af figur 16.1. Beyer et al. (1988) nævner afskaffelsen af realeksamen i 1975 som én af forklaringerne på denne udvikling.



Figur 16.1 Andelen af en årgang der tager student- eller HF-eksamen (tallene er taget fra Beyer et al. 1988).

Traditionelt havde gymnasiet en social slagside, der betød at størstedelen af eleverne havde veluddannede forældre (dermed ofte fra velhavende hjem). I 1965 var det stadig sådan (Nissen 1991, s. 356). Men da der i 60'ernes opgangstider stort set var arbejde til alle, blev det af mange ikke betragtet som et stort problem (når man tænker på at skaffe penge til livets ophold i det mindste). Især Socialdemokratiet og det Radikale Venstre så uddannelse som et middel til at opnå en større lighed i samfundet og da "...interessen for fordelingsproblemer i øvrigt var i stigning i 60'erne/.../blev netop uddannelsessystemet skubbet frem og af mange noget optimistisk betragtet som den kanal, ad hvilken næsten fuldkommen social retfærdighed var opnåelig." (Hansen og Henriksen 1980, s. 221). Selv om dette håb var "noget optimistisk", skete der dog en mere ligelig rekruttering socialt set op gennem 60'erne. Hansen og Henriksen (1980) nævner, at dette især kom børn til gode, hvis forældre kom fra socialgruppe III. Mange mener, at der er en sammenhæng mellem produktionsstørrelse, og de midler samfundet bruger på uddannelse. Det er også rimeligt at have dette synspunkt, da staten fra 1960 til 1970 øgede

## Kapitel 16

---

udgifterne til uddannelsesformål fra 3% til 6% af de samlede udgifter (Hansen 1983 s. 181). Og dette betød alt andet lige, at det nu ikke kun var de socialt bedst stillede, der fik de bedste uddannelsesforhold.

Resultatet af reformen fra 1963 var, som vi så i forrige kapitel, at grengymnasiet blev indført, således at man på den matematiske linie kunne vælge mellem en matematisk-fysisk, en naturfaglig og en samfundsfaglig gren. Det var især de to sidste, som de mange nye gymnasie-elever valgte.

I 1971 gennemførte man den såkaldte lille gymnasireform, som på nogle områder også fik betydning for fysikfaget. Der var dog ikke tale om væsentlige ændringer. Vigtigst var, at der blev lagt større vægt på valgfrie emner end tidligere (dog kun på mF-grenen). I et af disse emner skulle det eksperimentelle arbejde have en fremtrædende plads. Da der her kun var tale om mindre ændringer vil vi ikke komme nærmere ind på dem her.

I 1984 afholdtes første Nordisk Forsker Symposium i Ebeltoft med titlen *Fysik i Skolen - Problemer og Perspektiver*. Her blev forskellige problemer med undervisningen i naturvidenskabelige fag opremset i åbningstalen, som blev holdt af Henry Nielsen: hos mange unge fandtes en negativ holdning over for naturvidenskab og teknologi og for mange af disse unge lykkedes det at gennemføre skolegangen uden at "tilegne sig det mest fundamentale budskab i al naturvidenskab, nemlig at naturfænomenerne udspiller sig efter rationelle naturlove" (Nielsen 1984, s. 8). Inden for fysikfaget meldte sig alvorlige problemer, eftersom mange elever efter afsluttet undervisning ikke havde forstået helt fundamentale dele af fysikken. Disse problemer var blevet synliggjort gennem undersøgelser i Danmark og resten af Norden samt i en række andre lande, som vi beskrev i forrige afsnit. Desuden viste det sig gennem en række undersøgelser, at mange elever - især pigerne - havde negative holdninger over for fysikfaget, og ville så vidt muligt undgå mere fysikundervisning end højest nødvendigt. Disse to centrale problemområder inden for fysikundervisningen, som blev taget op til diskussion blandt didaktikere og fysikundervisere i 1984, vil vi se nærmere på i det følgende.

Forskning i undervisningsproblemer er inden for fysikfaget af relativ ny dato. På Århus Universitet har især Henry Nielsen og Poul V. Thomsen fra Fysik og Astronomi gjort en indsats (de står senere bag og udgør "Center for Studier i Fysikundervisning"). De igangsatte i begyndelsen af 1980'erne det såkaldte GF-projekt, som vi vil vende tilbage til. Også fra IMFUFA på Roskilde Universitetscenter blev der sat mange aktiviteter igang med det formål at klarlægge problemerne samt komme med bud på, hvordan de kunne løses.

### 16.1 GF-projektet.

Der var op til midten af 80'erne blevet lavet en række undersøgelser om f.eks. elevernes manglende forståelse af fundamentale fysikbegreber samt deres holdninger til gymnasiets fysikundervisning. Disse var inspireret af de efterhånden mange tilsvarende undersøgelser i udlandet (jf. kapitel 15). I Norden var det Sjøberg og Andersson, der var pionerer på dette område. En del af undersøgelserne i Danmark om disse ting blev udført i forbindelse med GF-projektet, hvor Poul Thomsen og Henry Nielsen fra Institut for fysik og astronomi ved Århus Universitet var drivkræfterne bag. Der blev også foretaget andre parallelle undersøgelser i Danmark, men vi vil her koncentrere os om GF-projektet. Man kan sige, at disse undersøgelser indholdsmæssigt stort set er de samme som en række udenlandske, men de er alligevel interessante i vores sammenhæng, da de netop handler om danske forhold. Formålet med projektet var ved



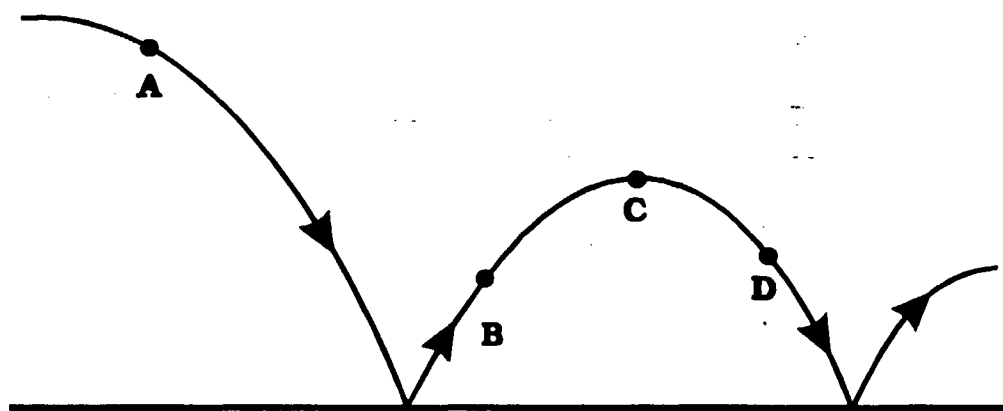
empiriske undersøgelser (spørgeskemaundersøgelser samt interviews) at "måle" elevernes forventninger og holdninger til fysikfaget samt at få oplysninger om deres forståelse af fysiske begreber. De oplysninger, man fik ud af dette, skulle så danne grundlag for diskussioner om forbedringer af fysikundervisningen. Årgangen, som startede i 1982 på en række gymnasier, blev udsat for en række spørgeskemaundersøgelser, fra begyndelsen af 1. g til de afsluttede i 1985. Herved var det bl.a. muligt at konstatere ændrede holdninger og forventninger. Der blev i tidsrummet 1982 til 1986 udgivet 7 såkaldte GF-rapporter med forskellige gymnasieundersøgelser samt opfølgning på disse.

### Hverdagsforestillinger

I GF-rapport nr. 1 fra 1983 (Nielsen og Thomsen 1983a) vises resultaterne fra en undersøgelse om omfanget af elevers hverdagsforestillinger (jf. kapitel 2) fra folkeskolens 8. klasse til 3.g. Undersøgelser af denne slags var allerede blevet foretaget i andre lande, hvor det viste sig at hverdagsforestillinger var langt mere udbredte, end man havde forestillet sig. Vi vil her vise nogle eksempler på de hverdagsforestillinger, som blev undersøgt.

I den videnskabscentrede undervisning, som fra begyndelsen af 60'erne kom til at præge fysikundervisningen både i folkeskolen og i gymnasiet, blev der lagt stor vægt på fagets centrale begreber og teorier, som f.eks. energi- og kraftbegrebet. Disse fundamentale begreber og teorier skulle være det grundlæggende i fysikundervisningen, som det resterende stof skulle bygges op omkring. En forståelse af f.eks. kraftbegrebet bliver således vigtigt i denne form for undervisning, hvis eleven skal have det rette udbytte (eller et rimeligt udbytte) af undervisningen. I GF-rapport nr. 1 (Nielsen og Thomsen 1983a) blev der stillet følgende opgave til elever fra 8. kl. til 3. g for at undersøge deres hverdagsforestillinger om kraftbegrebet (illustrationen har vi lavet efter rapporten):

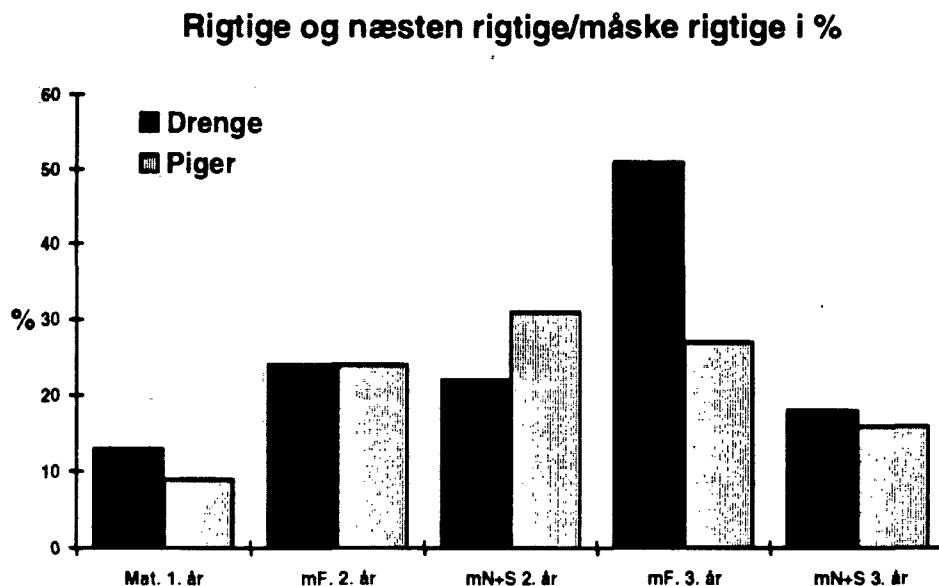
En bold bliver kastet ned på et bord således, at den følger den bane, som er vist på figuren. Indtegn de krafter, som virker på bolden i positionerne A, B, C, D.  
Se bort fra luftmodstanden.



Giv en kort forklaring.

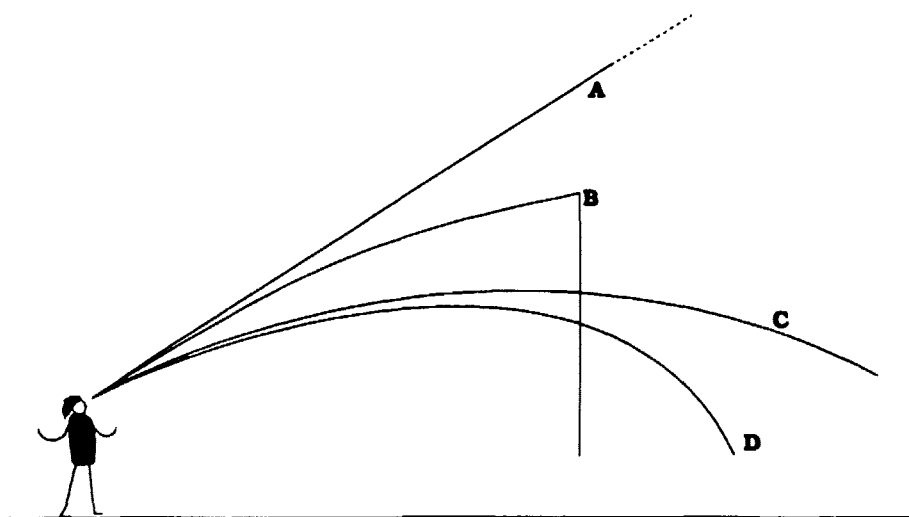
## Kapitel 16

I følge undersøgelsen forestillede mange af eleverne sig, at kraften virkede i bevægelsesretning, altså en forestilling som fundamentalt bryder med Newtons 2. lov. Denne forestilling havde de på trods af en undervisning, hvor kraftbegrebet havde en central placering. Det vil sige, at de hverdagsforestillinger, som eleverne havde før fysikundervisningen, hos en del elever eksisterede fortsat. Det er desuden bemærkelsesværdigt, at pigerne generelt klarede sig generelt dårligere end drengene i disse opgaver. Vi har afbildet undersøgelsens resultater i figur 16.2.



Figur 16.2 Diagrammet viser rigtige og næsten/måske rigtige svar i ovenfor omtalte undersøgelse (efter Nielsen og Thomsen 1983a, s. 31).

En anden opgave, som man stillede eleverne, så ud som vist herunder (igen har vi selv lavet illustrationen efter den originale):



Tegningen viser en person, som kaster en sten gennem luften. Stenen følger én af de 4 baner (A, B, C, D) som er vist på tegningen.

a) Hvilken bane følger stenen?

A       B       C       D

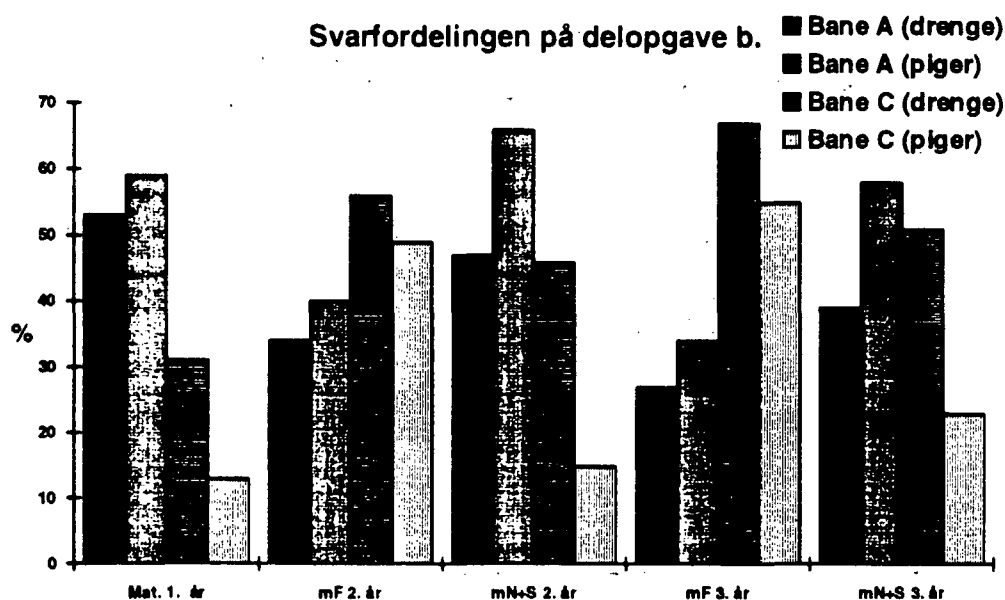
b) Antag, at kastet foregår i et lufttomt rum. Både begyndelsesretningen og begyndelsesfarten er som før, og kasteren står på samme sted på jorden. Hvilken bane følger stenen i dette tilfælde?

A       B       C       D

Giv en kort begrundelse.

(Nielsen og Thomsen 1983a)

Vi har indført besvarelserne i figur 16.3.



Figur 16.3 Diagrammet viser resultatet af ovenfor omtalte undersøgelser. Vi har valgt at medtage antallet af rigtige besvarelser, samt den mest udbredte fejlbesvarelse. (efter Nielsen og Thomsen 1983a.)

Besvarelserne på denne opgave viser, at det var en udbredt opfattelse blandt gymnasieeleverne, at tyngdekraften ikke virker i et lufttomt rum. Gennemgående for besvarelserne af opgaverne var, at pigerne klarede sig dårligere end drengene.

Ikke nok med at eleverne i gymnasiet ikke havde den rette forståelse af centrale fysiske begreber, men tilsvarende undersøgelser viste også problemer med forståelsen for nogle af de samme begreber på universitetsniveau, både hos de nystartede studerende og hos kandidater (Nielsen og Thomsen 1982). En undersøgelse af folkeskolelærere viste tilsvarende problemer

## Kapitel 16

---

med forståelsen af kraftbegrebet; igen var det en meget udbredt opfattelse at kraften virkede i bevægelsesretningen i en kastebevægelse (Lütken 1984, s. 37).

Resultaterne af disse undersøgelser blev fortolket således, at noget var gået galt i den fysikundervisning, sådan som den blev praktiseret i både folkeskolen og gymnasiet. Nielsen og Thomsen (1983a) foreslog, at fysikundervisningen blev ændret, således kendskabet til de omgivende naturfænomener blev sat i forgrunden på bekostning af et undervisningsstof bestående af abstrakte lovmæssigheder og begreber.

### Problemet med manglende interesse for fysik

På samme måde som med hverdagsforestillingerne blev der i Danmark også lavet undersøgelser om gymnasieelevernes indstilling til fysikfaget. I forbindelse med GF-projektet blev der foretaget sådanne empiriske undersøgelser (Nielsen og Thomsen 1983a og Nielsen et al. 1985). Konklusionerne på disse var, at elevernes interesse for fysik faldt i løbet af 1. g. Da de undersøgte årgange af matematikere begyndte i 1. g ønskede 50% af dem at vælge mF-grenen. Dette tal faldt i løbet af skoleåret med 1/3 for drengenes vedkommende og med over halvdelen for pigernes vedkommende (Nielsen og Thomsen 1985, s. 20). Mange af eleverne angav, at de havde ombestemt sig p.gr.a fysikfaget (Nielsen og Thomsen 1984, s. 252). Nielsen og Thomsen mente, at årsagerne til, at mange potentielle mF-interesserede (især pigerne) fravalgte fysikfaget, var bl.a., at de savnede en mere samfundsrelateret fysikundervisning, i stedet for en undervisning der præsenterede en "entydig, objektiv og statisk naturbeskrivelse". Pigerne var mere interesserede i naturfænomener, hvorimod drengene foretrak teknologiske emner. Da undervisningen på det tidspunkt beskæftigede sig med relative abstrakte emner, som ikke umiddelbart har med virkeligheden at gøre, favoriserede fysikundervisningen drengenes interesser. Desuden indeholdt 1. års fysikpensum meget mekanik, hvilket undersøgelser havde vist, at de færreste elever var interesserede i (Nielsen og Thomsen 1984, s. 250).

### GF-projektets anbefalinger

GF-projektet mandede ud i en række anbefalinger om fysikundervisningen i gymnasiet stilet til det ny-nedsatte læseplansudvalg (det såkaldte Lawætz-udvalg). Dette udvalgs arbejde vil vi komme tilbage til i kapitel 17.

- Som en reaktion på den abstrakte og videnskabscentrerede undervisning, som havde præget fysikundervisningen siden begyndelsen af 60'erne, blev der nu anbefalet en fysikundervisning i en bredere forstand ved indførelse af 5 dimensioner. Inspirationen til dette var bl.a. et hollandsk uddannelsesprojekt, det såkaldte PLON-projekt<sup>3</sup>, samt et indlæg af Elvekjær på en kongres afholdt på IMFUFA (mere om dette i afsnit 16.3) De fem dimensioner, som GF-projektet anbefalede var:

1. Videnskabsfagets teorier og metoder
2. Teknologiske anvendelser
3. Andre anvendelser (f.ex. Vejrets fysik, Menneskets fysik, Trafikfysik, Sport og fysik)
4. Samfundsmæssige og historiske aspekter
5. Videnskabsteoretiske og filosofiske aspekter

(Nielsen og Thomsen 1985)

---

<sup>3</sup> PLON-projektet var et hollandsk undervisningsprojekt, der startede tilbage i 1972.

Endvidere foreslog man fra GF-projektets side, at undervisningen skal foregå dels i tematiske forløb<sup>4</sup>, dels i systematisk forløb med indlæring af kernestof (eller den "hårde" fysik om man vil). Undervisningen i 1. g skal hovedsageligt bestå af tematiske forløb (tematiske forløb ca. 75% af tiden) med dimensionerne 1-4, mens undervisningen på højt niveau mere skal lægge vægt på de systematiske forløb (ca. 50% af tiden).

## 16.2 Piger & fysik-projektet

Ligesom GF-projektet afdækkede en række problemer med gymnasiets fysikundervisning så gjorde Piger & Fysik-projektet, som havde sit udgangspunkt på den anden side af Storebælt, nærmere betegnet IMFUFA på Roskilde Universitetscenter. Projektet var et samarbejde mellem gymnasielærere - Sussanne Blegaa, Birthe Olsen, Jette Reich samt Mette Vedelsby - og Karin Beyer fra IMFUFA. Det blev igangsat i begyndelsen af 80'erne, og dele heraf blev offentliggjort undervejs. Resultatet af arbejdet er samlet i rapporten *Piger & Fysik* fra 1988. Rapporten har undertitlen "og meget mere", hvilket dækker over, at den bl.a. indeholder en del om generelle problemer med gymnasiets fysikundervisning for piger såvel som for drenge. Rapporten henviser dels til udenlandske og danske undersøgelser, dels til egne undersøgelser (de fleste stammer fra begyndelsen af 80'erne), lavet i tre 1.g-klasser, som forfatterne havde fulgt.

### Piger og drenge og fysik

Både danske og udenlandske undersøgelser viser, at piger klarer sig dårligere ved tests og eksaminer end drengene. Endvidere interesserer de sig mindre for faget og de fravælger i højere grad fysik, når dette er muligt (s.11). Af undersøgelser fra udlandet fremgår det tillige, at det især med hensyn til den "hårde fysik", at pigerne klarer sig markant dårligere end drengene. Forfatterne forklarer dette med, at piger og drenge har forskellige "indlæringsstil". I den konstruktivistiske læringsteori opererer man med den kognitive konflikt (jf. kapitel 2), hvor eleven kommer ud for at hidtidige forklaringsmodeller ikke slår til, som så må forandres eller tilpasses. Dette kræver, at man giver slip på den gamle opfattelse og derved kommer "ud på dybt vand". Dette er piger ikke så tilbøjelige til; de mangler selvtilid og risikovillighed. De opfatter det som et nederlag, hvis de f.eks. i en praktisk øvelse ikke kommer frem til det forventede resultat; drenge derimod bliver blot mere nysgerrige. Dette hænger bl.a. sammen med forskelle i den generelle adfærd piger og drenge udviser ikke bare i fysiklokalet, men på hele skolen: Drengene vil generelt vise sig, mens pigerne generelt er bange for at dumme sig (s. 106). Pigerne forklarer overvejende en succes med, at det nok skyldes held, mens de forklarer en fiasko med manglende dygtighed (drenge derimod konkluderer at succes skyldes deres egne evner, mens fiasko er en følge af uheld).

At pigerne udviser denne adfærd skyldes flere faktorer, bl.a. selve skolen:

Det er vores opfattelse, at den kønsspecifikke socialisering i første omgang resulterer i relativt små - til dels psykologiske - kønsforskelle. men de små forskelle bliver til store forskelle i placering i uddannelsessystemet, gennem et samspil mellem kønsrolleforventninger og undervisningstradition.

(Beyer et al. 1988, s. 118)

<sup>4</sup> I PLON-projektet havde man bl.a. bygget undervisningen op omkring en række temaer, hvori lovmæssigheder og begreber behandles som en naturlig del (Fysik i gymnasiet, s. 39).

## Kapitel 16

---

Her spiller tillige ind, hvad der undervises i og hvordan:

Piger synes i højere grad end drenge at være interesserede i emner, der sættes i relation til den menneskelige krop, til menneskers levevilkår og miljøspørgsmål i almindelighed. Også fænomener, der har æstetiske kvaliteter (f.eks. regnbuen, krystaller), har deres interesse. Drenge derimod er i højere grad end piger tiltrukket af tekniske emner og af menneskets beherskelse af naturen.

(Beyer et al. 1988, s. 170)

Traditionelt har der været undervist i de ting, der tilsyneladende falder i drengenes smag, hvilket kan være med til at forklare den manglende interesse hos pigerne. Forfatterne bag rapporten er dog forsigtige med at konkludere, at der bare skal indføres et "pigevenligt" pensum for derefter at tro, at problemerne er løst. Hvad angår måden for tilrettelæggelse af undervisningsstoffet, så peger de undersøgelser, der blev gjort i forbindelse med Piger & Fysik-projektet, på, at tematisk undervisning kan være en god idé, men igen afhænger succes'en af, hvad der undervises i. Om dette konkluderes der,

...at hvis pigerne skal tilrækkes til faget fysik, så skal der lægges større vægt på hverdagsbehov og anvendelser og på miljø- og samfundsmæssige perspektiver.

(Beyer et al. 1988, s. 195)

Det er således nærliggende (for vores regning) at mene, at det især er pigerne, der har lidt under den videnskabscentrerede undervisning, som karakteriserede 60'erne og 70'ernes fysik-undervisning i gymnasiet (jf. del II).

Som nævnt beskæftiger Piger & Fysik sig med ting, der ikke kun er relaterede til denne problemstilling. F.eks. om eleverne kognitive stadium svarer til det anvendte stof og de anvendte metoder. Eller om deres forudsætninger er i orden (her ses bl.a. på de ovenfor nævnte undersøgelser af Shayer og Adey).

### Forudsætninger og fysik

Udgangspunktet for det følgende er Piagets stadieteori (jf. kapitel 15). Ifølge denne teori forløber et individs kognitive udvikling gennem en række stadier. Gymnasieelever er på et niveau, der svarer til de to sidste - det konkret operationelle og det formelt operationelle - stadium (jf. Piagets eksempler med de bøjelige metalpinde). Som nævnt regner man ikke længere Piagets aldersinddeling for noget absolut, og i Piger & Fysik henvises til undersøgelser, der har vist, at stadieskift er afhængigt af sammenhængen. Det vil med andre ord sige, at elever på nogle områder kan befinde sig på det konkret operationelle stadium, mens de på andre områder befinder sig på det formelt operationelle stadium. I nogle sammenhænge er de i stand til at tænke i konkrete billeder, mens de i andre sammenhænge kan tænke abstrakt. Dette kan man konstatere inden for især 1. g klasser i fysik, hvor mange elever støder på en række problemer:

- Proportionalitet. Eleverne kan have svært ved gennemskue sammenhængen mellem to størrelser. Endvidere får de vanskeligheder, når der indgår mere en to variable i et udtryk, ligesom fastholdelse af variable, mens kun én varieres. Dette viser bl.a. en undersøgelse Albert Paulsen (1983) har foretaget.

- Matematiske problemer. Eleverne kan have svært ved flytte om på algebraiske udtryk, selv de mestrer dette i matematiktimerne. Her er de nemlig vant til at regne med bogstaverne  $x$  og  $y$ , mens man i fysik støder på størrelser som  $F$ ,  $m$  og  $a$ . De er således ikke i stand til at overføre deres konkrete viden fra matematik til fysik. Dette bevirker, fremføres det, at de f.eks. vælger at huske tre formler :  $\rho = m/v$ ,  $m = \rho v$  og  $v = m/\rho$ , i stedet for blot én af dem, som de så kan flytte rundt på størrelser alt efter, hvad de har brug for i det konkrete tilfælde.
- Forståelse af formaliserede modeller. En model, mange elever har svært ved at forstå, er modellen for elektroner, der beskrives som små kugler, der sværmer om en kerne. Ingen har jo set en elektron, og når det kommer til stykket, er det jo slet ikke en kugle, men noget meget mere abstrakt.

Problemer af denne art skyldes i følge forfatterne, at mange elever i 1.g stadig tænker overvejende konkret i fysik og endnu ikke mestrer at overføre deres viden fra matematik til fysik. Ligeledes er de ikke i stand til at behandle problemer med flere variabler. Dette afstedkommer naturligvis problemer, når de støder på stof, hvor det forventes, at de besidder disse færdigheder. Her er ikke tale om en specifikt pige-problem, men et problem der vedrører både drenge og piger.

Rapporten, som blev resultatet af Piger & Fysik-projektet berører flere emner, end vi har medtaget her, bl.a. ses der på tilgangen til gymnasiet, specielt den matematiske linje og herunder den matematisk-fysiske gren. Vi vil lade disse områder hvile i denne sammenhæng. Der bliver i rapporten fremført det interessante mening, at der kan tiltrækkes flere piger til fysik-faget ved bl.a. at lægge vægt på fagets humanistiske, samfundsmæssige og miljømæssige sider i undervisningen. Dette kan f.eks. ske gennem tematiske undervisningsforløb, som generelt virker mere motiverende på såvel piger som drenge.

Endvidere ser vi et opgør med den videnskabscentrerede undervisningsmåde. Forfatterne mener, at denne undervisning var for abstrakt. Dette er uheldigt, fordi eleverne - især i 1.g - ikke er på et kognitiv udviklingstrin (eller stadium, jf. Piaget), der kræves for at få udbytte af denne form for undervisning. Rapporten peger således på nogle forhold, der bør rettes op på i gymnasiets fysikundervisning til gavn for ikke alene pigerne, men også drengene.

Mange af de ting der behandles og mange af de konklusioner, man kan drage ud fra behandlingen, ligner dem fra GF-projektet, uden man dog kan hævde at de to projekter totalt overlapper hinanden. De er lavet med forskellige udgangspunkter og på forskellige grundlag.

### 16.3 Fysiklærerforeningens forslag og IMFUFA-konferencen

I begyndelsen af 80'erne trak det op til, at der skulle komme en ny bekendtgørelse, ligesom der skulle ske en strukturændring af gymnasiet. Fysiklærerne udgav på dette tidspunkt flere debatoplæg bl.a. *Fysik 85*, som kom i 1981, samt foreningens forslag til en ny læseplan i fysik, der udkom i 1984.

#### **Fysik 85 - et debatskrift fra fysiklærerforeningen**

Hæftet, som blev udsendt af foreningens styrelse, indeholder udover indledningen fire små artikler, der behandler emnerne store eksperimentelle opgaver, nye skriftlige opgaver, fysik og teknologi samt fysik og datamaskiner. Vi vil her koncentrere os om artiklen om store eksperimenter.

## Kapitel 16

---

mentelle opgaver, der er skrevet af Ole Bakander, Carl P. Knudsen, Hans Krogh og Henry Nørgård; alle fra Allerød Gymnasium. Baggrunden for deres artikel var, at de havde forsøgt sig med længerevarende eksperimentelle forløb i nogle af gymnasiets matematiske klasser, hvilket var noget nyt i forhold til den traditionelle måde at afvikle praktisk arbejde på. Dette blev nemlig gjort inden for rammerne af den et- eller to-timersøvelse. I forsøget deltog 1., 2. og 3. g-klasser, for de to sidstnævnte drejede det sig om mF-klasser. De fire lærere fra Allerød Gymnasium var ikke tilfredse med den måde, som praktisk elevarbejde normalt foregik på. Dette var langt hen ad vejen traditionelle kagebogsøvelser, som de mente ikke gav en reelt billede af det laboratoriearbejde, som sker uden for skolen. Dette ville de med nogle eksperimentelle forløb på 10-15 undervisningstimer prøve at råde bod på. Om de mål, som sådanne forløb kan forfølge, hedder det, at de primært er af metodisk art, idet eleverne skal

- formulere problemer, der egner sig til eksperimentel behandling.,
- læse anden litteratur end lærebogen,
- udvælge og anvende passende eksperimentelle metoder.

(Bakander et al. 1981, s. 13)

Forfatterne mente, at opgaverne skulle være så frie som mulige, hvad angår fastlæggelse af problem, valg af målinger og målemetoder samt databehandling. De mente, at arbejder af denne art udmærket kunne ligge inden for de allerede eksisterende rammer, og som sådan havde de som nævnt gennemført projekter af denne art. Eleverne skulle arbejde i hold á 2-3 stykker. Skemaet for et forløb så ud som herunder

**Indledning:** Orientering i den anviste litteratur. Afprøvning af eksperimentelt udstyr. Planlægning af det eksperimentelle program (3-4 timer).

**Eksperiment:** Gennemførelse af de planlagte målinger, forventeligt med diverse korrektioner undervejs (5-7 timer).

**Rapport:** Afsluttende bearbejdelse af resultaterne og udfærdigelse af rapporten (2-4 timer)

(Bakander et al. 1981, s. 15)

Herudover kom hjemmearbejde i normalt omfang. Forfatternes vurderingen af undervisning af denne art var, at den fungerede specielt godt for 2. og 3. g'erne, mens 1. g'erne skulle have mere hjælp. Bl.a. skulle man sørge for, at deres problemer ikke blev for komplicerede, ligesom de kunne have svært ved at gennemskue, hvordan de skulle relatere problemet til et eksperiment. To klasser deltog i flere forløb, og det er de fire læreres opfattelse, at forløb nummer to gik meget mere gnidningsfrit end det første. Eleverne havde således gjort sig nogle erfaringer ved det første forløb, som de kunne bruge næste gang. Artiklen slutter med følgende konklusion:

Selve undervisningsprocessen har efter vor opfattelse en meget positiv virkning på elevernes holdning til fysik og teknik i almindelighed. Mange elever opfatter fysikundervisningen som virkelighedsfjern, upersonlig og kedelig. Her er en mulighed for at vise, at den også kan være konkret, engagerende og sjov.

(Bakander et al. 1981, s. 19)

Denne måde at lave eksperimentelt (eller praktisk arbejde) på var således noget nyt i forhold til de traditionelle kagebogsøvelser. Deres berettigelse lå ifølge de fire lærere fra Allerød Gymnasium især i det metodiske, men også i det motiverende. Det var en måde at gøre undervis-



ningen mere interessant på. Eleverne fik en større indflydelse på, hvordan det praktiske elevarbejde skulle forløbe, og tilsyneladende er det noget, man som elev efterhånden kan lære.

### **Fysiklærerforeningens forslag til ændring af fysikundervisningen.**

Fysiklærerforeningen udsendte i 1984 et debatskrift ud til sine medlemmer, hvori de kom med et forslag til en ny bekendtgørelse for fysik. Foreningen havde fra slutningen af 70'erne udsendt debatskrifter angående fysikundervisningen til lærerne (bl.a. fysik 85), og det var bl.a. dette arbejde, forslaget til bekendtgørelse byggede på. Det hedder i indledningen, at forslaget skal betragtes som et debatoplæg. Videre hedder det:

Vi har forsøgt at sammenskrive et passende kompromis, en slags essens, af de overordentlig mange tilkendegivelser, debatindlæg osv., der er fremkommet de sidste år...

(Nyt pensum i fysik 1984, s. 4)

Debatoplægget er lavet i et samarbejde med Fysiklærerforeningens styrelse og de to fagkonsulenter i fysik. Udgangspunktet for debatskriftet og forslaget til bekendtgørelsen var at løse følgende problemer:

- lette overgangen fra folkeskolens fysikundervisning til gymnasiets ud fra den betragtning, at 1. g er for hård.
- inddrage EDB mere centralt i fysikundervisningen til f.eks. simuleringer, beregninger og processtyring.
- styrkelse af moderne teknologi og fysikkens samfundsmæssige sammenhæng, da fysik var det bedste fag inden for hvis rammer noget sådan kunne foregå.
- blødgøre det stive system med øvelser og rapportering og åbne op for mere selvstændige arbejder og længere eksperimentelle forløb.
- lave mere luft i pensum, så der bliver plads til at gå i dybden med noget stof, f.eks. ved temaer.
- undgå at pensum har en kønssorterende funktion, således pigerne ikke fravælger sig fysik
- at fysik som eneste fag har et fastlagt pensum i 1. g.

Mange af tankerne var således de samme, som GF-projektet og Piger & Fysik-projektet var inde på nogle år senere. Ligeledes er Allerød-projektets idéer om de længere eksperimentelle forløb taget med (jf. dette kapitels forrige afsnit). Faget skulle indgå i sammenhænge som var relevante for elevernes dagligdag og ikke løsrevet fra denne.

Om den praktiske arbejde (som her betegnes som eksperimentelt arbejde), fremgår det i det tilhørende forslag til undervisningsvejledning, at det "...skal have en fremtrædende plads i fysikundervisningen både i form af demonstrationsforsøg (af læreren), elevøvelser, som eleverne selv udfører og på mF-grenen tillige selv tilrettelægger. Det eksperimentelle arbejde, påpeger vejledningen, hjælper eleverne til en bedre forståelse af det fysiske lærestof og derudover skal det

...give eleverne et førstehåndskendskab til fysiske fænomener og målemetoder, samt opøve færdighed i at omgås moderne teknisk apparatur og evne til at drage konklusioner af indsamlede data. Arbejdet skal tilrettelægges således, at der ikke blot stilles krav om reproduktion, men også åbnes mulighed for, at eleverne selvstændighed og fantasi udfordres.

De længerevarende eksperimentelle forløb er ifølge vejledningsforslaget en "...god måde at opøve eleverne evne til selvstændigt at tilrettelægge og gennemføre et eksperiment..."

Der lægges således op til, at de traditionelle en- og to-timersøvelser (som vi også lidt hårdt kalder kugebogsøvelser) ikke er tilstrækkelige til at give eleverne de færdigheder, man ønsker. Det skal ikke være nok blot at eftergøre et forsøg efter en vejledning. Selve planlægningen af forsøget og formuleringen af problemet er også vigtigt, og dette har der ikke hidtil været lagt megen vægt på.

### IMFUFA-konferencen

Dette forslag fra fysiklærerforeningen blev diskuteret på en konference på IMFUFA, RUC i 1984. I konferencen deltog ikke kun folk, med direkte tilknytning til gymnasiets fysikundervisning, men tillige folk "udefra". Blandt dem Jens Krumholt (Teknologistyrelsen), Jørgen Fakstorp (F.L. Smidt). Fra Direktoratet for gymnasieskolerne og højere forberedelseseksamen deltog Ib Fischer-Hansen. Meningen med dette var "...at belyse, hvordan gymnasiefysikken ser ud for personer, der ikke har det som job at undervise i fysik i gymnasiet" (Gymnasiefysikken, 1986)

I sit indlæg fremhæver Krumholt, at overgangen fra industrisamfund til informations-samfund har medført nye mål for virksomhederne (i det mindste i de virksomheder, der er værd at sætte penge i, som Krumholt udtrykker det). Hvor man før udviklede og fremstillede alt, hvad der var teknologisk muligt, vil man i dag kun producere, det der er efterspørgsel på. Den ukritiske teknologibegejstring er forladt til fordel en mere kritisk indstilling. Han advarer mod, at informationsteknologien afløser åndens arbejde på samme måde, som teknologien afløste håndens arbejde i 60'erne. Dette stiller dels krav til efteruddannelse, dels til grunduddannelserne. Krumholt nævner, at her er elevernes behov ændret. Det handler ikke i så høj grad om at lære noget paratviden, som at tilegne sig nogle tekniker, der kan bruges i en senere tilegnelse. Dette kræver en anden måde at undervise på:

I "gamle dage" kunne lærerens rolle illustreres som en tragt, hvor igennem al viden skulle komme ned til eleven. I dag må læreren i højere grad betragtes som en, der står ved siden og hjælper denne til at erkende behovene, til at fremskaffe den relevante viden og til at bearbejde og viderebefordre denne.

Det bliver i højere grad et spørgsmål om indlæring af metode og proces end et spørgsmål om indlæring af konkret teknisk viden.

(Krumholt, 1986)

Dette er jo et godt konstruktivistisk synspunkt: eleverne kan ikke fyldes med viden, men må selv tage aktivt del i læring af nyt stof. Det kræver således, at eleverne er motiverede i modsat fald er kræfterne fra lærerens side spildt. Krumholt nævner igen informations-samfundet, hvor kun et fåtal har brug for at vide, hvad der helt konkret foregår i en datamat, mens mange flertallet vil få funktioner, hvor "teknologien er værktøj til arbejdets udførelse snarere end arbejdets indhold" (Krumholt 1986). Dette kræver bl.a., at faget fysik optræder i en større sammenhæng med de øvrige fag også de humanistiske.

Civilingeniør Jørgen Fakstorp fra F.L. Smidt kritiserede det foreslåede pensum i fysiklærerforeningens forslag. Det var præget for meget af lærerens egen universitetsuddannelse

og indeholdt derfor de ting, som man inden for forskningsverdenen interesserede sig for. Han gik videre:

Hvis man foretog stofvalget under større hensyntagen til skolens funktion, som erstatning for manglende oplevelser i hverdagen og til borgerne senere møde med den fysiske verdens realiteter, ville et pensum komme til at se helt anderledes ud

- a) Tilstandsformernes fysik og overgangsprocesserne.
- b) Energi, effekt - termodynamik, massetransport, varmetransport (energi er den endegyldige ressource).
- c) Den faste tilstandsforms mekanik, herunder bulktilstanden.
- d) Kontinuerlige mediers mekanik - væskers og gassers bevægelse (med hensyn til geofysik).
- e) Faste legemers mekanik.
- f) Ligevægt, symmetri, differentielt grænsefladebegreb.
- g) Enheder og dimensionsanalyse.
- h) Elektricitet, elektromagnetisme, stærkstrømsfysik.
- i) Elektroner og svagstrømsfysik.
- j) Lyslære og optik.
- k) Astronomi.
- l) Lydlære.

(Fakstorp 1986)

Selve hans forslag er måske ikke så interessant, men hans pointe med at stille spørgsmålstegn ved pensumet, er til gengæld værd at have med. Han spørger, hvad der er grunden til, at man skal lære kvantefysik og relativitetsteori, når man kan anvende den klassiske fysik i de fleste af verdens fænomener. Ville man da ikke være bedre tjent med at glemme disse discipliner, der har et abstraktionsniveau så højt, at gennemgangen i gymnasiet alligevel vil blive overfladisk. Iøvrigt indeholder de ovennævnte pensumforslag mange områder, som eleverne vil stifte bekendtskab med i de tekniske uddannelser, hvis de vælger en af disse. Man kan således sige, at forslaget både indeholder en almindennende og en studieforberedende dimension.

Han var tilhænger af, at det praktiske elevarbejde (eller som han skrev det eksperimentelle element) blev

...det primære og dominerende som udgangspunkt for derivering af teori. Aldrig omvendt. Det er teoridannelsen fra iagttagelsen, der er det svære ved fysik i modsætning til matematik, og det skal øves igen og igen.

(Fakstorp 1986)

Han er således fortalere for en induktiv tilrettelagt undervisning, hvor teorier udledes på baggrund af det observerede. Fra fysiklærernes egne rækker kom Finn Elvekjær med oplægget til konferencens paneldiskussion. Hans hovedpointe var, at fysik i gymnasiet skulle være mere helhedspræget, dvs. i meget højere grad beskæftige sig med faget i en samfundsmæssig og historisk sammenhæng. Faget har, ifølge Elvekjær, en række dimensioner, der kan opregnes i følgende fire punkter:

1. Videnskabsfagets teorier og metoder
2. teknologiske anvendelser
3. samfundsmæssige og historiske aspekter
4. erkendelsesmæssige og filosofiske aspekter

(Elvekjær 1986)

Fysiklærerforeningens forslag lagde efter hans mening ikke nok vægt på de to sidstnævnte af disse dimensioner. Al forskning i elevernes udbytte af fysikundervisningen (bl.a. fremlagt ved Ebeltoft-konferencen, som vi har beskrevet tidligere) pegede på, at det var utilstrækkeligt med en undervisning, som kun lagde vægt på den første dimension, dvs. tog sit udgangspunkt i videnskabsfaget fysik, sådan som undervisningen gjorde i 60'erne og 70'erne (jf. del II). Men hvis undervisningen skulle inddrage disse aspekter af faget, krævede det en nedprioritering af det traditionelle stof. Hvad angår måden at undervise på, var Elvekjær tilhænger af de konstruktivistiske tanker, som er beskrevet i kapitel 2. De fire dimensioner ligner meget de fem, som senere blev forslået i GF-projektet.

I den fysikundervisning, som det blev tegnet et billede af på IMFUFA-konferencen, havde indlæring af paratviden ikke en fremtrædende rolle. Derimod skulle der dels lægges vægt på at lære nogle teknikker og metoder, dels skulle faget i meget højere grad, end tilfældet havde været, sættes ind i en social og kulturel sammenhæng. Faget fysik i gymnasiet skulle fjerne sig fra videnskabsfaget fysik (som efter Fakstorps mening lærerne var alt for knyttet til).

### 16.4 Opsamling

Fra begyndelsen af firserne trak det op til en reform af gymnasiets struktur, og i denne sammenhæng var der mange steder et ønske om, at læseplanen for fysik også blev ændret. Den hidtidige undervisning, hvis grundlag var bekendtgørelsen fra 1961, blev kraftigt kritiseret. Man mente - bl.a. med udgangspunkt i undersøgelser - at eleverne udbytte af undervisningen var for ringe. Dette skyldtes bl.a., at den videnskabscentrerede undervisning havde et for højt abstraktionsniveau, som ikke matchede eleverne kognitive udviklingstrin; et forhold der var særlig markant blandt l.g. elever.

Endvidere oplevede man, at mange piger fravalgte fysik i det omfang, det var muligt, og de, der havde valgt fysik, klarede sig dårligere end drengene. En måde at imødegå dette - blev det foreslået - var at indføre tematiske undervisningsforløb, hvorved undervisningen kunne blive mere vedkommende, samt at praktisere en undervisning, der inddrog andre sider af faget, end de man hidtil havde gjort (af de nye sider nævntes bl.a. miljø og samfund). Fra GF-projektets side anbefalede man (inspireret af udenlandske tiltag) at indføre en række dimensioner, der skulle imødekomme dette.

Fysiklærerforeningen stod for flere tiltag. Blandt disse var et udvalg af lærere fra Allerød Gymnasium, som så på det praktiske arbejde bl.a. ved at afprøve længerevarende eksperimentelle forløb. Konklusionen på dette var, at eleverne var klart mere motiverede end man oplevede, når de gennemførte de traditionelle kugebogsøvelser (som havde meget lidt til fælles med den eksperimenteren, som en fysiker reelt laver). Som en opsamling på disse synspunkter (og naturligvis mange andre, som vi af plads- og tidsmæssige årsager ikke har medtaget) kom foreningen i 1984 med et forslag til en ny læseplan for fysik i gymnasiet. Her var der taget højde for mange af de tanker, som findes i det forgående. Således lægges der op til tematiske forløb ligesom der foreslås længere eksperimentelle forløb. Forslaget blev diskuteret på en konference på IMFUFA, hvor flere slog til lyd for en åbning mod de andre naturvidenskabelige fag og mod de humanistiske fag, da man i fremtidens informationssamfund ville få brug for folk, der udover fysik havde kvalifikationer inden for disse områder. Som i GF-projektet foreslås indførelsen af dimensioner, som en løsning af dette. Vi ser således også her et ønske om at forlade den abstrakte videnskabscentrerede undervisning og erstatte den af en undervisning, der er vedkommende i forhold til den verden, der omgiver fysiklokalet.

## 16.5 Kilder og litteratur

Bakander, Ole, Knudsen, Carl P., Krogh, Hans og Nørgård, Henry (1981): "Store eksperimentelle opgaver" i Knudsen (red.) 1981, s. 12-23.

Beyer, Karin, Blegaa, Sussanne, Olsen, Birthe, Reich, Jette og Vedelsby, Mette (1988): *Piger & fysik - og meget mere*. IMFUFA-tekst nr.162, Roskilde.

Elvekjær, Finn (1986): "Perspektiver i fysikundervisningen" i *Gymnasiefysikken og den store verden* 1986.

Fakstorp, Jørgen (1986): Nogle synspunkter på debatoplæg om nyt fysikpensum i *Gymnasiefysikken og den store verden* 1986.

*Gymnasiefysikken og den store verden*. - forslaget til nyt pensum set udefra, Konferencerapport, Fysiklærerforeningen, IMFUFA-tekst nr. 123, Roskilde.

Hansen, Svend Aage og Ingrid Henriksen (1980): *Velfærdsstaten 1940-78*, Dansk socialhistorie bd. 7, Gyldendalske Boghandel, Nordisk Forlag A.S., København.

Hansen, Svend Aage (1983): *Økonomisk vækst i Danmark*, bd. II: 1914-1983, Akademisk Forlag, Universitetsforlaget i København, København.

Knudsen, Carl P. (red.) (1981): *Fysik 85, Debatskrift fra fysiklærerforeningen*, Fysiklærerforeningen, København.

Krumholt, Jens (1986): "Resumé af indlæg" i *Gymnasiefysikken og den store verden* 1986.

Lütken, Hans (1984): "Kraft og lodret kast - nogle skoleelevers og læreres tanker" i Nielsen og Thomsen (red.) 1984.

Nielsen, Henry og Thomsen, Poul (1982): *Fart og Kraft - en fysiktest blandt studerende og kandidater*. Det Fysiske Institut, Århus Universitet.

Nielsen, Henry og Thomsen, Poul (1983a): *Rapport nr. 1. Hverdagsforestillinger om fysik*. Det Fysiske Institut, Århus Universitet.

Nielsen, Henry, og Thomsen, Poul (1983b): *Rapport nr. 2. 1. g 1982 Erfaringer og Holdninger hos nye gymnasiaster*. Det Fysiske Institut, Århus Universitet.

Nielsen, Henry og Thomsen, Poul (red.) (1984): *Fysik i Skolen, problemer og perspektiver*. Nordisk Forsker Symposium 12-17 november 1984. Det Fysiske Institut, Århus Universitet.

Nielsen, Henry, Lund, Kirsten Brink, Nielsen, Lea, Svenningsen, Marianne og Thomsen, Poul V. (1985): *Rapport nr. 5. En årgang siger sin mening om gymnasiet*. Det Fysiske Institut, Århus Universitet.

Nielsen, Henry og Thomsen, Poul (1985): *Rapport nr. 6. GF-projektet 1982-85: Resultater og rekommandationer*. Det Fysiske Institut, Århus Universitet.

Nissen, Henrik S. (1991): *Landet blev by*, Gyldendals og Politikens Danmarkshistorie, bd.14, Gyldendalske Boghandel, Nordisk Forlag A/S & Politikens Forlag, København.

## Kapitel 16

---

Nyt pensum i fysik- debatoplæg fra fysiklærerforeningen (1984), Fysiklærerforeningen.

Paulsen, Albert (1983): *Elevforudsætninger i fysik - en test i 1.g med kommentarer*, IMFUFA-tekst nr. 69, Roskilde.

# Kapitel

# 17

## Bestemmelser for gymnasieundervisningen

Som i slutningen af 50'erne opstod der i 80'erne den opfattelse, at landet om nogle år ville mangle teknisk og naturvidenskabelig arbejdskraft (jf. del II). Heller ikke denne gang var det et isoleret dansk fænomen, vi stod over for; resten af den vestlige verden sloges med den samme slags problemer. De umiddelbare tiltag her i landet var - som ca. 30 år tidligere - at nedsætte en række udvalg, der skulle analysere problemet og komme med nogle bud på, hvordan det skulle løses. Som vi beskrev i kapitel 16, var man i gymnasiekredse blevet klar over, at man stod med nogle problemer inden for gymnasiefysikken. Problemer, der betød at eleverne mistede interessen for faget og for en stor gruppes vedkommende (især pigerne) helt fravalgte faget. Man kunne således tro, at det var her, at kræfterne skulle sættes ind. Imidlertid var dette ikke tilfældet. Der nedsattes tre udvalg, hvoraf kun det ene skulle beskæftige sig med gymnasiefysikken. Det var det såkaldte Lawætz-udvalg, der fik til opgave at komme med forslag til en ny læseplan for faget. De to andre udvalg, Knud Larsen-udvalget og Steffen Møller-udvalget (begge opkaldt efter deres respektive formænd), skulle dels prøve at løse skævheden på de længerevarende uddannedes arbejdsmarked (for mange humanister var arbejdsløse), dels komme med forslag til at sikre tilstrækkeligt med teknisk og naturvidenskabelig arbejdskraft i fremtiden. Vi indleder dette kapitel med at se på disse to udvalg, hvorefter vi vender tilbage til Lawætz-udvalget og ender med at se på den nye gymnasiestruktur og ikke mindst den nye læseplan for fysik.

### 17.1 Betænkninger - igen.

Det relative elevtal på mF-grenen (i 3.g) faldt fra 1970 til 1985 fra 41,4% til 22,6%. Det samlede antal var derimod næsten konstant. I 1970 var der således 4220 elever i landets matematiske-fysiske 3.g-klasser, mens der i 1985 var 4465. I samme periode var antallet af 3.g'ere i det sproglige gymnasium steget fra 4562 til 6784 (Steffen Møller-udvalgets betænkning 1986, s. 190-191)

Disse tal understreger den tendens, som de undersøgelser, vi beskrev i forrige kapitel, viste. Interessen for fysik steg ikke i takt med, at der kom flere i gymnasiet. Da man forudsagde, at man i fremtiden ville komme til og mangle teknikere og naturvidenskabeligt uddannede, måtte man øge indsatsen for at få folk over i disse uddannelser.

#### Knud Larsen-udvalgets handlingsplan

I 1984 nedsatte undervisningsminister Bertel Haarder "Udvalget vedrørende arbejdsmarkedet for langvarigt uddannede" i daglig tale Knud Larsen-udvalget, som inden for et halvt år skulle komme med en handlingsplan for, hvordan man opnåede en bedre balance på de længerevarende uddannedes arbejdsmarked. Dvs. at man ønskede en større overensstemmelse mellem de uddannelser, som de unge fik, og så de jobs, som de stilede efter. Baggrunden var, at man

havde bemærket en større og større arbejdsløshed blandt højtuddannede eller rettere blandt nogle grupper af de højtuddannede.

Udvalget så tre grupperinger inden for de højtuddannede: Problemgruppen, mellemgruppen og flaskehalsene. I den første gruppe befandt sig bl.a. mange humanistiske uddannelser (cand. mag., cand. phil. og mag. art.), den medicinske uddannelse og nogle naturvidenskabelige uddannelser (biologi, geografi, geologi og legemsøvelser). Færdiguddannede fra disse områder ville få problemer med at få arbejde, da udvalget, helt i Haarders ånd, forudså en slankning af den offentlige sektor, hvor disse uddannelser især var rettet mod. I mellemgruppen fandtes bl.a. uddannelserne til arkitekt, dyrlæger, teologer og sygeplejersker, og hvis udviklingen på det private arbejdsmarked ellers blev gunstig i de kommende år, forudsås der på disse områder ikke nogle beskæftigelsesproblemer. Den tredje gruppe, "flaskehalse", var de uddannelser, der leverede arbejdskraft til områder, hvor der allerede var mangel på arbejdskraft, eller hvor der blev forudset en fremtidig mangel. Disse områder var ifølge udvalget "vækstområder i erhvervslivet". Det drejede sig om især naturvidenskabelige kandidater (datalogi, statistik, matematik, fysik og kemi) og ingeniører af alle slags (civil-, akademi- og teknikumingeniører). For at imødekomme denne ubalance, foreslog udvalget bl.a., at erhvervsvejledningen (og ikke studievejledningen) blev højere prioriteret i såvel folkeskole som gymnasium, således at de unge ville vælge uddannelser, der førte til jobs, der var mangel på. En større fleksibilitet i uddannelserne var i følge udvalget ønskelig, ligesom der måtte foretages foranstaltninger, der kunne forkorte studietiderne (bl.a. en reform af uddannelsesstøtten). Selve undervisningen i gymnasiets fysik og matematikundervisning berøres kun ganske lidt:

Udvalget skal specielt pege på det erkendte problem, at undervisningen i matematik og fysik kun tiltrækker et fåtal af pigerne. Dette anses for en stærkt medvirkende faktor til, at de fleste piger fravælger uddannelser med disse som væsentlige ingredienser, og dermed afskriver sig gode beskæftigelsesmuligheder.

Selv om det ligger udenfor udvalgets kommissorium at rådgive på dette område, skal det henstilles, at undervisningen på disse to områder søges tilrettelagt, således at pigerne - og en større del af drengene - får større udbytte heraf.

(Handlingsplan 1985, s.44)

Som udvalget selv bemærkede, var det ikke dets opgave at beskæftige sig med formen og indholdet af fagene i gymnasiet. Dette på trods af, at det var her, man skulle finde hovedårsagen til den manglende rekruttering ved de tekniske og naturvidenskabelige uddannelser med dertil hørende flaskehalsproblemer som konsekvens. Det var dog ikke ensbetydende med, at dette forhold ikke blev berørt, idet Lawæt-z-udvalget var blevet nedsat i 1985. Det kommer vi tilbage til.

### **Steffen Møller-udvalgets betænkning**

Som det fremgår af det forgående afsnit var det en generel opfattelse i starten af firserne, at man i den kommende tid ville opleve en mangel på teknisk og naturvidenskabelig arbejdskraft og dette betød, at Undervisningsministeren i 1985 nedsatte endnu et udvalg, nemlig "Udvalget vedrørende ingeniør- og teknikeruddannelsernes fremtid", eller som det sædvanligvis blev kaldt, Steffen Møller-udvalget. I dette udvalg sad repræsentanter for arbejdsmarkedets organisationer, og de havde fået til opgave af foreslå initiativer til sikring af tilstrækkelige uddannede teknikere på videregående niveau og ingeniører i fremtiden og bl.a. komme med



forslag til, hvordan tilgangen fra gymnasier og HF kunne forstærkes. Ved at bygge på udenlandske undersøgelser skønnede udvalget, at behovet for ingeniører og videregående teknikere i slutningen af 1990'erne ville henholdsvis være på det dobbelt og tredobbelte. Der ville således være behov for at 50% flere startede på ingeniøruddannelserne.

Indtil dette tidspunkt svarede tilgangen til ingeniøruddannelserne stort set til antallet af uddannelsespladserne på de respektive uddannelsessteder, men da rekrutteringsgrundlaget fra gymnasierne (altså mF-grenen) forudsås at falde, dels på grund af svigtende interesse for denne gren, dels fordi de kommende årgange fremover ville falde (de små årgange ville her slå igennem), ventedes det, at der ville opstå mangel på kvalificeret arbejdskraft inden for bestemte tekniske områder. Denne udvikling ville blive forstærket af, at der ville ske en stor ændring af samfundet i de kommende år mod informationssamfundet og et højteknologisk samfund. For at Danmark stadigvæk skulle være med i fronten af udviklingen, måtte vi uddanne tilstrækkelig arbejdskraft, som kunne deltage aktivt i denne udvikling. Det handlede altså om at sikre eller ligefrem at forbedre konkurrenceevnen, ligesom at samfundsændringen krævede andre former for arbejdskraft end tidligere. Der var ikke mere det samme behov for ufaglærte og håndværkere som tidligere. Alt dette stillede således nogle krav til gymnasiet, hvor man jo allerede her oplevede problemer med tilgangen til mF-grenen. Et særligt problem, som udvalget peger på, var, at færre kvindelige studerende med en mF-baggrund valgte en ingeniøruddannelse end mænd (15% kvinder mod 40% mænd). Der var således her et stort potentiale til disse uddannelser. En mulig løsning kunne evt. være den matematiske-kemiske gren, som forsøgsvis kørte ved nogle gymnasier. Udvalget konkluderer i forhold til gymnasiet som rekrutteringsbase for ingeniøruddannelserne, at:

I et eventuelt fremtidigt gymnasium må det sikres, at tilstrækkeligt mange får den "korrekte" sammensætning af matematik og fysik/kemi på tilstrækkeligt højt niveau.

(Betænkning nr 1074 1986, s. 61)

Hvad dette nærmere vil sige udtrykker udvalget ikke eksplicit. Der ville også blive stillet andre krav til ingeniørerne fremover. De skulle bl.a. kunne beherske fremmede sprog og have kendskab til økonomi og andre landes kulturer. De skulle være mere fleksible end tidligere, fordi behovene hurtigt ville ændre sig; der ville altså blive brug for brede uddannelser (modsat specialisering, som man så det i 60'erne og 70'erne).

Steffen Møller-udvalgets bud på, hvordan man skulle løse problemet med den svigtende tilgang til ingeniøruddannelserne og de tekniske uddannelser var bl.a. at skabe nye adgangsveje til uddannelserne (via TIF, som står for tekniker- og ingeniørforkurser), samt en geografisk spredning af uddannelserne.

Ud over at sammensætningen af matematik og fysik/kemi på højt niveau skal være "korrekt" i gymnasiet, nævnes der ligesom i Knud Larsen-udvalgets handlingsplan ikke meget om indholdet af gymnasiets naturvidenskabelige fag. Der fokuseres hovedsageligt på problemer inden for de pågældende uddannelser. Igen kan man spørge, om det ikke også var sådanne udvalgs opgave at se på disse sider, men hvis problemet er, at ingeniøruddannelserne har et rekrutteringsproblem, fordi eleverne i folkeskolen og i gymnasiet mistede lysten til at beskæftige sig med f.eks. fysik, var det måske her, man skulle have sat ind.

Som vi skrev i forrige afsnit, blev der taget fat om problemerne i gymnasiets fysikundervisning. I 1985 nedsatte undervisningsminister Bertel Haarder et udvalg, der skulle komme med forslag til en ny læseplan i fysik (Lawætz-udvalget).

### 17.2 Lawætz-udvalgets rapport

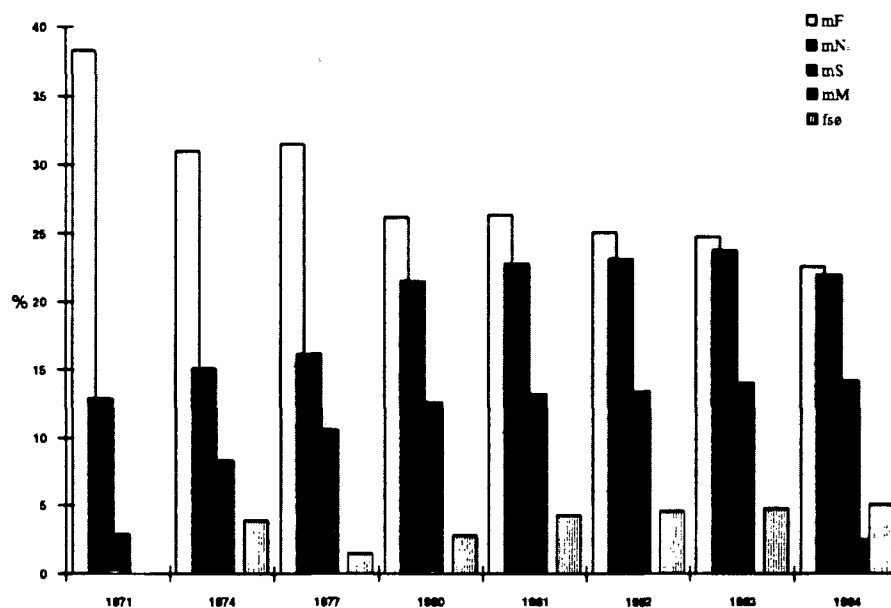
Lawætz-udvalget, hvis officielle navn var "Udvalget vedr. fysik i gymnasiet"<sup>5</sup> blev nedsat i oktober måned 1985, og det fik til opgave at

undersøge gymnasiets fysikundervisning og stille forslag til forbedringer, der under fastholdelse af det faglige niveau moderniserer undervisningen og løser eventuelle problemer, som måtte blive afdækket gennem undersøgelsen.

(Fysik i gymnasiet 1987, s. 5)

Udvalget skulle bl.a. komme med forslag til, hvordan eventuelle problemer ved overgangen fra folkeskolens fysik/kemiundervisning til gymnasiets fysikundervisning kunne undgås; undersøge motiveringsproblemer over for fysik blandt gymnasieelever (især pigerne); vurdere undervisningens indhold og form, og om laboratoriearbejde kunne afhjælpe nogle af de problemer, som udvalget afdækkede. Udvalget skulle således arbejde med mange af de problemer, som de før omtalte undersøgelser havde afdækket, og komme med forslag til løsninger. *Fysik i gymnasiet*, som var resultatet af udvalgets arbejde, falder i to hoveddele. I den ene del er overvejelserne bag forslaget til et nyt læseplan for faget; forslaget udgør så den anden del.

Det blev af udvalget opfattet som et problem, at forholdsvis få studerende lod sig rekruttere til



Figur 17.1 Diagrammet viser fordelingen af elever på grenhold inden for den matematiske linje.

mF = matematisk-fysisk gren, mN = matematisk-naturfaglig gren mS = matematisk-samfundsfaglig gren, mM = matematisk-musisk gren og fsø = forsøgordning. Kilde: Danmarks statistik.

<sup>5</sup> I udvalget sad: Peter Lawætz, DTH (formand); Nils O. Andersen; H.C. Ørsted Institutet; Karin Beyer, IMFUFA, Roskilde Universitetscenter; Carl P. Knudsen, Direktoratet for Gymnasieskolerne og HF; Jens Ledgaard, Siemens; Arne Mikkelsen, Direktoratet for Gymnasieskolerne og HF; Henry Nielsen, Det fysiske Institut, Århus Universitet; Helge Kastrup, Kildegård Gymnasium, K. Møller Petersen, Århus Teknikum; Helene Sørensen, Hvidovre Skolevæsen. Dvs. der i udvalget sad mange af de folk der havde ytret sig i debatten (jfr kapitel 16): Karin, Beyer (Piger & Fysik), Henry Nielsen (GF-projektet), Arne Mikkelsen og Carl P. Knudsen (Fysiklærerforeningens forslag og fysik 85). Endvidere deltog Helene Sørensen i tilsvarende disussioner vedrørende folkeskolens fysikundervisning.

de teknisk-naturvidenskabelige fag i begyndelsen af 80'erne, idet der forudsagdes et stort behov for stillinger inden for dette område<sup>6</sup>. Det var en uddannelsespolitisk målsætning, at andelen af en årgang, som uddannede sig inden for de tekniske naturvidenskabelige uddannelser skulle øges fra 10% til 20% (*Fysik i gymnasiet* 1987, s. 7). Problemet med rekruttering af teknisk naturvidenskabelig arbejdskraft, blev forstærket af, at pigerne i høj grad fravalgte fysik på højt niveau i gymnasiet. Mens gymnasiets elevtal i løbet af 60'erne steg dramatisk, var søgningen til mat-fys-linien i absolutte tal stort set konstant, hvilket vil sige, at der skete et relativt fald i søgningen. Det forudsås altså, at man blev nødt til at tiltrække flere elever til fysik, og især til fysik på højt niveau, hvis samfundet skulle undgå flaskehalsproblemer inden for bestemte områder af erhvervslivet.

Udvalget kritiserede den videnskabscentrede undervisningsform, og henviser til at danske og udenlandske undersøgelser har påvist, at eleverne ikke var i stand til at anvende den erhvervede viden i en bredere sammenhæng. Udvalget nævnte nogle af de samme problemer med denne type undervisning, som vi har været inde på tidligere: eleverne opfatter faget isoleret fra andre dele af omverdenen (mangler relationer til teknik, naturfænomener, fysikkens udvikling på forskellige områder m.m.).

Forbindelsen til naturfænomener og teknik forekommer ikke eleverne åbenbar, og fysikkens enorme betydning - på godt og ondt - som en af drivkræfterne bag den kulturelle, tekniske og samfundsmæssige udvikling er for mange elever blot en påstand.

(*Fysik i gymnasiet* 1987, s. 11)

Der gives således udtryk for det, som flere har gjort tidligere, nemlig at undervisningen relateres til nogle ting, der er knyttet til elevernes hverdag på en eller anden måde for derved at skabe større forståelse (og i sidste ende større motivation for faget).

### Fysikundervisningens mål og form

Udvalget foreslog følgende målsætningen for fysikundervisningen:

undervisningen skal stille en fond af viden til elevernes rådighed, viden om centrale begreber, teorier og metoder fra videnskabsfaget fysik. Denne viden skal formidles i en sammenhæng, der belyser aspekter af det moderne samfund og det moderne verdensbillede. Endvidere skal undervisningen udstyre eleverne med kompetence til dels på kvalificeret vis at deltage i kultur- og samfundslivet, dels at videreudanne sig. Endelig skal undervisningen udvikle elevernes selvstændighed og kreativitet.

(*Fysik i gymnasiet* 1987, s. 10)

I udvalgets forslag er formål og mål med undervisningen beskrevet således:

Formålet er at give eleverne

- omverdensforståelse og viden om det naturvidenskabelige verdensbillede,
- indsigt i fysiske principper og metoder, der danner grundlag for vor tids teknik, samt
- fortrolighed med fysisk tankegang og metode.

Som mål for undervisningen foreslås, at eleverne

- opnår en sammenhængende forståelse af centrale områder af den klassiske og den moderne fysik ved indblik i begrebsdannelse, teoretiske metoder og eksperimentelt arbejde.

---

<sup>6</sup> Steffen Møller-udvalgets betænkning (Betænkning om Ingeniør- og teknikeruddannelsernes fremtid).

## Kapitel 17

---

- kan anvende fysiske principper og metoder til på udvalgte områder at beskrive den materielle omverden,
- har udviklet en sådan selvstændighed, at de kan bearbejde information om teknisk og naturvidenskabeligt prægede problemstillinger med relevans for kultur- og samfundslivet,
- og at de desuden kan formulere sig mundtligt og skriftligt herom.

(Fysik i gymnasiet 1987 s. 20)

Udvalget lagde vægt på, at fysikundervisningens almindennende formål er lige så vigtigt som det studieforbereende. Videnskabsfagets fagindhold, dets teorier, centrale begreber og metoder, blev nu beskrevet i det såkaldte kernestof, som er et minimumskrav til undervisningens indhold af "det hårde stof". Ved at skære i dette stof blev der nu plads til at lægge vægt på andre områder, som har relationer til fysikfaget (aspekter af det moderne samfund og det moderne verdensbillede). For at undervisningen skulle komme til at inddrage disse andre sider af fysikfaget sikredes ved, at undervisningen skulle omfatte følgende fem dimensioner, som langt hen ad vejen ligner dem fra GF-projektet.

- Den nære omverden
- Et sammenhængende verdensbillede
- Teknik
- Teknologi og samfund
- Naturvidenskab og idehistorie.

Det præger gennemgående forslaget, at der skulle ske en opprioritering af det almindennende formål i forhold til den daværende undervisning. Dette kan ses som en reaktion på, at den studieforbereende side af faget i den videnskabscentrerede undervisning blev prioriteret højere end den almindennende. På den anden side begrundedes den større vægt på den almindennende side af faget med den hastige samfundsudvikling, og det er et demokratisk mål at så mange som muligt kan tage stilling hertil. Dette mål nås bl.a. gennem de fem foreslåede dimensioner gennem hvilke, der brydes med den isolation af faget i forhold til andre fag, naturvidenskabelige såvel som humanistiske.

Med hensyn til undervisningsformen lægges der også op til forandringer. Undervisningen skulle bygges op omkring temaorienterede og systematiske forløb. Især i 1. g skulle der lægges vægt på tematiske forløb, hvorimod den senere undervisning på højt niveau i højere grad byggede på systematiske forløb. De systematiske forløb skal bruges, hvor indre sammenhænge i den fysiske teoridannelse skal belyses, eller ved generalisering og uddybning af grundlæggende begreber. Sådanne forløb svarer stort set til den traditionelle lærebogsundervisning.

Argumentet for den temaorienterede undervisning var ifølge udvalget, at det er mere motiverende for eleverne og gør undervisningen mere sammenhængende. Temaet skal tage udgangspunkt i noget, som eleverne finder interessant, og hvor fysikfaget på samme tid spiller en væsentlig rolle. Den tematiske undervisning er bedst, hvor aspekter af samfundet eller af fysikkens verdensbillede skal belyses. Dimensionerne skal indgå i både systematiske og tematiske forløb.

### Lawætz-udvalgets syn på praktisk arbejde

Med hensyn til det eksperimentelle arbejde foreslås, at dette arbejde skal indeholde større selvstændighed og kreativitet. Eleverne skal, så vidt det kan lade sig gøre, selv få ideerne og arbejde videre ud fra disse. Udvalget var positivt stemt over for det eksperimentelle arbejde, bl.a. fordi det blev anset for at være populært blandt eleverne. Men de ønskede en ændring i forhold til de daværende elevforsøg. Disse

hviler på en meget stærk og noget stiv tradition. Den indebærer, at hovedparten af eksperimenterne er opbygget over den samme skabelon og tilpasset, så de kan gennemføres på en eller to lektioner. Det er udvalgets opfattelse, at der er behov for en større variation med hensyn til både form og indhold.

(Fysik i gymnasiet 1987 s.15)

Som der i de forgående diskussioner havde været lagt op til, skulle de gamle kgebogsøvelser pensioneres, og der skulle gøres plads til noget nyt. Men ikke alene den måde, som de traditionelle øvelser blev udformet og gennemført på, stod her for skud, også indholdet af dem trængte ifølge udvalget til at blive frisket op. Det blev ikke nævnt direkte, men man aner et ønske om også her at gøre undervisningen mere vedkommende for eleverne.

Efter udvalgets mening var formålet med det praktiske arbejde bl.a. at "give eleverne et førstehåndskendskab til fysiske fænomener og målemetoder og opøve deres færdighed i at omgås moderne teknisk apparatur og evne til at drage konklusioner af indsamlede data". Eleverne skulle desuden have mulighed for at bruge deres kreativitet og fantasi i forsøgene i stedet for blot at reproducere. Udvalget foreslog, at omfanget af det praktiske arbejde skulle være ca. 40 lektioner, hvoraf halvdelen skulle bruges på elevøvelser og den anden halvdel på større eksperimentelle projekter. Dette projektarbejde skulle foregå i mindre grupper, således at eleverne lærte at samarbejde i grupper. Sådan et projekt skulle resultere i en gruppe rapport.

Udvalget beskæftigede sig også med problemerne med at tiltrække pigerne til faget. Her følger udvalget langt hen ad vejen de synspunkter, der kommer til udtryk i *Piger & Fysik* (se afsnit 16.2). Således mener udvalget

...at de fremlagte hovedforslag, hvor undervisningen skal omfatte både kerne stof og dimensioner og veksle mellem systematisk og tematisk tilrettelæggelse, sammen med de øvrige forslag til ændringer i undervisningsstilen vil være et godt grundlag for en tilstræbt udvikling mod en mere hensigtsmæssig balance.

(Fysik i gymnasiet 1987, s19)

Som noget nyt foreslog udvalget et målrettet samarbejde i udvikling og udformningen af undervisningsmateriale. "Opgaven har så stort et omfang, at det er nødvendigt med en koordineret og professionel indsats i udviklingsarbejdet. Det bør ikke længere foregå spredt og tilfældigt og alene være afhængigt af enkeltpersoners ekstraordinære indsats."

### Opsamling på Lawætz-udvalgets arbejde

Udvalget havde ladet sig påvirke af GF-projektets anbefalinger, ved at foreslå temaorienteret undervisning og de fem dimensioner af fysikfaget i undervisningen.

Undervisningen skulle bygge på et andet grundlag end den videnskabscentrede undervisningsform fra 60'erne. Adskillige undersøgelser havde nemlig vist, at den abstrakte videnskabscentrede undervisningsform var for svær for eleverne, at de måske ikke var modne til

det på denne alderstrin og at den abstrakte og virkelighedsfjerne undervisning ikke talte til elevernes interesse. Dimensionerne indførtes for at inddrage også andre sider af fysikfaget, og for at sætte faget i relation til andre områder. Dette skulle imødekomme mange elevers ønske om en mere virkelighedsrelateret fysikundervisning, som de både kan relatere til deres hverdag og til forhold i samfundet. Groft sagt skal dimensionerne, ud over at styrke den almindelige side af faget, gøre faget appetitligt for flere gymnasieelever, således der kan rekrutteres flere til fysikfaget og i den sidste ende til de tekniske naturvidenskabelige uddannelser. Den temaorienterede undervisning skulle også gøre faget mere appetitligt og lade faget indgå i løsning af virkelige problemer. Temaerne gør det desuden muligt at sprænge snævre faggrænser, når et problem skal løses.

Der blev også lagt op til en ændring af rammerne for det praktiske arbejde. Antallet af de traditionelle to-timers elevøvelser, som blev indført i begyndelsen af dette århundrede (jf. kapitel 8), skulle skæres ned, således der blev plads til længere eksperimentelle forløb, hvor eleverne i højere grad kan være med til planlægningen af det praktiske arbejde/eksperimentet i stedet for det gamle system med vejledninger, som virkede som kogeopskrifter.

### 17.3 Ændring af gymnasistrukturen

1988-reformen bestod af en ændring af gymnasistrukturen og ikke mindst af en revision af fagindholdet. Vi vil i dette afsnit se på, hvordan gymnasiet kom til at se ud, efter man forlod den grenstruktur, der blev indført ca. 30 år tidligere. Den nye læseplan for fysik vender vi tilbage til i afsnit 17.4.

#### Strukturændring i gymnasiet; lov af 10/6 1987.

Baggrunden for ændringen af strukturen var bl.a. et ønske om at gøre gymnasiet mere fleksibelt og bl.a. også at indføre flere fag. En nærmere gennemgang af de forhold, der gjorde sig gældende har vi ikke fundet plads til her. Ændringen gik ud på, at der nu skulle være to linier, henholdsvis en matematisk og en sproglig linie, i stedet for den tidligere grenstruktur. Eleverne har i 2. g (1 valgfag) og især i 3. g (3 valgfag) mulighed for at vælge mellem en række tilvalgsfag enten på højt niveau og mellemniveau. Mindst to af valgfagene skal være på højt niveau. Valgfagene på mellemniveau er latin, geografi, kemi, matematik, teknikfag, filosofi, musik, billedkunst, samfundsfag, biologi, fysik, informatik, erhvervsøkonomi, dramatik, idræt og film- og tv-kundskab. Disse fag er fælles for de to linier bortset fra matematik og fysik, som kun bliver tilbudt den sproglige linie.

Der er visse bindinger til valget af fagene. På matematisk linie skal mindst et af højniveausfagene være matematik, biologi, fysik, kemi eller samfundsfag. Hvis eleven har valgt både matematik og fysik på højt niveau, skal også vælge kemi på mellemniveau eller højt niveau (elever med disse valgfag undervises på større gymnasier særskilt i matematik og fysik i 3.g). I tabel 17.1 og tabel 17.2 ses timestfordelingen på den matematiske linje samt antallet af timer på højt niveau for hver enkelt fag.

Efter reformen er der mange muligheder for kombinationer. Vi vil her vise nogle eksempler:

2 højniveau og 1 mellemniveau: fysik (3+3+5), matematik (5+5+5) og kemi (3+0+4)

2 højniveau og 2 mellemniveau: fysik (3+3+5), engelsk (3+4+5), biologi (3+4+0) og kemi (3+0+4).

3 højniveau: matematik (5+5+5), fysik (3+3+5) og kemi (3+4+5)

## Bestemmelser for gymnasieundervisningen

	1.g	2.g	3.g
Religion	-	-	3
Dansk	3	3	4
Historie	3	3	3
Engelsk	3	4	-
Oldtidskundskab	-	-	3
Geografi	-	3	-
2. sprog	4	4	-
Biologi	3	-	-
Fysik	3	3	-
Kemi	3	-	-
Matematik	5	5	-
Musik	3	-	-
Billedkunst	-	-	2
Idræt	2	2	2
Valgfag	-	4-5	14-15
Ialt	32	31-32	31-32

Tabel 17.1 Timefordelingen på den matematiske linje

	2.g	3.g
Matematik	-	5
Fysik	-	5
Kemi	4	5
Biologi	5	5
Samfundsfag	5	5
Musik	5	5
Engelsk	-	5
Tysk	-	5
Fransk	-	5
Spansk	-	5
Russisk	-	5

Tabel 17.2 Timefordelingen for valgfagene på højt niveau på den matematiske linje.

Forskellen i forhold til grengymnasiet er, at eleverne kan have et større antal timer i bestemte højniveausfag: kemi: 12 timer mod 6; biologi: 13 timer mod 11. Andre fags højeste niveau blev beskåret i forhold til tidligere: fysik: 11 timer mod 12; matematik: 15 timer mod 17. Den største forskel er muligheden for at have nogle af de traditionelle sproglige fag på højt niveau som f.eks. engelsk, og at der derudover er mulighed for valg af traditionelle naturvidenskabelige fag (kemi, biologi) eller nye valgfag som teknikfag eller erhvervsøkonomi på mellemniveau. Der er altså stadigvæk muligt at sammensætte kombinationer svarende til grengymnasiets grene.

### 17.4 Bekendtgørelsen fra 1988.

Lawætz-udvalgets indstillinger stemte indholdsmæssigt overens med bekendtgørelsens. Tankerne bag bekendtgørelsens tekst kan altså findes i *Fysik i gymnasiet 1987-rapporten*.

#### Mål og metoder

Formålet med undervisningen på matematisk linje, obligatorisk niveau er:

- at eleverne opnår omverdensforståelse og viden om det naturvidenskabelige verdensbillede,
- at eleverne opnår indsigt i fysiske principper og metoder, der danner grundlag for vor tids teknik, og
- at eleverne opnår fortrolighed med fysisk tankegang og metode.

Det er undervisningens mål,

- at eleverne opnår forståelse af centrale områder af den klassiske og den moderne fysik ved arbejde med fysiske teorier og eksperimenter,
- at eleverne bliver i stand til at anvende fysiske principper og metoder til at beskrive udvalgte områder af den materielle omverden,
- at eleverne bliver i stand til at bearbejde og vurdere information om teknisk og naturvidenskabeligt prægede problemstillinger med relevans for kultur- og samfundslivet, og
- at eleverne bliver i stand til at formulere sig mundtligt og skriftligt om fysiske og tekniske emner.

## Kapitel 17

---

Formålet for matematisk linie, højt niveau er næsten ordret den samme som for obligatorisk niveau, mens målet med undervisningen for højt niveau, er "at eleverne skal opnå en sammenhængende forståelse af centrale områder af den klassiske fysik ...". Desuden er kernestoffet naturligvis forskelligt for obligatorisk og højt niveau.

Dimensioner i fysikundervisningen er ens for højt og obligatorisk niveau, mens vægten på de enkelte dimensioner er forskellig. På obligatorisk niveau skal alle dimensioner tilgodeses, men vægten lægges på dimensionerne Den nære omverden, Fysikkens verdensbillede og Teknik på højt niveau. Dimensionerne er følgende:

### **Den nære omverden**

Eleverne skal opnå forståelse af, at fænomener i den nære omverden kan forklares på fysisk grundlag.

### **Fysikkens verdensbillede**

Eleverne skal opnå indtryk af fysikken som en sammenhængende naturbeskrivelse.

### **Fysikken i historisk og filosofisk betydning**

Eleverne skal opnå kendskab til dele af fysikkens historie og få et indtryk af fysik som erkendelsesform.

### **Teknik**

Eleverne skal opnå kendskab til konkrete anvendelser af fysikkens resultater og metoder indenfor teknik.

### **Teknologi og samfund**

Eleverne skal få indblik i, at fremskridt inden for fysikken er nært forbundet med den samfundsmæssige og teknologiske udvikling.

Især med den første dimension, som prioriteres højt i l.g, imødekommes ønsket om en mere virkelighedsnær fysikundervisning. Her kan der komme ind på hverdagsfænomener. Fysikken kan sættes i relation til elevernes hverdag, og til de tekniske hjælpemidler som omgiver dem i hverdagen. Der er mulighed for, at vejr-fænomener kan behandles. Fysikken gøres hermed vedkommende og virkelighedsnær i modsætning til den abstrakte fysik efter den foregående læseplan.

### **Praktisk arbejde**

Det praktiske arbejde omfatter på obligatorisk niveau 30 lektioner, hvoraf halvdelen af tiden bruges til 1 eller 2 "eksperimentelle projekter", hvor eleverne evt. selv kan være med til at planlægge eksperimentet. Disse større eksperimenter foregår i små grupper, og der afleveres en samlet grupperapport. Den anden del af det praktiske arbejde foregår stadigvæk som mindre øvelser, der udføres i mindre hold, og hvor der afleveres en individuel rapport. På højt niveau skal det praktiske arbejde ligeledes svare til 30 lektioner (de har altså dobbelt så mange lektioner pr. år til det praktiske arbejde i forhold til obligatorisk niveau), hvoraf de 20 skal bruges på elevøvelser og resten på et større eksperimentelt arbejde. I forbindelse med det eksperimentelle projekt skal eleverne selv formulere problemet og indhente relevant litteratur om emnet og designe opstillingen. På højt niveau skal eleverne udarbejde et større skriftligt opgave; det anbefales stærkt i de vejledende retningslinier, at indholdet får "eksperimentel karakter. Netop på det eksperimentelle område er der rige muligheder for, at eleven kan arbejde selvstændigt og kreativt" (Bekendtgørelse og vejledende retningslinier).



## Bestemmelser for gymnasieundervisningen

I vejledningen hedder, at gennem eksperimenter kan eleverne få et førstehåndkendskab til de fysiske fænomener. De er altså oplagte at bruge i introduktionsforløb, der køres som en indledning til et nyt område. Ligeledes kan læreren for klassen demonstrere fysiske fænomener gennem kvalitative eksperimenter.

I modsætning til tidligere lægges der i bekendtgørelsen og de vejledende retningslinjer meget vægt på omverdensforståelse, som det blev anbefalet bl.a. af Lawætzt-udvalget. Dette gælder ikke mindst det praktiske arbejde. Det hedder nemlig, at "...det eksperimentelle udstyr kan konkret vise eleverne en side af den tekniske virkelighed" (Bekendtgørelsen, s. 221). Endvidere:

Eleverne skal opleve en sammenhæng mellem fysikeksperimenterne i skole og fænomener i den nære omverden, f.eks. de tekniske hjælpemidler i hjemmet. Endvidere kan man udnytte, at eksperimenter er en let indgang til arbejde med konkrete anvendelse af fysikkens resultater og metoder inden for teknikken.

(Bekendtgørelsen, s. 221)

Dette uddybes i omtalen af dimensionerne. I forbindelse med dimensionen "den nære omverden" står der således:

Det er oplagt at inddrage denne dimension i det eksperimentelle arbejde. Ofte bruges et eksperiment til at demonstrere en målemetode. Som måleobjekt kan man anvende genstande, som eleverne kender i forvejen i stedet for specielt konstruerede måleobjekter. Undersøgelse af et dagligdagsobjekt kan endvidere være et godt udgangspunkt for et eksperimentel projekt.

(Bekendtgørelse, s. 223)

Her lægges der op til en afmystificering af fysikken og specielt det praktiske arbejde. De specialfremstillede apparater, som oftest bruges i elevøvelserne kan udmærket erstattes af mere dagligdags ting. Man kan sagtens bruge et kaffebæger fra DSB i stedet for et kalorimeter. Man slår altså til lyd for at bevæge sig væk fra det "hvidkittede" look til noget jordnært og vedkommende. Cerns cyklotroner og NASA's månelandinger er kun en meget lille del af den fysiske verden. Skrivebordets arkitektlampe og køkkenets komfur er en anden og mindre eksotisk, men mindst lige så vigtig en del af fysikkens område.

Endelig lægges der op til at det skriftlige arbejde i forbindelse med praktisk arbejde får en mere fremtrædende funktion. Kendetegnende for denne del af faget har indtil dette tidspunkt været standard fysikrapporten, hvor formål, apparatur, måleresultater, databehandling og konklusion opremses nærmest pr. refleks. Dette blødes der en smule op i de vejledende retningslinjer:

Ved et mere omfattende eksperiment eller en serie af simple eksperimenter er der mulighed for at opøve eleverne færdighed i at gøre rede for en fysisk undersøgelse i skriftlig form. Her kan der udarbejdes en rapport, som udtømmende gør rede for eksperimentet, behandlingen af de indsamlede data og for de slutninger, der kan drages af eksperimentet.

(Bekendtgørelse, s.221)

Nogen gennemgribende reformering på dette område er der ikke tale om. Det synes dog, at der bliver lagt op til lidt større rapporter, idet der kan laves én rapport for flere små forsøg.

## Kapitel 17

---

### Kernestof

Kernestoffet blev med denne reform beskåret en smule, bl.a. for at give plads til de ting, der er omtalt herover. Efter den nye bekendtgørelse er kernestoffet på hhv. obligatorisk og højt niveau:

#### Obligatorisk niveau:

##### Energi

Forskellige energiformer og energiomdannelser. Energibevarelse. Energikilder, energilagring og energikvalitet.

##### Elektriske kredsløb

Kredsløb med lineære komponenter. Eksempler på ikke-lineære og aktive komponenter.

##### Bølger

Bølgers udbredelse, interferens, spejling og brydning. Lyd. Elektromagnetiske bølger.

##### Atom- og kernefysik

Atomers og atomkerners bestanddele. Atomers emission og absorption af stråling. Radioaktive henfald. Ioniserende stråling.

##### Mekanik

Lineær bevægelse med konstant hastighed og med konstant acceleration. Lineær harmonisk bevægelse, Newtons love. Arbejde og energi.

#### Højt niveau:

##### Mekanik

Lineær bevægelse med konstant hastighed og med konstant acceleration. Lineær harmonisk bevægelse. Bevægelse i homogene kraftfelter. Jævn cirkelbevægelse. Newtons love. Arbejde og energi. Processer med ideale gasser. Mekanikkens energisætning. Stød. Gravitationsfeltet fra et centrallegeme, satellitbevægelse, kosmologi.

##### Elektricitet og magnetisme.

Elektriske og magnetiske felter. Ladede partiklers bevægelse i homogene elektriske og magnetiske felter.

##### Kerne- og partikelfysik

Kernereaktioner. Ækvivalenter mellem masse og energi. Q-værdi, bindingsenergi og kernestruktur. Subnukleare partikler.

### 17.5 Opsamling.

De to betænkninger, der kom fra hhv. Knud Larsen-udvalget og Steffen Møller-udvalget, lagde ikke direkte op til en ændring af gymnasiet generelt og gymnasiefysikken specielt. Som nævnt skyldes dette, at det lå uden for udvalgenes kommissorier at beskæftige sig med disse ting; men de pegede på nogle problemer, som man måtte tage højde for i forbindelse med en kommende reform af gymnasiet samt udarbejdelsen af en ny læseplan for fysik. Der var sket et relativt fald af elevtilgangen på mF-grenen (omend de faktiske tal var nogenlunde stabile) For få valgte efter gymnasiet at videreudanne sig inden for de tekniske og naturvidenskabelige fag - og det til trods af, at man forudså en samfundsudvikling, der ville betyde en mangel på kvalificerede

inden for disse områder. Begge problemer var specielt markante, når man så på pigerne isoleret.

Fokuseringen på disse problemer fortsatte i de såkaldte Lawætz-udvalg, der skulle komme (og kom) med et forslag til en ny læseplan for gymnasiets fysikundervisning (arbejdet blev sat i gang før den nye strukturændring af gymnasiet var fastlagt, således da denne var på plads, lå der allerede et forslag for en læseplan for fysik, mens man i de fleste øvrige fag først skulle igang).

Bl.a. rapporter fra GF-projektet, Piger & fysik-rapporten og Fysiklærerforeningens debatskrifter og forslag dannede udgangspunkt for udvalgets arbejde (mange af debattøerne var nemlig at finde i udvalget). Af store forandringer endte det med at foreslå indførelse af dimensionerne og de længere eksperimentelle forløb. Endvidere ønskede man at gøre undervisningen mere vedkommende, hvilket skulle opfyldes gennem den tematiske undervisning, som skulle veksle med de systematiske forløb. Dette ville endvidere være et af de tiltag, der skulle få flere piger til at interessere sig for fysik. Hvad angår selve gymnasiet gik man bort fra den gren-struktur, der blev indført i 1963. I stedet fik eleverne selv større mulighed for at vælge, hvilke fag de ville have på højt niveau.

### 17.6 Kilder og litteratur:

*Bekendtgørelse og vejledende retningslinier for fysik* (1988). Undervisningsministeriet, Direktoratet for Gymnasieskolerne og HF.

Betænkning om Ingeniør- og teknikeruddannelsernes fremtid (Steffen-Møller-udvalgets betænkning) (1986). Betænkning nr. 1074. Statens Informationstjeneste.

*Handlingsplan for bedre balance på langvarigt uddannedes arbejdsmarked* (1985) Knud Larsen udvalgets handlingsplan, Undervisningsministeriet, København.

*Fysik i gymnasiet* (1987) (Udvalget vedr. fysik i gymnasiet), Direktoratet for gymnasieskolerne og højere forberedelseksamen, København.

Pedersen, Uffe Gravers (1987): "Gymnasiereformen" i *Uddannelse*, vol. 20, nr. 3.

## **Kapitel 17**

---

# Kapitel

# 18

## Karakteristik af lærebøger og øvelsesvejledninger

### 18.1 Lærebøger.

#### Præsentation.

Vi har valgt at se nærmere på to systemer af lærebøger (dvs. med bøger til 1., 2. og 3.G), nemlig Nielsen og Elvekjærs *Fysikkens verden* samt Fogh & Nielsens *Fysik for 1.G*, *Fysik for 2.G* og *Fysik for 3.G*. (Fogh & Nielsen, 1990) samt lærebogen til højniveau *Fysikkens spor* af Christensen, Clausen og Felsager (Christensen et al. 1991). Som beskrevet i kapitel har vi taget udgangspunkt i mekanikken, hvilket er pensum både på obligatorisk niveau samt på højt niveau. Vi ser på gennemgangen begge steder.

Fogh & Nielsens lærebogssystem udkom i 1990 og er således skrevet efter den nye bekendtgørelse er trådt i kraft. Den er skrevet af to lærere ved Silkeborgs gymnasium Esper Fogh og Knud Erik Nielsen. I forordet hedder det:

Denne bog er skrevet med henblik på fysikundervisningen i gymnasiet. Sammen med "Fysik for 1.G" dækker den kernestoffet på obligatorisk niveau og tilgodeser alle dimensionerne.

(Fogh og Nielsen 1990)

Bogen er:

...opbygget med vekslende systematiske og tematiske forløb. Bl.a. indeholder den et særskilt forløb, der tilgodeser dimensionerne "Fysikkens verdensbillede" og "Fysikken i historisk og filosofisk belysning"

(Fogh og Nielsen 1990)

Men bogen indeholder ikke kun teoristof, idet der er "...lagt vægt på det eksperimentelle", hvilket ses af, at hvert afsnit (fem ialt) afsluttes med et kapitel, der hedder "Eksperimentelle undersøgelser". Disse vil vi komme tilbage til i afsnit 18.2, der handler om øvelser og øvelsesvejledninger.

*Fysikkens spor* af Christensen et al. er som nævnt en lærebog til fysikundervisningen på højt niveau, dvs. i 3.g. Det hedder i forordet, at bogen "...dækker hele kernestoffet på højt niveau, ligesom dimensionerne løbende inddrages." Den indeholder en del stof, som ikke forudsættes gennemgået i bekendtgørelsen, hvilket forfatterne også gør opmærksom på.

## Kapitel 18

Lærebogssystemet *Fysikkens verden* af Nielsen & Elvekjær består af tre bøger *Fysikkens verden 1, 2 og 3*. De to første henvender sig til obligatorisk niveau, mens den sidste er for højt niveau. Dette system er en revideret udgave af et tidligere system. I forordet til bind 3 skriver forfatterne:

Der er i bøgerne lagt vægt på at beskrive fysik som et fag med åbninger mod andre naturvidenskaber og at placere teoriene og deres anvendelse i en bredere sammenhæng. Vi har derfor i vidt omfang integreret dimensionerne i behandlingen af de forskellige emner. Dette har efter vores opfattelse yderligere den effekt, at begrebsindlæringen styrkes væsentligt.

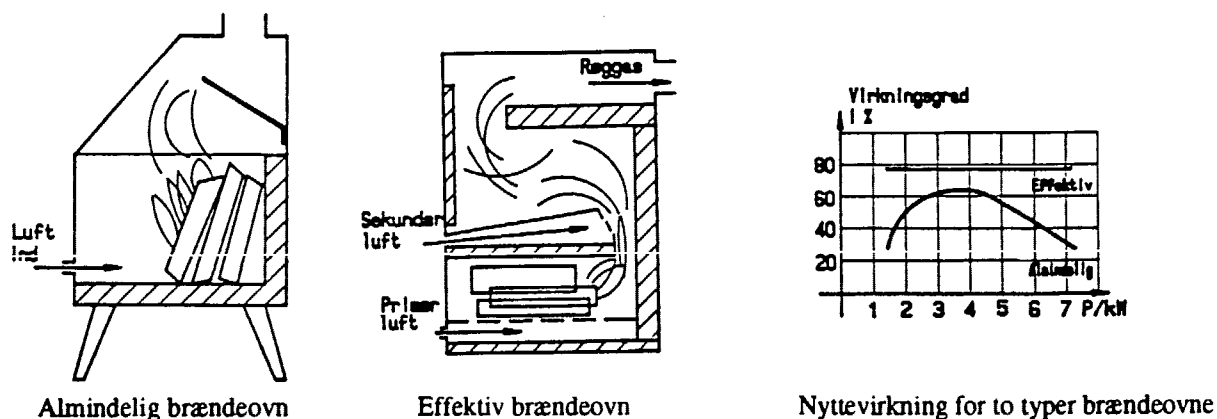
(Nielsen & Elvekjær 1990)

Endvidere gør de opmærksom på, at de enkelte kapitler kan læses uafhængigt af hinanden, hvorfor de både kan bruges i forbindelse med systematiske og tematiske forløb. Afsnittene er indledes med, hvad der kaldes en hovedtekst, der efterfølges af eksempler og forfatternes forslag til eksperimenter. Sidstnævnte vil vi vende tilbage til i næste afsnit samt i appendiks F.

### Karakteristik af lærebøger.

Når man ser på lærebøgerne, der er udkommet efter 1988-reformen, vil man bemærke at abstraktionsniveauet er sænket i forhold til de lærebøger, som vi beskrev i kapitel 13. Dette skyldes forskellige faktorer, som at de matematiske udledninger har fået en mere beskedne rolle end tidligere, at stoffet er mere omverdensrelateret end tidligere og at der ikke køres ensidigt på at vise begrebssammenhænge (for Pihl & Storms vedkommende).

I lærebøgerne, der er udkommet efter 1988-reformen, kan man se, at der er gjort meget for at få lærestoffet til at virke mere interessant og appetitligt. Dette gøres bl.a. ved at drage sammenligninger mellem begreberne og situationer fra hverdagen: i Fysik for 3.g (Fogh og Nielsen) gives der et eksempel på impulsbevarelse med en bokser, hvis næve rammer modstanderens kæbe; i Christensen et al. (s. 57) omhandler en opgave motorcykelkørsel i en dødsdrom. Hverdagsrelateringen vil i nogle tilfælde først og fremmest gælde for drengene, idet eksemplerne i mange tilfælde er hentet fra drengenes verden: bokser, fly, skibe, raketter, racerbiler, motorcykler o.s.v. I Christensen et al. er der mange billeder, der er taget fra hverdagsbegivenheder, f.eks. en baby i en hoppegyng, en skiløber eller en fodboldspiller. Den tilhørende tekst henviser ikke direkte til billedet, eleven må således selv prøve at koble situationerne fra billedet



Figur 18.1. Konstruktionen af en almindelig og en effektiv brændeovn (Fogh og Nielsen s. 29).

med teorien, der gennemgås i teksten.

Som bekendtgørelsen også lægger op til bliver der nu igen lagt vægt på tekniske anvendelser. I Fogh og Nielsen for 1. g gives der f.eks. en beskrivelse af, hvordan et centralvarmesystem fungerer, og der vises et eksempel på, hvordan en "effektiv brændeovn" er konstrueret (disse dele bliver nok især behandlet i 1. g i forbindelse med dimensionen teknik). Også hos Christensen et al. gives der en del eksempler, men her er mange af dem taget fra forskningens verden. De tekniske anvendelser behandles ikke særlig indgående i Elvekjær og Nielsen.

I særlige perspektiverende afsnit af Fysikkens spor beskriver kendte forskere sider af deres forskning, sider som eleverne sandsynligvis vil fatte interesse for: Holger Bech Nielsen om strengeteori; Risøforskere om cyklotronforskning; overfladeanalyse ved ionspredning af en forsker fra Odense Universitet. I Fogh og Nielsen for 3. G. er billedet lidt det samme. Her gennemgås tandemacceleratoren på Århus Universitet. Gennemgangen er illustreret med billeder af acceleratoren, hastighedsfiltret og kontrolrummet.

Som vi så i de forrige kapitler, blev der både i vejledningen og i diskussionerne forud for reformens gennemførelse lagt vægt på, at brugen af EDB skulle inddrages i undervisningen. Dette afspejles også i lærebøgerne. Der bliver i Christensen et al. og i Fogh og Nielsen anvendt EDB i særlige undervisningsforløb. Det drejer sig i disse værker om simuleringer med programmet DYMOS, og i Fogh og Nielsen inddrages desuden databehandling med regneark.

### 18.2 Øvelsesvejledninger.

#### Præsentation.

Vi har taget øvelserne fra de lærebogssystemer, som vi har behandlet i forrige afsnit. I Fogh & Nielsen afsluttes hvert afsnit med et afsnit, som hedder "eksperimentelle undersøgelser". Her gives forslag til praktiske elevøvelser. Elvekjær & Nielsen har i forbindelse med de fleste kapitler forslag til en eller flere praktiske elevøvelser. I Fysikkens spor er der efter hvert kapitel et afsnit som hedder "aktiviteter", som indeholder såvel opgaver som forslag til praktiske øvelser.

#### Karakteristik af øvelsesvejledninger.

Reformen fra 1988 lagde op til en større åbenhed mod den verden, der ligger uden for fysiklokalet. Som vi så i forbindelse med det gængse lærebogsstof, var dette lykket for de lærebogssystemer, vi har set på. Samme tendens finder vi for to af systemernes vedkommende, når vi ser på det praktiske arbejde. I Christensen et al. er der i forbindelse med bevægelse med konstant acceleration to små øvelser, der hører fysikken uden for laboratoriet. Den ene handler om at bestemme vandhastigheden i en haveslange (jf. appendiks F.4), mens den anden handler om at finde den maksimale længde af en væskestråle, der kommer ud af et hul i en mælkekarton (man skal så flytte hullets højde) (jf. appendiks F.5) I den sidste øvelse skal eleverne selv opstille en teori for, hvor på kartonen der skal prikkes hul for at opnå den længste stråle. I Fogh og Nielsen 3.g finder vi en øvelse, hvor man skal skyde en tinsoldat ned med en lille hjemmelavet slangebøsse (jf. appendiks F.3), hvor udskydningsvinklen kan reguleres. Her drejer det sig om at forudsige, den mest gunstige vinkel og derefter prøve. I Fogh og Nielsen finder vi en øvelse, hvor energi forbruget af en knallert under kørsel skal bestemmes (jf. appendiks F.2). Fælles for disse øvelser er at noget lært teori bruges til at løse et konkret (ikke videnskabeligt) problem. Samtidig kræver de ikke specialdesignet udstyr, men kan udføres ved

## Kapitel 18

---

at bruge ting, som eleverne kender fra deres dagligdag. Der sker altså en afmystificering og en relatering til kendte situationer, hvilket er medvirkende til at øvelserne ikke virker så abstrakte. Det skal dog samtidig nævnes, at de traditionelle øvelser (med hensyn til form og indhold) stadig findes. I Fogh og Nielsen finder vi f.eks. en øvelse, der omhandler energiforhold under det frie fald med Atwoods faldmaskine (jf. appendiks F.1).

Det er kendetegnende for de øvelsesvejledninger, vi har set på i kapitlerne 8 og 13, at de er temmelig detaljerede. Dette er der også forsøgt at ændre på. I Elvekjær og Nielsen, bd. 3 finder man en del øvelser, hvor det er op til eleven selv at finde ud af, hvordan målingerne skal laves. Et eksempel på dette er øvelsen om stød på luftpudebane (jf. appendiks F.9). Som nævnt er det ikke kun øvelser af denne slags, vi finder i de tre lærebogssystemer. Øvelsen, hvor eleven får det meste forklaret er stadig med (dette forhold er måske mest udtalt i Fogh og Nielsen, som har mange øvelser med detaljerede vejledning).

Vi var i kapitel 8 og 13 inde på, at det kunne være svært at finde ud af, hvad formålet med den enkelte øvelse var. Overskriften kunne måske være "Newtons 2. lov", men det fremgik ikke klart, om den skulle eftervises eller udledes, eller om øvelsen blot skulle illustrere brugen af denne lov. I de øvelser, som vi beskrev ovenfor (vandslangen, mælkekartonen f.eks., se appendiks F.4 og F.5), er det meget klart, hvad det handler om. F.eks. hedder det i øvelsen med vandslangen:

Tag 2, 5, 10 og 20 meter tynd have slange og undersøg (sikkert bedst udenfor), om vandhastigheden ved munden afhænger af slangens længde.

(Christensen et al., s. 45)

Her fremgår det klart, hvad det er eleverne skal undersøges. Ligeledes finder vi i Fogh og Nielsen for 3.g øvelser, der indledes med: "Formålet med denne øvelse er...", f.eks. indledes knallert-øvelsen (se appendiks F.2) med følgende ord: "Forsøgets formål er at give et indtryk af, hvordan en knallert udnytter energien i benzinen." I Christensen et al. klarer man sig med en sigende overskrift.

### 18.3 Praktisk elevarbejde på en ny måde.

I afsnit 16.3 var vi inde på såkaldte store eksperimentelle opgaver, som en gruppe lærere ved Allerød Gymnasium gennemførte omkring 1980, dvs. før den nye læseplan for fysik trådte i kraft. Som vi så, blev praktisk arbejde af denne form en del af den nye reform, således man i alle matematiske klasser skal lave en række af denne slags øvelser.

#### Århusprojektet

Men også efter den læseplan er trådt i kraft har man prøvet at tilføre det praktiske arbejde nye idéer; prøvet at opfylde dens intentioner ikke bare på papiret, mens også helt konkret. Et forsøg på dette er det såkaldte Århus-projekt, som Henry Nielsen og Poul V. Thomsen stod i spidsen for. Sammen med lærere fra Marselisborg Gymnasium, Langkær Gymnasium samt fra Århus Akademi udvikledes tre undervisningsforløb, som er beskrevet i rapporten *Fysik i 1.G - med konstruktivistisk indfaldsvinkel*. Som det fremgår af titlen, er gruppens ståsted konstruktivismen, hvis idéer også genfindes langt hen ad vejen i den nye læseplan. Vi har altså her at gøre med folk, der virkelig har intentioner om at opfylde ånden i planen. I dette afsnit vil vi kort beskrive indholdet i de tre forløb. Desuden vil vi prøve at give en vurdering af dem på



## Karakteristik af lærebøger og øvelsesvejledninger

samme måde, som vi har gjort med øvelserne herover. Man skal dog være opmærksom på, at der netop her er tale om forløb og ikke enkelte øvelse, som i det forrige afsnit. Endvidere holder de ikke alle sig inden for den disciplin, mekanik, som vi ellers har hentet stof fra. Dette har vi valgt at se stort på her, da nedskrevne beskrivelse om forsøg med praktisk elevarbejde med afsæt i konstruktivismen ikke foreligger i hobetal.

Der blev gennemført tre forløb for 1.G.-klasser. Disse er:

- Et sammenhængende introduktionsforløb til energi over 34 lektioner.
- Indarbejdelse af en række "forsøg med flere frihedsgrader" i et forløb om mekanisk og termisk energi over 27 lektioner.
- Introduktionsforløb til elektriske kredsløb over ca. 10 lektioner.

Lærerne, som kørte de tre forløb, mødtes både før og under gennemførelsen og diskuterede mål og resultater af forløbene. I denne sammenhæng vil vi koncentrere os om det første og det tredje forløb, som vi finder indeholder spændende momenter. Introduktionsforløbet om energi blev gennemført på Marselisborg Gymnasium med Lars Krogh som lærer. Han fremfører selv, at filosofien bag dette

...forsøg på konstruktivistiske introduktionsforløb er at aktivere eleverne omkring fysik, fremfor formulere faglige minimumskrav.

(Krogh 1991)

Han er således inspireret af de konstruktivistiske idéer og lægger bl.a. meget vægt på elevøvelser med frihedsgrader, hvilket han forklarede eleverne inden forløbet. Hans udgangspunkt var:

Eleverne skal aktiveres til at formulere forventninger til fysiske problemstillinger. Ved afprøvelse og diskussion forsøges bæredygtige (og fysisk relevante) forklaringsmodeller konstrueret. Arbejdet søges afstemt efter elevernes forudsætninger og skulle gerne bearbejde medbragte hverdagsforestillinger.

(Krogh 1991)

Kernen i forløbet var 10 eksperimentelle opgaver, som blev udleveret løbende og grupperne (3-4 elever) fik 15 minutters overvejelse inden de gik i krig. Til de første øvelse skulle der føres "dagbog", hvilket blev afløst af journal- og senere endnu rapportskrivning. De eksperimentelle opgaver er (ifølge Krogh selv) kendetegnet ved mange frihedsgrader og ved at tage udgangspunkt i konkrete fysiske problemstillinger, som umiddelbart siger eleverne noget. For at illustrere det første over for eleverne blev de ligeledes sat til at lave en traditionel kagebogsøvelse om tyngde- og gnidningskraft. Derved skulle de opdage de 10 øvelsers gode sider (han kalder dette et forsøg på metakognition). Eleverne læste efter de enkelte øvelser almindeligt lærebogstof, men havde aldrig mulighed for at læse forud og således være forberedte på det skulle ske den pågældende dag. Dette skyldes, at der forud for hver øvelse blev brugt ca. 15 minutter til "forventningsopbygning". Den brugt lærebog er Elvekjær og Degn Nielsens *Fysikkens Verden 1*, som vi også har omtalt i de foregående afsnit.

En øvelse handler om bremselængden af en legetøjsbil (se øvelsen i appendiks F.13). Her er meget at gå i gang med for de kreative elever. De skal planlægge, men ikke udføre forsøget selv. Man kan sige, at problemet er af den slags, der umiddelbart appellerer mere til drenge end til piger (der var to rene pige-grupper samt 6 drenge ditto). Det er altså selve

## Kapitel 18

---

planlægningen af forsøget, der er interessant og øvelsens egentlige formål. De skal overveje (og diskutere med hinanden), hvordan man kan undersøge det stillede problem eksperimentelt.

Generelt skriver Krogh om formuleringen af disse eksperimentelle opgaver, at de lykkedes: "Omformuleringen af fysik til problemer stimulerer tilsyneladende fantasi og forventning og bærer nok hovedæren for det høje aktivitetsniveau" (Krogh 1991). Her er praktisk arbejde altså medvirkende til, at eleverne er bedre motiveret end normalt.

En anden opgave omhandler en faldende urtepotte (se appendiks F.12). Her skal eleverne bruge viden, som de har erhvervet sig gennem den teoretiske undervisning og overføre denne viden på en konkret problem, som de fleste kan forstå. Men som det fremgår af nedenstående kommentar fra klassen lærer, var det svært at se sammenhængen mellem formler og så en faldende urtepotte. Om denne opgave skriver Krogh, at den

...blev brugt til overbevise eleverne om deres hverdagsforestillinger utilstrækkelighed - og det virkede overbevisende: ingen af grupperne havde brugt formler - endsize energibevarelse - i deres formulering af et svar. Og ingen af grupperne ramte rigtigt m.h.t., hvor højt, man skulle gå op med blomsterpotten.

(Krogh, 1991)

Man aner her et forsøg på at skabe en kognitiv konflikt for at vise eleverne, at de forestillinger, de mødte op med i fysiklokalet, ikke slog til. Og Krogh mener, det lykkedes. Så meget om de eksperimentelle opgaver på Marselisborg Gymnasium.

Det andet forløb, vi vil se på, er forløbet på Århus Akademi, som blev afprøvet på et studenterkursus (på 1.g-niveau) af lærerne Gert Hansen og Kirsten Brink Lund. Deres hovedinteresse i denne sammenhæng er eleverne hverdagsopfattelser, og det er i dette lys, man skal se forløbet. Det varede kun 10 undervisningstimer (dvs. det var markant kortere end det andet forløb). Her ser vi kun på det eksperimentelle indhold, men udover dette blev eleverne udsat for en test både før og efter forløbet (det var den samme test). Emnet var ellære, hvilket er et område, hvor eleverne ifølge forfatterne har mange hverdagsforestillinger.

Forløbet blev indledt med mange små øvelser, der skulle klarlægge de grundlæggende ting inden for ellære. Dette var bl.a., at strømmen er den samme i et kredsløb, at der er forskel på parallel- og serieforbindelse, samt at der er forskel på strøm og spænding. Derudover indeholdt forløbet en større øvelse, hvor eleverne skulle bestemme en tråds resistans. Her skulle de bl.a. bruge de erfaringer, som de fik i de små øvelser.

I første omgang fik eleverne ikke udleveret nogen vejledning. Men hvis de ikke kunne komme igang, kunne de støtte sig til en vejledning (se appendiks F.11). Forfatterne skriver:

Der var ingen, der havde brug for øvelsesvejledningen for at komme igang med at eksperimentere, og det var helt tydeligt, at de anvendte deres nyligt erhvervede viden fra måling af diverse karakteristikker....For at vise, hvordan trådens tykkelse spillede ind, måtte de fleste dog have det vink, at det var vigtigt at holde længden konstant (det er ikke nemt med variabelkontrol!):

(Hansen og Lund 1991)

De to lærere valgte altså at stille en opgave og først udlevere vejledningen, hvis eleverne gik i stå. Men selv vejledningen er ikke meget detaljeret. Der er f.eks. ikke på forhånd fastlagt en bestemt opstilling. Det fremføres, at eleverne havde styr på dette, fordi de forud havde lavet mindre forsøg (bl.a. målinger på en pære, en modstand m.m.). Derudover havde de bestemt

elektromotorisk kraft og indre modstand for et batteri. De havde således øvet sig på det eksperimentelle håndværk (både apparatbrug og problemløsning).

Fra Center for Studier i Fysikundervisningen er også kommet rapporten *Eksperimentets rolle i fysikundervisningen* med Poul V. Thomsen som redaktør. Her er også beskrevet praktisk arbejde med et konstruktivistisk syn. Fra denne rapport ser vi på eksperimentelt arbejde fra Langkær Gymnasium.

På Langkær Gymnasium har Niels Henrik Würtz lavet et lille forløb i forbindelse med en aktivitetsdag for sproglige elever<sup>7</sup>, som indledning til et længere eksperimentelt forløb, som omhandlede brobygning. Dette forløb gik ud på at bygge små broer af McDonalds sugerør og derefter undersøge sammenhængen mellem parametrene bredden, længden, belastningen og nedbøjningen. Hvordan smågrupperne ville gribe dette an, var helt op til dem selv. Eleverne fik ikke udleveret en færdig kogeboogsvejledning, men fik dog et stykke papir, hvorpå læreren havde skrevet lidt om formålet med forløbet, og hvordan resultaterne skulle afleveres (se appendiks F.10)

Endvidere lagde læreren meget vægt på, at eleverne undervejs skrev alle deres overvejelser ned. Mange elever var af den overbevisning, at disse målinger kunne de hurtigt få lavet (i løbet af én time), men måtte senere revidere denne opfattelse. Niels Henrik Würtz's konklusion på undervisningsforløbet er: "Der er ingen tvivl om, at vi udfordrer elevernes kreative evner, ... og at vi sætter dem igang på en måde, der får dem til at føle et ansvar overfor forsøget og læreprocessen" (Würtz 1993 s. 27). Würtz's metode består altså af åbne eleveksperimenter. Disse udføres af eleverne i små grupper, som gennem diskussion skal udtænke i netop denne sammenhæng brugbare metoder. Ved at skrive de undervejs gjorte overvejelser ned er det tanken, at de skal blive opmærksomme på læringsprocessen og derved blive bedre til at lære (metakognition). Jens Peter Touborg, som også kommer fra Langkær Gymnasium har også kørt et forløb med broer. Forløbet blev kørt i 2.g og var et 10-timers eksperimentelt projekt. Emnet var helt nøjagtigt "bærende konstruktioner". Broerne blev i dette tilfælde lavet af træpinde og altså ikke af sugerør som i det før nævnte forløb. Eleverne målte forholdet mellem belastning og nedbøjning af træpinden. Der var flere muligheder: pinden, som ligger almindeligt, og pinden, der ligger på højkant samt en tør pind og en våd pind. Inden eleverne gik igang, skulle de prøve at formulere deres forventninger. Hvordan ville nedbøjningen afhænge af belastningen i de forskellige situationer? Ved hjælp af grafiske afbildninger fandt eleverne en lineær sammenhæng for de tørre pinde, mens der for de våde nærmest var tale om en eksponentiel sammenhæng. Eleverne vidste på forhånd, at læreren ikke sad inde med det korrekte svar, som de så bare skulle ramme. Det centrale blev derfor at argumentere for, hvorfor de netop valgte de modeller, som de gjorde. Dvs. de var nødt til at overveje og diskutere tingene grundigt, inden de lagde sig fast på en model. Dette ville ikke kunne lade sig gøre, hvis de havde fået en øvelsesvejledning, der sagde: "hvis at nedbøjningen for en tør træpind afhænger lineært af belastningen". Det betyder i følge Touborg, at elevernes udbytte stiger, når de ikke bare skal nå frem til et fast mål - når resultatet er en åben frihedsgrad. Eleverne vil ikke på denne måde hele tiden tænke "Hvad mon læreren nu vil have os til at skrive". De bliver tvunget til at overveje, hvordan mon tingene hænger sammen og derefter skrive dette.

<sup>7</sup> Vi har ellers kun set på øvelser for det matematiske gymnasium. Denne øvelse er efter vores mening ikke specifikt rettet mod sproglige elever, hvorfor vi har valgt at tage den med.

## Kapitel 18

---

### 18.4 Kilder og litteratur.

Christensen, Claus, Claussen, Carsten, Felsager, Bjørn (1991): *Fysikkens spor*. Gyldendalske Boghandel, Nordisk Forlag A.S., København.

Fogh, Esper & Nielsen, Knud Erik (1990a): *Fysik for 1.G.* Hax-Data, Silkeborg.

Fogh, Esper & Nielsen, Knud Erik (1990b): *Fysik for 2.G.* Hax-Data, Silkeborg.

Fogh, Esper & Nielsen, Knud Erik (1990c): *Fysik for 3.G.* Hax-Data, Silkeborg.

Hansen, Gert og Brink Lund, Kirsten (1991): "Konstruktivistisk fysik på Århus Akademi" i Nielsen (red.) 1991, s. 68-105.

Krogh, Lars (1991): "Konstruktivistisk fysik på Marselisborg - Energi" i Nielsen (red.) 1991, s. 12-40.

Nielsen, Henry (red.) (1991): *Fysik i 1.G - med konstruktivistisk indfaldsvinkel*, Det fysisk Institut, Århus Universitet, Århus.

Nielsen, Børge Degn og Elvekjær, Finn (1990) *Fysikkens verden*, bd. 3. Gjellerup & Gad, København.

Thomsen, Poul V. (red.) (1993): *Eksperimentets rolle i fysikundervisningen*, Institut for Fysik og Astronomi, Århus Universitet, Århus.

Würtz, Niels Henrik (1993): "Den indledende eksperimentelle undervisning" i Thomsen (red.) 1993, s. 27-40.

# Kapitel

# 19

## Sammenfatning på del III

Den fysikundervisning, der blev resultatet af 1963-reformen, gav ikke det forventede udbytte. Mange undersøgelser viste, at en del elever havde forkerte forestillinger, eller forestillinger som ikke svarede til den etablerede fysiks. Disse blev kaldt "misconceptions", alternative forestillinger eller hverdagsforestillinger. Det dækker over deciderede misforståelser af undervisningsstoffet, eller i andre tilfælde er det en forståelse, som bygger på egne erfaringer. Hverdagsforestillinger kan i mange tilfælde være i modstrid med det, der i fysiktimerne bliver undervist i. Disse forestillinger kan eksistere parallelt med fysikfagets teorier, således at eleven bruger sin hjemmelavede forståelse - som i mange sammenhænge er udmærket for eleven i dagligdagsrelationer - og fysikforståelsen, når der arbejdes med fysiske fænomener og teorier i fysikundervisningen. Sådanne hverdagsforestillinger kan efter nogle konstruktivistisk mening udryddes ved at sætte eleven i en konfliktsituation, hvor de to forskellige opfattelser sættes op mod hinanden. Det skulle bl.a. kunne ske med særlige forløb med praktisk elevarbejde, med den forventning at eleven, når han eller hun indser, at der ikke er overensstemmelse mellem det forventede og det observerede, vælger den rigtige forståelse. Dette forudsætter imidlertid, at eleven faktisk indser, at der er en uoverensstemmelse og ikke undskylder det med en forkert fortolkning af resultaterne. Vi vil ikke afvise, at læring kan ske gennem sådanne kognitive konflikter, men det vil nok være overdrevent at tilrettelægge en undervisning (herunder det praktiske elevarbejde), således at man forventer at bringe eleverne i en kognitiv konflikt. Et bedre middel vil efter vores mening være at tilrettelægge undervisningen, så man tager udgangspunkt i det, som eleverne ved i forvejen. Det gælder, hvad enten der er tale om deres egne erfaringer, eller om opfattelser de har fra folkeskolen. Der bliver således ikke tale om at udrydde hverdagsforestillinger, men om at gøre eleverne opmærksomme på disse.

Undersøgelserne afslørede, at mange elever end ikke havde forstået de grundlæggende begreber og fysiske love, som jo var udgangspunktet for den videnskabscentrerede undervisning. Dette var et fænomen, som blev påvist mange steder i den vestlige verden. De udenlandske undersøgelser var inspirationskilden for de tilsvarende danske. Udgangspunktet for mange af undersøgelserne var Piagets stadieteori, ifølge hvilken et individs kognitive udvikling gennemløber en række stadier. Man kunne med baggrund i dette syn slå fast, at megen undervisning lå på et niveau, der slet ikke passede til elevernes aktuelle kognitive stadie. Konklusionen på undersøgelserne var, at undervisningen tidligere var lagt for abstrakt an, og dermed blev der stillet nogle krav til eleverne, som de ikke kunne honorere.

Herhjemme viste undersøgelserne bl.a., at eleverne ikke kunne indtegne, hvilke kræfter der virker på et sten under et kast. Det var dog ikke ensbetydende med, at de ikke kunne bruge Newtons love i forbindelse med opgaveregning, hvor man blot skulle indsætte de forskellige størrelser på de rigtige pladser i en ligning. Men den fysiske forståelse manglede, hvilket bl.a. gav sig udslag i, at de ikke kunne bruge det lærte stof på situationer fra hverdagen.

## Kapitel 19

---

Med undersøgelserne, der viste elevernes manglende forståelse af fysiske begreber, fik fundamentet for den videnskabscentrerede fysikundervisning for alvor et skud for boven. Det var jo selve de centrale fysiske begreber, som der blev lagt vægt på i denne undervisning, og det var selve forståelsen af disse begreber, som var det vigtige. Når så en stor del af eleverne ikke fik det forventede udbytte af undervisningen, måtte det jo være selve undervisningen, der var noget galt med. Det var nok også ret optimistisk - kan man så sige i dag - at stille så høje krav til eleverne. Man kan i denne forbindelse spørge sig selv, om elever på gymnasieniveau overhovedet kan få en fysisk forståelse af abstrakte begreber, hvis de ikke bliver relateret til hverdagsituationer eller til nogle for eleverne kendte fænomener.

I Danmark var det først i begyndelsen af 1980'erne, som en efterdønning på udenlandske forhold, at der rigtig kom gang i undersøgelser i forbindelse med gymnasiets fysikundervisning og den deraf følgende debat. Undersøgelser blev bl.a. foretaget i forbindelse med GF-projektet, Piger & Fysik-projektet og af Albert Paulsen. De viste ikke så meget nyt i forhold til de tilsvarende udenlandske undersøgelser, men de har dog været vigtige for at klarlægge, at problemerne også eksisterede her i landet, og samtidig fastslå, hvor store disse problemer var. Ud over problemerne med forståelsen af fysikstoffet viste undersøgelser, at mange af eleverne fravalgte fysikfaget af holdningsmæssige årsager. Andelen af studerende på den matematisk-fysiske gren var faldende i forhold til tilgangen til de to andre grene på den matematiske linie.

De danske undersøgelser gav et grundlag for en række forslag til, hvordan man kunne komme problemerne til livs. Det blev her slået fast, at undervisningen skulle være mere relateret til elevernes hverdag og virkelighed. Fysik skulle være et fag, der omhandler disse ting. Gennem en undervisning, der tog højde for disse ting, kunne man tillige få flere piger gjort interesserede i faget. Dermed kunne man rette op på den skævhed, der var mellem piger og drenge, hvad angik fordelingen af studerende på mF-grenen, og hvordan drengene og pigerne klarede sig. Endvidere var der et ønske om, at fagets placering i samfundsmæssige, kulturelle og historiske sammenhænge blev vægtet noget mere.

Elevtallet i gymnasiet steg nærmest eksplosivt fra 1960 og fremefter. Over en periode på mindre end 30 år mangedobledes tallet, således at ca. en fjerdedel af en ungdomsårgang i midten af firserne valgte at tage en studentereksamen. Gymnasiet var således ikke længere en eliteskole. Det var dog som nævnt ikke alle gymnasiets grene, der oplevede denne tid som fremgangsrig. mF-grenen formåede godt nok at fastholde elevtallet (og også øge det en smule), men den fik stort set ikke del i de mange nye elever, der strømmede til.

Problemerne med fysikundervisningen og med den dalende interesse for faget ville nok ikke have tiltrukket sig den store opmærksomhed uden for faget, hvis det ikke var fordi, der i begyndelsen af 1980'erne fra regeringshold, og senere fra flere kommissioner, blev forudset en mangel på teknikere, ingeniører og fysikkandidater. På nogle områder var der allerede opstået flaskehalse. Derfor var der interesse for at trække flere til disse fag. Det gjaldt ikke mindst pigerne, som i højere grad end drengene fravalgte den mF-grenen. Der blev således også fokuseret på kønsproblematikken. Historien fra 1950'erne til 1960'erne gentog sig altså i midten af 1980'erne.

Regeringen nedsatte som dengang nogle udvalg, der skulle komme med idéer til løsning af problemerne. Et af udvalgene (Lawætz-udvalget) skulle se på gymnasiets fysikundervisning, og det havde fra starten meget at gå ud fra i form af de forslag, vi omtalte tidligere. Der blev foreslået ændringer af gymnasiefysikken, så den bl.a. blev mere motiverende for eleverne, og

der blev lagt op til, at der også kunne ske ændringer af selve fysikundervisningens form. Og ændringer af formen skete der med indførelsen af temaorienteret undervisning. Ændringer af fagets indhold bestod dels i en beskæring af undervisningsstoffet, dels i indførelse af 5 dimensioner, som skulle sikre, at der blev inddraget en række aspekter, som sætter faget i en bredere perspektiv, og som nedprioriterede 1960'ernes og 1970'ernes "fagdyrkelse". Disse ændringer skal nok i første omgang ses som et led i at trække flere til fysikfaget, men der ligger også nogle pædagogiske overvejelser bag, idet stoffet på en del områder blev sat i relation til forhold, som var eleverne bekendt fra deres hverdag. Med dimensionerne blev der lagt mere vægt på hverdagsfænomener og fagets placering i de omgivende samfund. Det første punkt var en del af fysikken, som havde spillet en vigtig rolle før ændringerne i begyndelsen af 1960'erne.

Bekendtgørelsen fra 1987 stillede en række nye krav til undervisningens tilrettelæggelse, form og indhold. Kravet om den faglige bredde skulle sikres via de fem dimensioner, og der blev stillet nogle minimumskrav til det traditionelle faglige indhold med fastsættelse af kernestoffet. Med disse dimensioner ændrede fysikundervisningen karakter i forhold til tidligere. Fra begyndelsen af 1960'erne var det primært de studieforberevende sider af faget, der blev dyrket; nu blev den almindennende side prioriteret langt højere. Undervisningens form omfattede systematiske og tematiske forløb, hvor det sidstnævnte var en nyhed i forbindelse med gymnasieundervisningen.

Med 1988-reformen skete der en hverdagsrelatering af undervisningsstoffet. Forklaringen på det skal nok søges i den forudgående undervisning. Da skete der en systematisk frasortering af hverdagsfænomener i undervisningsstoffet, og det der skete i 1980'erne skal ses som en reaktion herpå. Hverdagsrelateringen skal også sættes i forbindelse med intentionerne om at motivere eleverne mere for faget; mange elever vil opleve faget som mere spændende og relevant for dagliglivet. Det er efter vores mening være en skam ikke at benytte ting fra hverdagen til eksemplificering af teorien.

I en del af de nye lærebøger, som udkom efter den nye bekendtgørelse, forsøges kravene til dimensionerne opfyldt, og nogle indeholder også forslag til tematiske forløb. Med de tematiske forløb var der fra Lawætzt-udvalgets side lagt op til, at eleverne sammen med læreren skulle vælge, hvad de vil arbejde med i forbindelse med disse forløb. Da der i forbindelse med opfyldelse af dimensionerne også var lagt op til en vis valgfrihed fra elevernes side, vil brugbarheden af lærebøgernes behandling af tematiske forløb og dimensionerne falde; det var i hvert fald ikke meningen, at bogen skal være styrende for elevernes og lærerens valg. Derimod vil det givet være en hjælp for den enkelte lærer, som jo ikke vil have de store erfaringer i at tilrettelægge undervisningen, så den opfylder de stillede krav.

Hvad angår lærebøgerne generelt, er det karakteristisk, at hverdagsrelateringen inddrages i højere grad, end tilfældet var umiddelbart efter 1963-reformen. Der findes nu stof om energiomsætning i hjemmet, på kraftværker osv. Hensigten med sådant stof er sandsynligvis at sættes energibegrebet ind i en samfundsmæssig sammenhæng, så det ikke blot optræder i sammenhæng med andre begreber fra fysikbogen. Hvorvidt det så lykkes, vil vi ikke tage stilling til her.

Det praktiske elevarbejde skiftede på nogle områder rolle i denne periode i forhold til de tidligere perioder. Der skete ændringen af rammerne for det praktiske elevarbejde, hvorved formen for det praktiske arbejde blev mere fleksibelt. Det blev indført de længerevarende eksperimentelle projekter, men lige så vigtigt er, at der også blev bedre muligheder for at lave

nogle mindre øvelser, som ikke umiddelbart resulterede i en fysikrapport, men måske en mindre journal. Ændringer i formen giver mulighed for ændringer af indholdet og tilrettelæggelsen af det praktiske elevarbejde. Ved indførelse af længerevarende øvelser/eksperimenter var det et ønske, at eleverne fik mulighed for mere aktivt at blive inddraget i tilrettelæggelsen og udformningen af eksperimentet. Eleven får hermed en anden og mere aktiv rolle i disse øvelser. Hvor eleven før i en vis udstrækning udførte en række handlinger i laboratoriet, hvorom det blev ment, at eleven ville lære at eksperimentere m.v., fik eleven nu mulighed for at træffe nogle valg, hvorved han eller hun sættes i en situation, som mere minder om den eksperimenterende fysikers end ved de tidligere små fastlagte to-timersøvelser.

De længerevarende eksperimentelle projekter foregår i mindre grupper, hvilket betyder, at de valgsituationer som gruppen af elever bliver stillet overfor, bliver genstand for diskussioner. Eleverne må indbyrdes argumentere for deres meninger, hvilket giver dem lejlighed til at tale om fagets begreber og teorier. Verbaliseringen af fagets begreber og teorier bliver tillagt en stor betydning blandt en del fysikdidaktikere. Eksempler på en undervisning, hvor disse ting er fremtrædende, er bl.a. beskrevet i et par rapporter fra det såkaldte Århus-projekt.

Ved indførelsen af de længerevarende eksperimentelle projekter kan de øvrige små øvelser få en anden betydning. De kan nu tjene til at lære eleverne nogle målemetoder, databehandling m.v. som de skal besidde i forbindelse med de længerevarende projekter. F.eks. gennemfører eleverne først en række små mere eller mere bundne øvelser, hvor de lærer nogle færdigheder eller trænes i nogle teknikker. Disse kan de så bruge i forbindelse med senere lidt større øvelser, hvor de får en række frihedsgrader. Det minder således om det forsøg, som Albert Paulsen omtaler (beskrevet i kapitel 3). Her fik eleverne dog nogle nye frihedsgrader i hver af de små øvelser. De længerevarende projekter kan altså lægge op til en progression i det praktiske elevarbejde, som ikke var tilfældet tidligere, hvor øvelserne ikke i samme grad blev set i forhold til hinanden. At lade de små øvelser være et middel til at indøve nogle færdigheder hos eleverne, som de siden hen får brug for i de større øvelser, kræver, at det er forskellige metoder og færdigheder, der opøves.

En ting er formen af det praktiske arbejde, noget andet er indholdet. Lærebøgerne, som vi har set på, indeholder en række mindre øvelser, som kan laves i løbet af en enkelt undervisningstime. Karakteristisk for en del af dem er, at de bevæger sig uden for laboratoriet og dets specialfremstillede apparatur, og lader eleverne lave forsøg med ting fra dagligdagen. At lave praktisk arbejde på denne måde medvirker i høj grad til, at de teoretiske begreber bliver sat ind i sammenhænge, som er kendt for eleven. Det udelukker ingenlunde, at eleverne oplever en sammenhæng mellem teori og praktisk arbejde. Derved oplever eleven, at fysik er noget, der omhandler verden omkring os og ikke kun laboratoriets apparater.



## Konklusion, diskussion og perspektivering.

# Kapitel 20

Efter vi nu har beskæftiget os med tre større ændringer af gymnasiets fysikundervisning, vil vi her slutte af med at samle de tråde, der ikke er blevet samlet undervejs i de tre sammenfatninger (kapitlerne 9, 14 og 19). Vi vil her diskutere nogle ting, der er interessante set i forhold til den periode, rapporten spænder over. Der er i denne periode sket mange spændende ting, og man er blevet opmærksomme på nogle problemer, man tidligere ikke kendte. Dette skyldes, bl.a., at der inden for de sidste årtier er blevet forsket i fysikkens didaktik. For at øge overskueligheden har vi valgt at dele den afsluttende diskussion og perspektivering op i to mindre afsnit. Vi vil først se på, hvilke faktorer, der har betydning for ændringer i fysikundervisningen, dernæst vil vi se på selve faget og de rammer, det udfolder sig inden for.

### 20.1 Hvilke faktorer er af betydning i forbindelse med ændringer?

Man kan spørge sig selv, hvad der generelt har betydning for udviklingen af fysikundervisningens form og indhold. Her vil vi pege på faktorer: Den faginterne side, den pædagogiske, de samfundsmæssige forhold og endelig "tidsånden". I de følgende ser vi på faktorerne hver for sig.

#### Den faginterne side

Når der sker noget nyt i videnskabsfaget, f.eks. en ny og betydningsfuld teori eller opdagelse, må det have en indflydelse på fysikundervisningen. Således kunne man ikke have en fysikundervisning i gymnasiet, der ikke omfattede de store nye teorier kvantemekanikken og relativitetsteorien efter disse var formulerede. Før 2. verdenskrig var Danmark med Niels Bohr i spidsen et af de førende forskningsmiljøer inden for atomteorien og kvantemekanikken. For gymnasielærere, der havde færdes i dette miljø, måtte det være et problem, at danske gymnasieelever slet ikke stiftede bekendtskab med disse teorier. Teoriene var imidlertid ikke uden videre forenelige med den klassiske fysik, hvorfor de i undervisningen blev gennemgået lidt overfladisk, hvor det nu passede ind. Det var dette forhold Mogens Pihl bl.a. gjorde op med.

## Kapitel 20

---

De teorier skulle i meget højere grad inddrages i undervisningen, mente han. Ligeledes har den tekniske udvikling også i den første periode været repræsenteret (motoren, dynamoen osv.), og igen i dag med f.eks. lysledere og computeren. Den ændring der skete i 1960'erne var på mange måder et faginternt krav, idet fysikfaget med dets måde at organisere stoffet på ikke fortsat kunne omfatte nye teorier og et accelererende antal af tekniske anvendelser. Der var med fremkomsten af overordnede fysiske teorier skabt et behov for en omorganisering og en omprioritering af stoffet. Omorganiseringen var således begrundet i en form for økonomiprincip.

### Den pædagogiske side

De pædagogiske tanker spillede imidlertid også en rolle. Ideerne om, hvordan undervisningen skal foregå, har skiftet gennem tiderne. De pædagogiske principper, som præger fysikfaget, har for det meste også en relation til undervisningen i det hele taget. Det syn på læring, der er fremherskende på et givent tidspunkt har afgørende betydning for, hvordan man foreslår at undervisningen skal tilrettelægges fremover. Det gælder ikke mindst placeringen af det praktiske arbejde. Man har på forskellige tider haft forskellige opfattelser af, hvordan eleverne fik det største udbytte af undervisningen. I "lektieskolen" før århundredeskiftet var opfattelsen at eleverne gennem udenadslære optrænede hjernen, som nærmest blev betragtet som en muskel, der blev "stærkere" gennem vedholdende aktivitet. Det praktiske arbejde var her begrænset til lærerudførte demonstrationsforsøg, som eleven skulle huske. Omkring århundredeskiftet betød bl.a. ønsket om selvvirksomme elever, at elevøvelsen blev introduceret i gymnasiet. I 1980'erne betød konstruktivismen, at man ikke længere betragtede eleverne som "tomme kasser", hvori, der blot skulle fyldes viden. Man var af den opfattelse, at eleverne selv er aktiv i dannelsen af begreber; et forhold der skal tages hensyn til i undervisningen. De idéer, der ligger bag f.eks. selvvirksomhed og konstruktivisme er ikke oprindeligt udviklet af fysikere, men af pædagoger og psykologer. Herefter er de bl.a. taget op af folk med interesser for fysikundervisning, der i undervisningssammenhæng har draget nogle konsekvenser, der har haft indflydelse på revisioner af læseplaner for fysikfaget. Ændringer er således også et resultat af ændrede syn på erkendelse og læring.

### De samfundsmæssige forhold.

Her spiller især begrundelsen for faget ind og spørgsmålet om dets vigtighed. Før århundredeskiftet var det i forbindelse med dannelsesdiskussionerne spørgsmålet om fagets vigtighed der blev diskuteret. Var det de naturvidenskabelige eller klassiske fag, der skulle være udgangspunktet for det dannede individ? Efter at faget etablerede sig omkring århundredeskiftet, har der ikke været rejst rigtig tvivl om dets placering. Senere hen har spørgsmålet være at skaffe så mange til faget som muligt af både drenge og piger. Det skal nok især ses i forbindelse med den teknologiske udvikling og udviklingen i produktionsmåderne, hvor der efterhånden skulle bruges flere og flere højtuddannede teknikere og forskere. Her har samfundsudviklingen været igangsættende for ændringer inden for fysikfagets indhold og tilrettelæggelse. Interessant stod samfundet overfor de samme problemer i slutningen af 1950'erne som i midten af 1980'erne med hensyn til mangel på teknikere og ingeniører (i 60'erne dog også forskere og undervisere). Om denne opfattelse var begrundet eller ej er svært at sige. 1950'erne og 1960'ernes mangel viste sig i høj grad at holde stik. Samfundet var inde i en økonomisk vækstperiode og de mange nyuddannede inden for tekniske og naturvidenskabelige fag blev uden videre optaget på arbejdsmarkedet. I 1980'erne kunne det synes som om, man fik kanaliseret for mange over i

disse fag, hvilket ses af en stigende arbejdsløshed blandt ingeniører i dag. Vi har ikke forfulgt disse tanker mere og kan ikke dokumentere dem med faktiske tal. Men det er givet i tider, hvor der er store forventninger til stigende vækst, bliver det fremført, at der skal uddannes flere teknikere, ingeniører osv.

Både i 1950'erne/1960'erne og i 1980'erne søgtes manglen løst ved at trække flere til fysikfaget (og de andre naturvidenskabelige fag). I slutningen af 1950'erne gik kun en mindre del af en årgang i gymnasiet, så manglen søgtes løst ved at trække mange flere til gymnasiet, hvorved sandsynligvis også flere ville vælge den matematisk-naturvidenskabelige linie (senere mF-grenen). Der var ikke optræk til en ændring af fysikfagets indhold med henblik på at tiltrække nye elever. Man kan dog formode, at ændringen af undervisningsstoffet og vægten på begreberne var igangsat for at styrke faget og rette det mod forskningen og mod industrien, dvs. en opprioritering af den studieforberegende side.

I 1980'erne var situationen anderledes, da der nu gik langt flere i gymnasiet. Herved var det ikke længere muligt at tiltrække så mange flere egnede. Da der samtidig var større problemer end tidligere med elevernes manglende interesse for at vælge fysik søgtes problemet løst ved at ændre på selve undervisningen.

### Tidsånden

Dette er en lidt mere u håndterlig størrelse og dækker over de generelle opfattelser, der ligger i tiden og som gennemsyrrer samfundet på et givent tidspunkt. Som eksempel kan gives det ønske, der herskede omkring århundredeskiftet, om at frigøre sig fra enevældens tankegang. Dette krævede noget andet af de kommende samfundsborgere; nemlig en større evne til at tænke selvstændigt og virke på egen hånd. Tanker i en sådan retning har givet været medvirkende til, at selvvirkningsprincippet på det tidspunkt fik den store opmærksomhed. Et andet eksempel er den teknologibegejstring, der herskede i slutningen af 1950'erne og i 1960'erne. Denne begejstring for og fascination af de tekniske udviklinger smittede af på de naturvidenskabelige fag. Naturvidenskaberne var en forudsætning for den teknologiske udvikling, og var derfor vigtige i forbindelse med en øget vækst og en stigende velstand for de fleste danskere. Dette har uden tvivl bevirket, at man ikke i særlig udpræget grad satte spørgsmålstegn ved de naturvidenskabelige fag. Det kan have betydet, at man i undervisningen i fysik bestræbte sig på at afspejle videnskabsfaget fysik og lægge sig så tæt op ad dette som muligt, og dermed fik man en undervisning centreret omkring fagets kernebegreber.

### Forholdet mellem de forskellige faktorer

Baggrunden for de ændringerne af fysikundervisningen som kom til udtryk ved de behandlede reformer, kan således betragtes som et kompleks af forskellige forhold. Vi har i vores arbejde koncentreret os om de samfundsmæssige, de faginterne og de pædagogiske, men der har selvfølgelig også været andre forhold, som har haft en betydning. Her tænker vi på de kulturelle og politiske forhold. Det er ikke muligt at se isoleret på en faktor uden at tage de andre i betragtning. F.eks vil de pædagogiske tanker være præget af tidens tanker og af det samfund, hvor de indgår i. Ser vi på periode 1 bar de pædagogiske tanker tydelig præget af den tids positivisme. Positivismens fremkomst skal ses i sammenhæng med naturvidenskabernes succes og i sammenhæng med industrisamfundets fremvækst.

Selv om det ikke er muligt at se isoleret på én enkelt faktor kan man udmærket komme med nogle bud på, hvilke forhold som har været udløsende for ændringer i fysikundervisningen. Her mener vi, at det er udviklingen i samfundet og især industriens fremvækst og den teknolo-

giske udvikling, som stiller krav til fysikundervisningen. Vi mener dog ikke, at dette dikterer indholdet i undervisningen direkte, men det er tydeligt, at forholdene har en betydning i forhold til, at der igangsættes nogle revisioner. Vi har valgt at kalde det udløsende faktorer. Disse muliggør at, eksisterende pædagogiske principper samt nye krav til indholdet og til undervisningsprincipper kommer til udtryk. Hvis der i slutningen af 1950'erne ikke havde været tale om mangel på teknikere og undervisere inden for det naturvidenskabelige område - forhold som kunne få betydning for landets fremtid - var det nok tvivlsomt om der var sket de ændringer af fysikundervisningen, som der faktisk skete. Man skal blot ikke glemme problemerne med den manglende organisering som følge af stofeksplosionen. Dette var den direkte anledning til at undervisningen ændredes i den beskrevne retning. Man kan her tale om en ændrende faktor. Det er således en fagintern forklaring på ændringerne i fysikundervisningen. Den faginterne side og den samfundsmæssige side skal altså ses i sammenhæng. Det er nok mere tvivlsomt om nye pædagogiske principper decideret har haft betydning for, hvorvidt der skete ændringer af fysikundervisningen eller ej. De har derimod haft en betydning for, hvordan selve udformningen af undervisningen blev i forbindelse med reformerne. Det er således muligt at skelne mellem "udløsende" og "ændrende" faktorer, som beskrevet herover.

### 20.2 Fysikundervisningen i det 20. århundrede

Vi har i rapporten også beskæftiget os med fagets placering i gymnasiets undervisning. Af betydning her er, hvordan man generelt i samfundet ser på de naturvidenskabelige fag og selvfølgelig specielt fysik.

#### Rammerne for fysikundervisningen

Fra 1907 til 1988 har det ugentlige timetal i gymnasiets fysikundervisning ikke ændret sig væsentligt. Ser man på fysik på højt niveau (efter 1963: mF-grenen; efter 1988: fysik på højt niveau) sker der ikke en decideret ændring, forstået på den måde at faget ikke blev opprioriteret eller nedprioriteret i forhold til andre gymnasiefag. Man skal dog bemærke, at der er sket en reduktion i den tilrådighedværende tid, som følge af lektionernes afkorting fra 50 min til 45 min og som følge af, at lørdagen indføres som fridag. Det har haft som konsekvens, at pensum har måttet skæres ned. Med hensyn til det tid, der blev brugt på henholdsvis det praktiske elevarbejde og den teoretiske undervisning, er der heller ikke sket større forskydninger.

I 1960'erne blev opgaveregning gjort til eksamensdisciplin, hvilket i praksis betød, at der blev lagt mere vægt på denne side i undervisningen, idet undervisningen jo er eksamensforberedende. På samme tid skete der en mindre reduktion af tiden til det praktiske elevarbejde, måske for netop at give plads til regneøvelserne.

Først i 1988 skete der en betydelig ændring af rammerne for undervisningen, idet en stor del af undervisningen skulle foregå som temaarbejde, som også omfatter det praktiske elevarbejde. Endvidere indførtes dimensionerne, som også fik betydning for det praktiske arbejde.

#### Fysikundervisningens indhold (den teoretiske undervisning)

Der skete selvfølgelig en betydelig udvikling i undervisningsstoffet som følge af udviklingen inden for videnskabsfaget og som følge af den teknologiske udvikling. Dette medførte derfor bl.a., at der i 1960'erne måtte ske en omorganisering af lærestoffet.

Der blev i de forskellige historiske perioder lagt forskellig vægt på relateringen af fysikens begreber og fænomener til noget for eleven bekendt eller til noget konkret. Med omor-

ganiseringen af stoffet i begyndelsen af 1960'erne blev denne side helt fravalgt til fordel for en undervisning centreret omkring fagets begreber og teorier. Som en reaktion på dette svingende pendulet tilbage igen i 1980'erne. Der bliver således i dag lagt stor vægt på, at undervisningsmaterialet illustreres med ting fra hverdagen. Lige så gennemført manglen på hverdagsillustrationer var i 1960'erne, lige så gennemført er brugen af hverdagsillustrationer i dag (dvs. relatere undervisningen til noget for eleven kendt). Et problem i denne sammenhæng er, at det er forskelligt fra elev til elev, hvad der kan betegnes som kendt. Specielt vil forskellen være tydelig, når man skelner mellem drenge og piger. Det er vores indtryk, at mange af de konkrete eksempler i nyere lærebøger-bruger er specielt interessante for drengene, mens pigerne lades lidt i stikken. Selv om, vi ikke kan dokumentere dette, er det vigtigt at være opmærksom på fremover.

De tekniske anvendelser var fremtrædende i tiden efter århundredeskiftet, forsvandt fra 1960'ernes lærebøger og vendte tilbage i 1980'erne omend ikke i så stort omfang. Sammenligningen med et svingende pendul fra før passer også her. At de tekniske anvendelser vender tilbage til lærebøgerne i 1980'erne skyldes selvfølgelig, at der i bekendtgørelsen nævnes, at dette aspekt skal vægtes mere end tidligere. I 1963 skulle eleverne interesse blot vækkes, ikke dyrkes eller holdes ved lige. Dette syn gjorde man op med i 1988. Grunden til dette har vi allerede nævnt. Fysikundervisningen i gymnasiet skiftede fra at være overvejende studieforberevende til at være almindelig i langt højere grad.

Organiseringen af stoffet i lærebøgerne efter 1907-reformen kunne synes lidt tilfældig; begreber og tekniske anvendelser blev gennemgået "sideordnet". Det var bl.a. dette, som Pihl og Storm gjorde op med i deres lærebogssystem fra 1963 og de følgende år. Her skulle stoffet organiseres, så eleverne lærte de overordnede begreber og forstod sammenhængen mellem dem. Men i samme omgang forsvandt så at sige en hver relatering til den virkelige verden. I 1980'erne er bliver der stadig lagt vægt på at fremstille stoffet, så begreber og strukturer træder frem (omend ikke så konsekvent, som hos Pihl og Storm), men relateringen til den virkelige verden har fået en mere fremtrædende plads.

En forklaring på forskellene i brugen af hverdagsfænomener er givet forskellige opfattelser af formålet med faget. I 1960'erne blev faget i høj grad betragtet som studieforberevende. Eleverne der fulgte undervisningen skulle jo om nogle år fortsætte på de højere tekniske og naturvidenskabelige uddannelser og havde derfor brug for en "solid" faglig baggrund. Man var jo interesseret i at få flest muligt til at interessere sig for disse fag og uddannelser og derfor skulle fysikundervisningen være forberedende i den retning. I 1980'erne er der tale om en lidt anden situation. Man er primært interesseret i at gøre flere interesserede i selve faget og lægger bl.a. derfor større vægt på den almindelige side. Der er nu ikke længere tale om, at fysikundervisningen skal fostre kommende videnskabsmænd, men den skal nu i lige så høj grad give eleverne et indtryk af faget i hverdagen og i historisk og kulturel sammenhæng. Man vil således noget andet med undervisningen og det afspejles i indholdet.

### **Rammerne for det praktiske elevarbejde.**

Rammerne for det praktiske elevarbejde ændrede sig ikke nævneværdigt efter dets indførelse i 1907 og indtil 1988. Antallet af lektioner afsat til praktisk arbejde blev dog formindsket i 1960'erne, men det kan ikke siges, at det skyldtes en decideret nedprioritering af det praktiske elevarbejde. Det var indtil 1988 de små en- eller to timers elevøvelser, som har været enerådende (bortset fra et enkelt længerevarende eksperimentelt forløb, som blev indført på mF-grenen i 3. g i 1971). Først i 1988 blev disse rammer ændret, idet der blev lagt mere vægt på

længerevarende elevøvelser, ligesom der blev mulighed for at lave små korte øvelser f.eks. med henblik på apparaturkendskab. Rammerne for det eksperimentelle arbejde er således blevet langt mere fleksible. De store øvelser eller undersøgelser, optager i dag ca. halvdelen af den samlede tid til praktiske elevarbejde. Ændringerne af rammerne i 1988 åbnede op for, at der kunne lægges mere vægt på andre ting som f.eks. en mere selvstændig inddragelse af eleverne.

Man kan så spørge om, hvorfor rammerne ikke ændrede sig i mere end 80 år. Der er en sammenhæng mellem de rammer inde for hvilke det praktiske arbejde sker og udførelsen af aktiviteterne i laboratoriet. En- og totimers øvelserne dominerede fra 1907 og 1988, hvilket sandsynlig har haft en ikke ringe betydning for den ensartethed, der har præget dette område. Når tiden er knap til den enkelte øvelse er det ofte nødvendigt at give eleverne en vejledning, som gør det muliggør en hurtig og smidig gennemførelse. På denne måde er der en stor sandsynlighed for at øvelsen også lykkes (hvis man vel og mærke med "lykkes" mener, at eleven får gennemført nogle målinger, der kan danne udgangspunkt for en videre behandling). Herved udelukkes imidlertid muligheden for elevens egne eksperimenteren og elevens selvstændige inddragelse i planlægningen og tilrettelæggelsen af øvelsen; ting som har en indflydelse for, hvorvidt eleven også får en meningsfuld forståelse af eksperimentets karakter og af væsentlige sider af fysikken. Den stramme øvelsesvejledning skal altså ses i relation til rammerne for øvelserne. Det udelukker dog ikke, at der med disse rammer kan udføres mere åbne elevøvelser, hvor eleven i højere grad er inddraget. Men sådanne øvelser kræver en del planlægning.

Med de ændringer der skete med hensyn til rammerne for det praktiske elevarbejde med 1988-reformen, åbnes der op for en ny type øvelser. Hvor de små en- og totimers øvelser kun kan være idealiserede (nogle vil mene forvrængede) billeder af et eksperiment, kan de længerevarende projekter udformes så det i højere grad ligner et eksperiment eller undersøgelse med det, der nu hører en sådant til. Her kan inddrages metodemæssige sider i højere grad og eleverne får et bedre billede af, hvordan de arbejdsmetoder, der karakteriserer naturvidenskabene, fungerer.

### **Indholdet af det praktiske elevarbejde.**

Den tilgangsvinkel, som vi har haft ved kun at se på øvelsesvejledninger, giver kun et delvist billede af situationen ude på skolerne.

Ser man på fagindholdet af øvelserne ses en vis ensartethed fra 1907 til 1988. Og ser man bort fra, at dele af emneområderne er fjernet fra gymnasieundervisningen og nye er kommet til, er det meget de samme ting, der undersøges. Her mener vi, der allerede i forbindelse med, at elevøvelsen blev indført i 1907, var tale om en form for tradition. Ser vi på de øvelser, som Sundorph forsøgsvis brugte i sin undervisning på Metropolitanskolen vil man ikke genkende til de fleste. Man kan med en vis ret sige, at det er de klassiske øvelser og det lader til, at de var klassiske allerede fra starten. Det skyldes flere ting. På universitetet havde man nogle øvelser og det er givet, at mange af de øvelser er blevet brugt på gymnasierne blot i en mere "elevvenlig" udgave. Sundorph og de andre lærere har således været bundet til en form for tradition fra starten. Som vi har været inde på tidligere er der også en vist sammenfald mellem Sundorphs liste og den såkaldte Havard-liste, som indeholder øvelser brugt i forbindelse med optagelsesprøven til Havard i USA. Dette sammenfald går igen, når vi ser på øvelserne i senere udkomne lærebøger med øvelsesvejledninger.

Måden at lave øvelserne på har kun ændret sig lidt fra 1907 til 1988. Skønt der omkring århundredskiftet og de næste årtier var intentioner om at indføre induktive principper i fysikundervisningen og i det praktiske elevarbejde, ses dette dog kun svagt. Det er forøvrigt underligt, idet der i diskussionerne i 30'erne og 40'erne fremgik, at der blev lagt for meget vægt på de induktive principper i undervisningen, hvilket vi ikke har kunnet efterspore i de lærebøger og øvelsesvejledninger, som vi har set på (vi vil dog igen gøre klart, at vores gennemgang af lærebøger og øvelsesvejledninger ikke har været nogen dybdeborende analyse). Muligvis lagde lærerne selv vægt på de induktive principper ude på skolerne og brugte evt. deres egne vejledninger. Det, der forstærker vores undren, er, at bl.a. Barmwater, som forud for den nye gymnasiefysik havde talt for det induktive princip, ikke selv forsøgte at indføre disse principper i sin lærebog fra 1906.

Den udelukkelse af de hverdagsrelaterede fænomener i fysikundervisningen, som skete i 1960'erne, synes ikke at berøre for elevøvelserne, netop fordi disse fænomener indtil da ikke optrådte i øvelserne. De øvelser, som vi er stødt på for de to første historiske perioder, omhandler kun ting og apparaturer fra laboratoriet, og der blev tilsyneladende ikke inddraget genstande og apparater uden for laboratoriets domæne. Dette skete først efter 1988.

Som en afslutning på diskussionen om rammer for og indhold af fysikundervisningen kan man lidt groft sige, at der i den første historiske periode først og fremmest skete en ændring af rammerne for fysikundervisningen (flere fysiktimer, indførelsen af obligatoriske elevøvelser og opprioriteringen af det eksperimentelle side af af fysikundervisningen), mens der ikke skete nævneværdige ændringer af indholdet af undervisningen. I den næste historiske periode var situationen modsat, idet der ikke skete nævneværdige ændringer af undervisningsformen, mens der skete en betydelig ændring af indholdet (centrering omkring kernebegreber og mere matematik). I den sidste historiske periode skete der både en ændring af form (mere fleksible øvelser og tematisk undervisning) og indhold (dimensionerne).

### **Det praktiske elevarbejdes rolle.**

I modsætning til i udlandet og trods tanker herom kom det praktiske elevarbejde aldrig til at dominere fysikundervisningen herhjemme. Der blev aldrig gennemført en decideret opdagelsesundervisning efter induktive principper, selv om der var optræk til at indføre induktive principper i undervisningen og i det praktiske elevarbejde. Et forhold, der understreger dette, er, at omgangsøvelserne blev brugt i stort omfang. Det ville ikke være muligt at lave induktive forløb, integreret i en undervisning, hvis ikke alle elever fik mulighed for at lave de samme øvelser på samme tid. I tilfældet med omgangsøvelser er der langt mellem teori og laboratoriearbejde; laboratoriearbejdet vil her fremstå som en mere eller mindre isoleret disciplin.

For os at se blev det praktiske elevarbejde indtil 1988 primært brugt til at eftervise teorier og til at finde frem til forskellige konstanter. Kun i mindre grad indgik der induktivlignende øvelser, hvor eleverne skulle finde frem til en lovmæssighed som f.eks Ohms 1. lov. Selv om der i periode 1 ikke decideret blev formuleret noget om det, blev det praktiske elevarbejde tilsyneladende brugt til at slå teorien bedre fast og evt. til at demonstrere nogle fænomener. Man kan ikke udelukke, at der også var nogle metodemæssige formål. Der var muligvis tale om at indøve nogle arbejdsmåder og metoder, som er karakteristiske for naturvidenskaben og for fysikken. Det fremgår ikke af explicit af debatten, om det praktiske arbejde skulle opfylde sådanne metodemæssige formål. Man lagde således ikke vægt på, at eleverne skulle blive fortrolige med det eksperimentelle udstyr (Barmwater frarådede ligefrem,

at gøre apparaturet for kompliceret, da ikke var formålet, at eleverne skulle have færdigheder i den retning).

Den første debat om fysikkens arbejdsmetoder i forbindelse med det praktiske elevarbejde støder vi på med Rings artikel fra 1925, hvor han netop taler for at eleverne skulle lære den naturvidenskabelige arbejdsmetode. Dette afspejledes i anordningen fra 1935 og 1953, hvor det blev lagt op til at eleverne skulle lære den naturvidenskabelige arbejdsmetode. Interessant nok blev den naturvidenskabelige arbejdsmetode ikke nævnt i bekendtgørelsen fra 1961, hvorimod den igen dukkede op i bekendtgørelsen fra 1971. Om der blev lagt det samme i begrebet kan vi ikke umiddelbart udtale os om. Det væsentlige er i denne forbindelse, at fokuseringen på naturvidenskabens arbejdsmetoder betød, at det praktiske elevarbejde ikke alene skulle omfatte eftervisninger af teori samt at være et middel til at indlære og at introducere begreber og teorier. Et formål var også at eleverne skulle lære at arbejde på en naturvidenskabelig måde. Der har gennem tiden været forskellige måder at se på de for naturvidenskaben karakteristiske arbejds måder. I visse perioder hed det "den naturvidenskabelige metode" hvilket antydede at der var tale om én metode, at naturvidenskabsmanden eller -kvinden nåede frem til deres resultater på én bestemt måde, som så i forsimplet udgave kunne være genstand for en undervisning. Siden hen har de fleste en noget mere nuanceret syn på, hvordan naturvidenskabsmanden eller -kvinden når frem til sine resultater. Det er nok derfor at der i 1988-bekendtgørelsen i stedet tales om "fysisk metode". Men i bund og grund er det samme, det handler om, nemlig de arbejds måder som karakteriserer fysikkens måde at tilegne sig ny viden på; det at udføre eksperimenter. Det er forskellige karakteristiske sider af eksperimenterne, som man i sidste ende vil forsøge at afspejle med aktiviteterne i laboratorierne og derved lære eleverne. Det er dog karakteristisk, at Ring i 1925 ikke kom nærmere ind på, hvad han mener, der kendetegner denne metode.

Det praktiske elevarbejde har siden 1907 haft forskellige formål. Der har været et formuleret formål (dog ikke altid) med den enkelte øvelse, f.eks at finde isens smeltevarme. Sådant en opgave er jo i virkeligheden fjollet, idet eleven jo bare kan finde dette tal i et databog. Sådant en øvelse slår ikke efter vores mening teorien bedre fast, idet de formler, som eleven i forbindelse med øvelsen har brug for, tit er opgivet i øvelsesvejledningen. Øvelsen går så i virkeligheden ud på at eleven foretager nogle målinger og noterer disse i et (evt. præfabrikeret) skema. Dataene bliver derefter behandlet ved hjælp af de opgivne formler og/eller indtegnet i koordinatsystemer mv., og der bliver foretaget usikkerhedsberegninger, hvis dette er påkrævet. Eleven får til sidst et resultat, som så kan sammenlignes med den teoretiske værdi. Værdien af sådant en øvelse er, at eleven bl.a. får mulighed for at lave dataopsamling og behandling af data. Dette giver eleven en fornemmelse af, hvordan der laves undersøgelser inden for naturvidenskaben, men ikke hvordan man "eksperimenterer". Værdien af sådant en øvelse er således, at eleven får en fornemmelse eller forståelse af nogle af fysikkens metoder. En anden værdi er, at eleven får mulighed for at bruge forskellige formler og begreber i relation til arbejde i laboratoriet.

Hvis man sætter sig det mål, at eleven skal få en fornemmelse af eller forståelse for nogle af fysikkens metoder gennem det praktiske elevarbejde, er den nævnte øvelse nok ikke det bedste middel til at nå dette mål. Det kan i mange tilfælde nok være noget tilfældigt, hvad eleven skal lære i de forskellige øvelser, idet øvelserne i mange tilfælde vælges efter, hvad der blevet undervist i, og metoden fra gang til gang stort set er den samme.



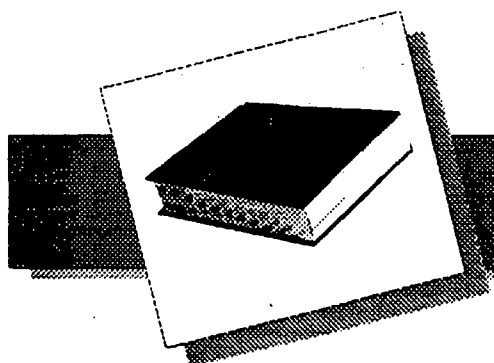
### Selvvirksomhed og konstruktivisme.

Når man ser på de sidste hundrede års debat om fysikundervisningen i gymnasiet, er der især to pædagogiske principper som er interessante: det ene er kravet til selvvirksomhed og det andet er konstruktivismens syn på læring. Disse to ting minder lidt om hinanden. Med selvvirksomhed menes, at eleverne aktivt skulle være inddraget i undervisningen, at det skulle være aktivt og ikke passivt modtagende. I stedet for at fortælle eleven, at sådan forholdt det sig, så skulle eleven via sin trang til at lære og via sin nysgerrighed selv medvirke til at lære noget.

I følge konstruktivismens syn på læring må eleven være aktiv i sin egen læring i og med viden er noget den enkelte selv konstruerer. Ifølge dette syn på læring får eleven altså ikke sin viden overbragt fra en lærer, men må selv konstruere sin forståelse. Der er altså for begge principper tale om en aktiv indsats fra elevens side. Dette har således også en betydning for lærerens rolle. Han eller hun skal ikke være blot docere for eleverne, som sidder i en passiv tilhørerrolle. Dette var det syn, man havde omkring århundredeskiftet på den såkaldte lektieskole. Ifølge principper betyder det for undervisningen, at læreren i højere grad end tidligere skal være en vejleder for eleverne, og at undervisningen skal foregå som en dialog eller samtale mellem lærer og eleverne (samt mellem eleverne indbyrdes vil man nok også sige i dag). For vores første historiske periode blev det lagt op til at læreren skulle bringe eleverne selv til at formulere tingene og selv skulle bringes til at finde ud af tingene (jf. Heegaard og Oscar Hansen), altså en situation, hvor læreren er i en lidt tilbagetrukket rolle og ikke fremtræder som den belærende autoritet. Det førte i denne periode til, at man talte om en induktiv undervisningsform. Den induktive undervisningsform og selvvirksomheden hænger langt hen ad vejen sammen. Inden for fysikfaget blev denne metode især tænkt brugt i forbindelse med det praktiske elevarbejde. Konstruktivismen bliver i dag ikke sat i forbindelse med en induktiv tilrettelagt undervisningsform. Ausubel advarer ligefrem imod en undervisning, hvor begreberne udledes via induktion.

Der er altså tale om, at konstruktivismen og sidste århundredes pædagogiske tanker når det gælder selvvirksomhed på nogle områder har den samme opfattelse om elevens rolle i undervisningen. Det vil nok ikke være forkert at sige, at konstruktivismen indeholder et selvvirksomhedsprincip. Man skal da også være opmærksom på at selvvirksomhedsbegrebet ikke kun havde betydning tilbage i begyndelsen af dette århundrede. Dets betydning er derimod fortsat op igennem århundredet og bliver bl.a. omtalt i folkeskoleloven fra 1975.





## Kilder og litteratur

Andersen, Frode, Asmussen, Hugo, Bostrup, Ole og Hansen, K.G., 1963: *Fysik for Gymnasiet*, bind II, Gyldendalske Boghandel, Nordisk Forlag A/S, København.

Andersen, Frode, Asmussen, Hugo, Bostrup, Ole og Hansen, K.G., 1963: *Fysisk øvelser og opgaver*, bind II, Gyldendalske Boghandel, Nordisk Forlag A/S, København.

Andersson, Björn (1992): "Når virkeligheden konstrueres - læringspsykologi" i Nielsen og Paulsen (red.) 1992, s. 15-26

*Anordning angaaende Undervisningen i Gymnasiet af 9/3 1935.*

*Anordning af 1ste December 1906 angaaende Undervisningen i Gymnasiet*

Asmussen A. F. (red.) (1904): *Meddelelser angaaende de lærde Skoler og dimissionsberettigede Realskoler i Kongeriget Danmark for Skoleaaret 1902-3*, Gyldendalske Boghandel, København.

Asmussen, A.F. (red.) (1907): *Meddelelser angaaende de højere Almenskoler i Danmark for skoleaaret 1905-1906*. Gyldendalske Boghandel, København.

Bakander, Ole, Knudsen, Carl P., Krogh, Hans og Nørgård, Henry (1981): "Store eksperimentelle opgaver" i Knudsen (red.) 1981, s. 12-23.

Barmwater, F. (1905): "Fysik og Kemi i Gymnasiet. nogle Bemærkninger i Anledning af Adj. Sundorphs Artikel om samme Emne i forrige Hefte" i *Fysisk Tidsskrift* 3. årg., s. 115-121.

Barmwater, F. (1906): *Mekanisk Fysik*, Gyldendalske Boghandel. Nordisk Forlag, København og Kristiania.

Barmwater, F. (1907): "Fysikundervisning i Gymnasiets math. naturvidensk. Afdeling, Indledningsforedrag til Diskussion" i *Fysisk Tidsskrift* 5. årg., s. 26-29.

*Bekendtgørelse af 4de December 1906 angaaende Undervisningen i Gymnasiet*

*Bekendtgørelse og vejledende retningslinier for fysik* (1988). Undervisningsministeriet, Direktoratet for Gymnasieskolerne og HF.

*Bekendtgørelse om undervisningen i gymnasiet*, 6/9 1961.

Betænkning om Ingeniør- og teknikeruddannelsernes fremtid (Steffen-Møller-udvalgets betænkning) (1986), Betænkning nr. 1074. Statens Informationstjeneste.

Beyer, Karin (1992): "Det er ikke tænkning det hele" i Nielsen og Paulsen (red.) 1992, s.118-140

Beyer, Karin (1994): "Refleksioner over undervisning - Undervisning i refleksioner" i Paulsen (red.) 1994, s.109-120

## Kilder og litteratur

---

Beyer, Karin, Blegaa, Sussanne, Olsen, Birthe, Reich, Jette, Vedelsby, Mette (1988): *Piger og fysik og meget mere*. IMFUFA-tekst nr.162, Roskilde.

Bjøndal, Bjarne (1969): *En studie i nyere amerikansk læreplantechnik*, Universitetsforlaget, Oslo.

Bruner, Jerome (1960): *Uddannelsesprocessen*, Gyldendalske Boghandel, Nordisk Forlag A.S, København.

Bugge, K. E. (1974): *Pædagogiske grundidéer*, Berlingske Forlag, København.

Christensen, Claus, Claussen, Carsten, Felsager, Bjørn (1991): *Fysikkens spor*. Gyldendalske Boghandel, Nordisk Forlag A.S., København.

Christensen, N. og Th. Sundorph (1907): *Praktiske Øvelser i Fysik for Gymnasiet*, Det Schubothiske Forlag, København.

Christensen, Niels (1907): Anmeldelse af F: Barmwarter: Lærebog i mekanisk "Fysik" i *Fysisk Tidsskrift*, 5. årg s. 117-120.

Christensen, Niels (1911): *Mekanisk Fysik*, Gyldendalske Boghandel. Nordisk Forlag, København.

Christiansen, Niels Finn (1990): *Klassesamfundet organiseres*, Gyldendal og Politikens Danmarkshistorie, bind 12, Gyldendalske Boghandel, Nordisk Forlag A/S & Politikens Forlag, København.

*Cirkulære af 4de December 1906 til samtlige Rektorer og Bestyrere af de eksamensberettigede højere Almenskoler indeholdende Normaltimeplanen for Gymnasiets tre Linier og et Udkast til Anordning angaaende Fordringerne ved og Eksamensopgivelserne til Studentereksamen m.m.*

Clausen, Egon (1970): "Den videnskabsorienterede læseplan" i *Unge Pædagoger* 31. årg.

DeBoer, George E. (1991): *A History of Ideas in Science Education. Implications for Practice*, Teachers College Press, New York.

*Den matematisk-naturvidenskabelige uddannelses karakter og omfang*. (1959). Betænkning afgivet af det af undervisningsministeriet den 12. juli 1956 nedsatte udvalg. Betænkning nr. 225.

*Det nye gymnasium*. (1960) Betænkning afgivet af det af undervisningsministeriet under 27. februar 1959 nedsatte læseplansudvalg for gymnasiet. Betænkning nr. 269. (Den røde betænkning).

Elvekjær, Finn (1986): "Perspektiver i fysikundervisningen" i *Gymnasiefysikken og den store verden* 1986.

Eriksen, J. K. (1932): "Fysik paa den mat.-naturvidensk. Linie" i *Gymnasieskolen*, 15. årg., s. 417-421.

Eriksen, J. K. og Kofoed, Johs (1928): *Fysik for Gymnasiet, Mekanisk Fysik*. J. H. Schultz Forlag, København.

Fakstorp, Jørgen (1986): Nogle synspunkter på debatoplæg om nyt fysikpensum i *Gymnasiefysikken og den store verden* 1986.

Finlay, G.C. (1964): "The Physical Science Study Committee" i Rosenbloom (red.) 1964.

Fischer, Emil (1893): "Iagttagelser fra en 4 Ugers Rejse til London Sommeren 1889 med Hensyn til Undervisningen i Naturlære i derværende Skoler" i *Vor Ungdom* 1893 s. 67-80.

Fogh, Esper & Nielsen, Knud Erik (1990a): *Fysik for 1.G.* Hax-Data, Silkeborg.

- Fogh, Esper & Nielsen, Knud Erik (1990b): *Fysik for 2.G. Hax-Data*, Silkeborg.
- Fogh, Esper & Nielsen, Knud Erik (1990c): *Fysik for 3.G. Hax-Data*, Silkeborg.
- Frederiksen, Kristine (1889): *Anskuelsesundervisning*, V. Thaning & Appels Forlag, København.
- Frederiksen, Kristine (1896): "Amerikanske Undervisningseksperimenter" i *Vor Ungdom*, 1896, s. 486-535.
- Fysik i gymnasiet* (1987) (Udvalget vedr. fysik i gymnasiet), Direktoratet for gymnasieskolerne og højere forberedelseseksamen, København.
- "Fysik i Skolen" (1906) i *Fysisk Tidsskrift* 4.årg. s. 91-100 (uden forfatterangivelse).
- Gertz, M.C. (1907): "Forslag vedrørende Undervisningsplanen for Gymnasiet og Eksamensordningen" i Asmussen (red.) 1907.
- Goldbech, Ole og Paulsen, Albert (1992): "Fra konstruktivisme til undervisning" i Nielsen og Paulsen (red.) 1992, s.101-116.
- Goldbech, Ole og Thomsen, Poul V. (1992): "Undervisning på folkeskoleniveau - med konstruktivistisk indfaldsvinkel" i Nielsen og Paulsen (red.) 1992, s.55-72.
- Goldbech, Ole, Touborg, Jens og Niels Henrik Würtz (1992): "Eksperimentets rolle" i Nielsen og Paulsen (red.) 1992, s.159-171.
- Grue-Sørensen, K. (1973): *Opdragelsens Historie*, bd. II & III, Nordisk Forlag, København.
- Grue-Sørensen, K., og Winther-Jensen, Thyge (red.) (1978): *Pædagogikkens hvem hvad hvor*, Politikens Forlag, København.
- Gymnasiefysikken og den store verden*. - forslaget til nyt pensum set udefra, Konferencerapport, Fysiklærerforeningen, IMFUFA-tekst nr. 123, Roskilde.
- Handlingsplan for bedre balance på langvarigt uddannedes arbejdsmarked* (1985) Knud Larsen udvalgets handlingsplan, Undervisningsministeriet, København.
- Hansen, Gert og Brink Lund, Kirsten (1991): "Konstruktivistisk fysik på Århus Akademi" i Nielsen (red.) 1991, s. 68-105.
- Hansen, H. M. (1912): Anmeldelse af Niels Christensen: *Mekanisk Fysik* i *Fysisk Tidsskrift*, 10. årg., s.121.
- Hansen, K.G. (1967): Anmeldelse af *Fysik* i *Fysisk Tidsskrift*, 64. årg. s. 46-47.
- Hansen, Oscar (1898): *Opdragelseslære* Gyldendalske Boghandels Forlag, København.
- Hansen, Svend Aage (1983): *Økonomisk vækst i Danmark, bd. II: 1914-83*, Akademisk forlag, København.
- Hansen, Svend Aage og Henriksen, Ingrid (1980): *Velfærdsstaten 1940-78*, Dansk socialhistorie bd. 7, Gyldendalske Boghandel, Nordisk Forlag A.S., København.
- Haue, Harry, Nørgaard, Ellen, Skovgaard-Petersen, Vagn, Thiedecke, Johnny (1986): *Skolen i Danmark 1500-1980'erne*. Systime, København.

## Kilder og litteratur

---

- Heegaard, Sophus (1893): *Om Opdragelse*, Gyldendalske Boghandels Forlag, København (1. udgave udkom i 1880).
- Hodson, Derek (1993): "Re-thinking Old Ways: Towards A More Critical Approach To Practical Work In School Science" i *Studies in Science Education* 22 s. 85-142.
- Hofstein, Avi (1988): "Practical Work and Science Education II" in Peter Fensham (red.) *Development and dilemmas in science education*, The Palmer Press, London.
- Hvidt, Kristian (1990): *Det folkelige gennembrud og dets mænd*. Gyldendal og Politikens Danmarks historie, bind 11, Gyldendalske Boghandel, Nordisk Forlag A.S. og Politikens Forlag, København.
- Høffding, Harald (1922): *Den nyere Filosofis Historie (Niende og Tiende Bog)*. Gyldendalske Boghandel, København.
- Ingle, Richard & Jennings, Arthur (1981): *Science in Schools - Which Way Now?*. University of London, Institute of Education.
- Jacobsen, J. P. (1905): "Fysiske Øvelser for Skoledisciple" i *Fysisk Tidsskrift* 3. årg, s. 78-86.
- Johansen, Hans Chr. (1985): *Dansk økonomisk statistik*, Danmarks historie bind 9, Gyldendalske Boghandel, Nordisk Forlag, København.
- Plesner, Jul. (1890): "Selvvirksomhed og Selvtænkning contra Formyndervæsen og Propning" i *Vor Ungdom*, 1890, s. 46-70.
- Kaper, Ernst (1911): *Den daglige Undervisnings Form. Kortfattet Didaktik ud fra Praxis*, 2. Udg., Nordisk Forlag, København og Kristiania. (1. udgave udkom i 1902).
- Kjærulff, A. (1906): "Undervisning i Naturkundskab i Tyskland og Schweiz" i *Fysisk Tidsskrift* 4. årg, s. 87-91.
- Knudsen, Carl P. (red.) (1981): *Fysik 85, Debatskrift fra fysiklærerforeningen*, Fysiklærerforeningen, København.
- Krogh, Lars (1991): "Konstruktivistisk fysik på Marselisborg - Energi" i Nielsen (red.) 1991, s. 12-40.
- Kroman, K. (1886): *Om Maal og Midler for den høiere Skoleundervisning*. Andr. Fred. Høst & Sønns Forlag, København.
- Krumholt, Jens (1986): "Resumé af indlæg" i *Gymnasiefysikken og den store verden 1986*.
- Larsen, Carl Aage (1991): "Selvvirksomhed og induktivt princip" i Muschinsky og Schnack (red.) 1991, s. 262-266.
- Linde, A. (red.) (1881): *Meddelelser angaaende de lærde Skoler med dertil hørende Realundervisning i Kongeriget Danmark for Aarene 1857-1878*.
- Little, E.P. (1959): "The Physical Science Study Committee" i *Harvard Educational Review*, vol. 29, s. 1-15.
- Lov om højere Almenskoler m.m. af 24/4 1903*
- Lübcke, Poul (red.) (1983): *Politikens filosofi leksikon*, Politikens forlag, København.

- Lütken, Hans (1984): "Kraft og lodret kast - nogle skoleelevers og læreres tanker" i Nielsen og Thomsen (red.) 1984.
- Marke, A.W (1925): "Om Fysikundervisningen ved Seminarierne" i *Fysisk Tidsskrift*, 23. årg., s. 179-185.
- Mathiasen, A. Friis (1933): "Fysikundervisningen i Gymnasiet" i *Gymnasieskolen*, 16. årg., s. 351-355.
- Mathiesen, Anders (1976): *Uddannelse og produktion*, Munksgaard, København.
- Mathiessen F. C. (1905): "Fysik og Kemi i Gymnasiet" i *Fysisk Tidsskrift* 3.årg. s. 122-125.
- Mathiessen F.C. (1906): "Fysisk Tidsskrift" i *Vor Ungdom*, 1906, s. 49-51.
- Meyer, Kirstine (1902): "Et par Bemærkninger i Anledning af den nye Skolelov" i *Fysisk Tidsskrift* 1. årg s. 95-96.
- Meyer, Kirstine (1905a): "Praktisk Læreruddannelse - et lille Reformforslag" i *Fysisk Tidsskrift* 3. årg, s. 216-217.
- Meyer, Kirstine (1905b): "Skolelaboratorier - hjemme og ude" i *Fysisk Tidsskrift* 3. årg, s. 254-256.
- Meyer, Kirstine (1906): "Undervisning i Naturlære i engelske Skoler" i *Fysisk Tidsskrift* 4. årg, s. 30-37.
- Meyer, Kirstine (1926): "Om Fysikundervisningen ved Seminarierne" i *Fysisk Tidsskrift*, 24. årg., s. 46ff.
- Muschinsky, Lars Jacob og Schnack, Karsten (red.) (1991): *Pædagogisk Opslagsbog*, Christian Ejlers' Forlag, København.
- Mørch, Søren (1982): *Den ny Danmarkshistorie 1880-1960*, Gyldendalske Boghandel, Nordisk Forlag A/S, København., København.
- Nielsen, Børge Degn og Elvekjær, Finn (1990) *Fysikkens verden*, bd. 3. Gjellerup & Gad, København.
- Nielsen, H., Thomsen, P., Krogh, L., Touborg, J.P., Würtz, N.H., Hansen, G., Lund, K.B. (1992): "Fysik i gymnasiet" i Nielsen og Paulsen (red.) 1992, s. 73-90.
- Nielsen, Henry (red.) (1991): *Fysik i 1.G - med konstruktivistisk indfaldsvinkel*. Det fysiske Institut, Århus Universitet, Århus.
- Nielsen, Henry og Paulsen, Albert (red.) (1992): *Undervisning i fysik - den konstruktivistiske idé*. Gyldendalske Boghandel, Nordisk Forlag A.S., København.
- Nielsen, Henry og Thomsen, Poul (1982): *Fart og Kraft - en fysiktest blandt studerende og kandidater*. Det Fysiske Institut, Århus Universitet.
- Nielsen, Henry og Thomsen, Poul (1983a): *Rapport nr. 1. Hverdagsforestillinger om fysik*. Det Fysiske Institut, Århus Universitet.
- Nielsen, Henry, og Thomsen, Poul (1983b): *Rapport nr. 2. 1. g 1982 Erfaringer og Holdninger hos nye gymnasiaster*. Det Fysiske Institut, Århus Universitet.
- Nielsen, Henry og Thomsen, Poul (1985): *Rapport nr. 6. GF-projektet 1982-85: Resultater og rekommandationer*. Det Fysiske Institut, Århus Universitet.

## Kilder og litteratur

---

- Nielsen, Henry og Thomsen, Poul (red.) (1984): *Fysik i Skolen, problemer og perspektiver*. Nordisk Forsker Symposium 12-17 november 1984. Det Fysiske Institut, Århus Universitet.
- Nielsen, Henry, Lund, Kirsten Brink, Nielsen, Lea, Svenningsen, Marianne og Thomsen, Poul V. (1985): *Rapport nr. 5. En årgang siger sin mening om gymnasiet*. Det Fysiske Institut, Århus Universitet.
- Nilssen, Torunn I. (1993): *Konstruktivisme i klasserommet. Teoretiske betragtninger og en empirisk undersøgelse av naturfagundervisning*. Hovedfagsoppgave i realfagdidaktik, Universitetet i Oslo.
- Nilssen, Torunn I. (1994): "Konstruktivisme i klasserommet" i Paulsen (red.) 1994, s. 45-56.
- Nissen, Henrik S. (1991): *Landet blev by*, Gyldendals og Politikens Danmarkshistorie, bd. 14, Gyldendalske Boghandel, Nordisk Forlag A/S & Politikens Forlag, København.
- Novak, Joseph (1978): "An Alternative to Piagetian Psychology for Science and Mathematics Education" i *Studies in Science Education*, 5, s. 1-30.
- Nygaard, A. og Christiansen, L. (1937): *Fysiske Øvelser for Gymnasiet*, Gyldendalske Boghandel. Nordisk Forlag, København.
- Nyt pensum i fysik- debatoplæg fra fysiklærerforeningen* (1984), Fysiklærerforeningen.
- Paulsen, Albert (1983): *Elevforudsætninger i fysik - en test i 1.g med kommentarer*, IMFUFA-tekst nr. 69, Roskilde.
- Paulsen, Albert (1984): *Energi i 1. g - en teori for tilrettelæggelse*. IMFUFA-tekst nr. 90, Roskilde.
- Paulsen, Albert (1994): "Eksperimenter i undervisningen - undervisning i eksperimenter" i Paulsen (red.) 1994, s.139-150.
- Paulsen, Albert (1994b): Privat kommunikation.
- Paulsen, Albert (red.) (1994): *Naturfagenes Pædagogik - mellem udviklingsarbejder og teoridannelse*. Rapportbind 1. Samfundslitteratur, København.
- Paulsen, Albert (red.) (1994): *Naturfagenes Pædagogik - mellem udviklingsarbejder og teoridannelse*. Rapportbind 2. Samfundslitteratur, København.
- Pedersen, Uffe Gravers (1987): "Gymnasireformen" i *Uddannelse*, vol. 20, nr. 3.
- Phenix, Philip H. (1964): *Realms of Meaning. A Philosophy of the Curriculum for general Education*. McGraw-Hill Book Company, New York.
- Piaget, Jean og Inhelder, Bärbel (1971): *Barnets psykologi*, Hans Reitzels Forlag, København. (originaludgave i 1966).
- Pihl, Mogens (1933): "Teoretiske overvejelser angående forholdet mellem den moderne fysik og fysikundervisningen" i *Fysisk Tidsskrift*, 31. årg., s. 101-105.
- Pihl, Mogens (1947): "Fysikundervisningen i Gymnasiet" i *Gymnasieskolen*, 30. årg., s. 45-47.
- Pihl, Mogens (1949): "Forslaget til reduktion af fysikpensum" i *Gymnasieskolen*, 32. årg., s. 71-73.



- Pihl, Mogens (1971): "Træk af dansk fysiks historie-forskning og undervisning" i *Gymnasieskolen*, 54. årg., s. 1257-1264.
- Pihl, Mogens og Storm, Henning, 1963: *Fysik*, bind I + II, G.E.C. Gads Forlag, København.
- Pihl, Mogens og Storm, Henning, 1965: *Fysiske øvelser*, G.E.C. Gads Forlag, København.
- Pingel, V., 1884: "Gjensvar til Kand. S. L. Tuxen" i *Vor Ungdom* 1884, s.308-316.
- Poulsen, Claus (1982): *Bibliografi om det eksperimentelle arbejdes placering i fysikundervisningen i det matematisk-naturvidenskabelige gymnasium i Danmark belyst gennem den fagdidaktiske diskussion i perioden 1900-1970*. Upubliceret.
- Rerup, Lorenz (1989): *Danmarks historie*, bind 6. Tiden 1864-1914. Gyldendalske Boghandel, Nordisk Forlag A.S., København.
- Ring, L. J. (1925): "Maal og Midler for Gymnasiets Fysikundervisning" i *Fysisk Tidsskrift*, 23. årg., s. 45ff.
- Ringnes, Vivi (1993): *Elevers kjemiforståelse og læringsvansker knyttet til kjemibegreper*, Universitetet i Oslo.
- Rosenbloom, Paul, (red.) (1964): *Modern Viewpoints in the Curriculum*, Mc. Graw-Hill, New York.
- Schnack, Karsten (1991): "Dannelse" i Muschinsky og Schnack (red.) 1991.
- Sikjær, S. (red.) (1964): *Fysik*, Gyldendalske Boghandel, Nordisk Forlag A/S, København.
- Sjøberg, Svein (1990): *Naturfagenes didaktikk. Fra vitenskap til skolefag*, Gyldendal Norsk Forlag A/S, Oslo.
- Skovgaard-Petersen, Vagn, (1976): *Dannelse og demokrati. Fra latin til almenskole. Lov om højere almenskoler 24. april 1903*. Gyldendalske Boghandel, Nordisk Forlag A.S., København.
- Smed, Jens (1943): "Fysikkens Stilling i den højere Skole fra Middelalderen til vore Dage" i *Fysisk Tidsskrift*, 41. årg., s. 16ff.
- Staffansson, Eve, Andersson, Bengt og Johansen, Karl Erik, 1972: *Fysik i grundtræk, 1A mekanik*, Munksgaard, København.
- Sundorph, Th. (1903): "Om Undervisning i Naturlære" i *Fysisk Tidsskrift* 2. årg, s. 27-29
- Sundorph, Th. (1905a): "Fysik og Kemi i Gymnasiet" i *Fysisk Tidsskrift* 3. årg, s. 76-78
- Sundorph, Th. (1905b): "Praktiske Øvelser i Gymnasiet" i *Fysisk Tidsskrift* 3.årg. s. 166-167
- Sundorph, Th. (1916): *Mekanisk Fysik for Gymnasiet*, Gyldendalske Boghandel, Nordisk Forlag, København.
- Sørensen, Helene (1992): "Medbestemmelse i fysik/kemi - særlig vigtig for piger?" i Nielsen og Paulsen (red.) 1992, s.141- 158
- Teknisk og naturvidenskabelig arbejdskraft*. (1959). Betænkning afgivet af den af statsministeriet nedsatte Tekniker kommission. Betænkning nr. 229.
- Thomsen, Poul V. (red.) (1993): *Eksperimentets rolle i fysikundervisningen*. Institut for Fysik og Astronomi, Århus Universitet, Århus.

## Kilder og litteratur

---

Tuxen, S. L. (1886): *Professor Kromans Forslag til en Skolereform belyst af S. L. Tuxen*, Wilhelm Priors Hof-Boghandel, København. (Trykt bagest i Kroman 1886).

Tuxen, S. L. (1914): *Beretning om Undervisningen i Gymnasieskolerne*, Kultusministeriet, København.

*Udkast til Anordning angaaende Fordringer ved og Eksamensopgivelserne til Studentereksamen m.m*

*Vejledende bestemmelser vedrørende undervisning i gymnasiet*, 1961.

Wellington, J.J. (1981): "What's supposed to happen, sir? Some problems with discovery learning" i *School Science Review* 63, s. 167-173.

Wellington, Jerry (red.) (1989): *Skills and Processes in Science Education*, Routledge, London & New York.

Woolnough, Brian (1983): "Exercise, investigations and experiences" in *Phys. Educ.* 18, s. 60-63.

Woolnough, Brian and Allsop, Terry (1985): *Practical Work in Science* Cambridge University Press, Cambridge.

Würtz, Niels Henrik (1993): "Den indledende eksperimentelle undervisning" i Thomsen (red.) 1993, s. 27-40.

# Appendiks

# A

## Lærebogsmateriale fra periode 1

### A.1 Lærebogsstof fra Sundorph, s. 10 ff (jævnt voksende bevægelse)

#### Den jævnt voksende Bevægelse.

I et langt Glasrør, der er lukket i begge Ender, er der en lille Blyklump og en Fjer, og Røret er indrettet saaledes, at Luften kan pumpes ud. Holdes Røret lodret, ligger Bly og Fjer paa Bunden. Vendes Røret hurtigt om, ser man, at Blyet falder hurtigere end Fjeren, men pumpes det meste af Luften ud, falder Bly og Fjer omtrent lige hurtigt, og det samme vilde ske, hvis man i Røret havde flere smaa Legemer af forskellige Stoffer. Man slutter heraf, at *Luften gør Modstand mod Faldet, og at alle Legemer falder lige hurtigt i luftomt Rum.*

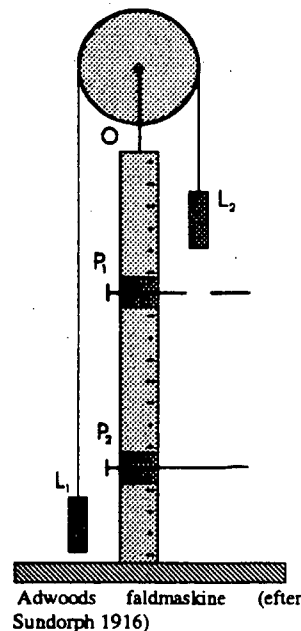
Luftmodstanden afhænger af Legemets Form og Størrelse samt af Hastigheden; den sættes ofte *proportional med Hastighedens Kvadrat*, men for smaa Hastigheder vokser Luftmodstanden dog ikke saa stærkt, for større Hastigheder stærkere. Naar lette legemer med stor Overflade falder, bliver Luftmodstanden hurtigt lige saa stor som Legemets Vægt, og Bevægelsen kan da blive jævn, saaledes som man undertiden ser det, naar Regndraaber og Snefnug falder i stille Vejr.

Vi vil nu undersøge, hvilke Love der gælder for en Bevægelse, naar den Kraft, der frembringer Bevægelsen, er konstant. Hertil kan man benytte tunge Legemers Fald, da Luftmodstanden under den første Del af Faldet er meget lille i Sammenligning med Vægten. Man kan indrette Forsøget saaledes, at Kraften sætter en stor Vægt i Bevægelse, saa at Hastigheden blive lille, Luftmodstanden altsaa yderligere formindsket og Bevægelsen lettere at følge; dette sker ved hjælp af Faldmaskinen.

Faldmaskinen (Fig.7) [her tilhørende figur] bestaar af en høj, inddelt Stang, der er anbragt paa en Fod og kan stilles lodret ved Hjælp af tre Stilleskruer i Foden;  $P_2$  er en Plade, der kan skydes op og ned (Pladen  $P_1$  bruges foreløbig ikke). Foroven bærer Stangen et ledløbende Hjul med en Fure i Kanten. Over Hjulet er der lagt en tynd Snor, i hvis Ender der hænger to lige tunge Lodder ( $L_1$  og  $L_2$ ). Paa Stangen er der anbragt et Pendul, der slaar et Slag hvert Sekund.

$L_2$  holdes saaledes, at dets Underkant er i Højde med Maalestøkkens øverste Inddeling, og en Overvægt lægges oven paa  $L_2$ . Giver man slip, gaar  $L_2$  og Overvægten nedad,  $L_1$  gaar opad. Da to Lodder trækker lige stærkt hver til sin Side, saa at *Overvægten er den konstante Kraft, der alene frembringer Bevægelsen.*

Pladen  $P_2$  skydes saa højt op, at  $L_2$  rammer den et Sekund efter, at Faldet begyndte, og Faldvejen  $a$  maales. Paa samme Maade finder man, hvor langt  $L_2$  falder i 2, 3, 4 og 5 Sekunder.



## Appendiks A

Det viser sig, at  $L_2$  i  $t$  Sekunder falder  $t^2$  Gange saa langt som i første Sekund. Kaldes Faldvejen i  $t$  Sekunder  $s$ , har man altsaa:

$$s = at^2 \quad (1).$$

Forsøget udføres i Reglen saaledes, at man først finder Faldvejen f.Eks. i 4 Sekunder;  $a$  er da 16 Gange mindre. Derpaa prøves, om Faldvejen i 2, 3 og 5 Sekunder er  $4a$ ,  $9a$  og  $25a$ .

Loven for Hastigheden findes saaledes. Man benytter to forskydelige Plader  $P_2$  og  $P_1$ ; i  $P_1$  er der et Hul, som  $L_2$  kan passere, mens Overvægten bliver hængende.  $P_1$  indstilles saaledes, at Overvægten borttages f.Eks. efter 3 Sekunders Forløb, og fra dette Øjeblik bliver Bevægelsen jævn ( $OP_1$  skal være lig  $9a \div$  Loddets Højde).  $P_2$  indstilles saaledes, at  $L_2$  rammer  $P_2$ , naar det 4de Sekundslag lyder; Hastigheden efter 3 Sekunders Forløb ( $P_1P_2 \div$  Loddets Højde) viser sig at være  $6a$ . Paa denne Maade finder man, at Hastigheden efter 1, 2, 3 ... Sekunders Forløb er  $2a$ ,  $4a$ ,  $6a$  o.s.v. For Hastigheden  $v$  gælder altsaa Formlen

$$v = 2a \cdot t. \quad (2)$$

Accelerationen er altsaa konstant ( $2a$ ), Bevægelsen jævnt voksende (ifølge Definitionen Side 10). Kaldes Accelerationen  $G$ , kan Formlerne (1) og (2) skrives

$$s = \frac{1}{2} Gt^2 \quad (3) \quad \text{og} \quad v = Gt \quad (4)$$

heraf faas ved Elimination af  $t$

$$v = \sqrt{2Gs} \quad (5)$$

### A.2 Lærebogsstof fra Barmwater, s. 8ff (jævnt voksende bevægelse)

6. Den jævnt voksende Bevægelse. Et Eksempel paa en saadan har vi i Faldet. Det frie Fald foregaar for hurtigt, til at vi med lethed kan studere det, vi maa derfor sørge for at faa Faldet til at gaa tilstrækkeligt langsomt. Dette kan opnaas enten ved at lade en Kugle trille ned af et Skraaplan (Galilæi) eller ved Hjælp af Atwoods Faldmaskine. Denne bestaar af en inddelt lodret Stang (Fig. 2), der bærer en Trisse, som er meget let bevægelig. Over denne er lagt en Snor, hvori der hænger to lige tunge Lodder. Sættes disse i Gang, bliver Bevægelsen jævn. Faldet fremkommer, naar man paa det ene Lod lægger Overvægten C. - Opgaven gaar nu først ud paa at finde, hvorledes de gennemløbende Veje afhænger af de forbrugte Tider. Til Bestemmelse af Tiden tjener et Pendul (ikke aftegnet i Fig.) hvis Længde er afpasset saaledes, at det gør 1 Svingning i hvert Sek. Af de to i Fig. aftegnede Plader, bruges foreløbig kun den hele, den gennemhullede tænkes derfor fjærnet indtil videre. Vi tæller os nu først ind i takt med Pendulet: 0 - 1 - 0 - 1 o.s.v., og i et Øjeblik, da vi tæller 0, slippes Loddet, og vi lægger mærke til, hvortil det kommer, naar vi siger 1. Her stiller vi da Pladen og gentager Forsøget for at prøve, om vi har set rigtigt, idet vi da skal komme til at høre Slaget mod Pladen samtidig med

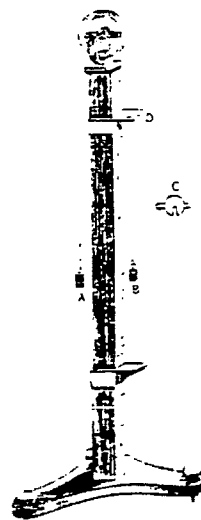


Fig. 2

Atwoods faldmaskine

Pendulslaget 1. Sker dette ikke, flyttes Pladen op eller ned, og Forsøget gentages, indtil man nøjagtigt har fundet, hvor langt Legemet kommer i det første Sek. Dette noterer man op i en Tabel som den nedenstaaende, der indeholder Forsøgsresultater fra en saadan Maskine. Derefter gaar man over til finde, hvor langt legemet kommer i 2 Sekunder og stiller derfor Pladen et godt Stykke længere nede. Ligesom før lader man Legemet gaa ved Tællingen 0, og skal da finde, hvor Pladen maa staa, for at Anslaget skal indtræffe ved Tællingen 2. Paa samme Maade findes Faldvejen i 3 og 4 Sek. Man faar da Resultater som følgende:

Tid	Vej	Hastighed
1 Sek.	3	6
2 -	12	12
3 -	27	18
4 -	48	24

For af disse Tal at finde Reglerne, hvorefter faldet foregår, undersøger vi, hvor mange Gange Vejen i det første Sek. er indeholdt i de andre Vejstrækninger. Vi finder da, at Legemet i 2 Sekunder er faldet 4 Gange saa langt som i det første, i 3 Sekunder 9 Gange og i 4 Sekunder 16 Gange saa langt. Disse tal: 4, 9, 16, er netop Kvadratet paa Sekundernes Antal, og vi kan da nemt ved Hjælp af denne Opdagelse forudsige, hvor langt Legemet vil komme i f.Eks. 5 Sekunder, det vil komme  $5^2 \cdot 3 = 75$ , i 6 Sekunder:  $6^2 \cdot 3 = 108$  o.s.v. Antages almindeligt at Legemet i det første Sek. at komme Stykket  $a$ , da bliver Vejen i  $t$  Sek. altsaa

$$v = a \cdot t^2$$

Heraf kan vi nu ved Regning udlede Hastigheden til Tiden  $t$ . I  $t_1$  Sekunder kommer legemet  $v_1 = at_1^2$ , Middelhastigheden paa Strækningen  $v_1 - v$  er da

$$h_m = \frac{v_1 - v}{t_1 - t} = \frac{at_1^2 - at^2}{t_1 - t} = a(t_1 + t)$$

Hastigheden  $h$ , naar der er gaaet  $t$  Sekunder, er da

$$h = \lim_{t_1 \rightarrow t} a(t_1 + t) = 2at$$

Ved differentiation faas umiddelbart

$$h = \frac{dv}{dt} = 2at$$

Hastigheden er altsaa jævnt voksende, idet Tilvæksten pr. Sek. eller Accelerationen er  $2a$ . I Forsøget ovenfor skal Accelerationen altsaa være 6, og Hastigheden skal følgelig efter det første Sekunds forløb være 6, efter det andet Sek. 12, efter det tredie 18 o.s.v. - For at prøve disse Resultater paa Maskinen benytter vi den gennemhullede Plade. Gennem denne kan Loddet slippe, medens Overvægten bliver hængende, og vi kan altsaa i Overensstemmelse med Definitionen. paa Hastigheden faa Kraften til at ophøre at virke i et givet Øjeblik og finde, hvor langt Legemet derefter af sig selv vil gaa i det følgende Sek. Vil vi altsaa undersøge, om Hastigheden efter det første Sekunds Forløb er 6 stiller vi den gennemhullede Plade ved mærket 3 og den hele Plade 6 neden under, altsaa ved 9. Paa Tælling 0 slippes Loddet, paa 1 går det gennem Hullet, og paa 2 skal det ramme Pladen. Vil vi prøve Hastigheden efter f. Eks. en Faldtid paa 3 Sekunder, stiller vi

## Appendiks A

den gennemhullede Plade ved mærket 27 og den uigennemboede ved 45, Loddet passerer da Hullet paa Tællingen 3 og rammer Pladen paa Slaget 4 o. s. fr.

Kaldes Accelerationen  $g$ , da er  $a = \frac{1}{2}g$ , og vi faar altsaa de to Love

$$\begin{aligned} 1) h &= gt \\ 2) v &= \frac{1}{2}gt^2 \end{aligned}$$

Heraf faas ved Elimination af  $t$

$$3) h = \sqrt{2gv}$$

Den sidste tjener til at finde Hastigheden, naar vejen er bekendt.

Accelerationen ved det frie Fald har man ved en Metode som senere vil blive omtalt, fundet at være 9,82 Meter eller omtrent 32 Fod. Ved det frie Fald bliver altsaa Faldvejene og Hastigheden følgende:

Tid	Vej	Hastighed
1 Sek.	16	32
2 -	2 <sup>2</sup> · 16	2 · 32
3 -	3 <sup>2</sup> · 16	3 · 32
4 -	4 <sup>2</sup> · 16	4 · 32

At f. Eks. Hastigheden efter det 3die Sekunds forløb er 3 · 32 Fod vil sige, at Legemet, saafremt tyngden ophørte at virke ved det tredie Sekunds Slutning, i løbet af det 4de Sek. af sig selv vilde kunne løbe 96 Fod. Hører tyngden ikke op at virke, føres Legemet yderligere 16 Fod, saa at det i det 4de Sek. gaar 112 Fod. 4 · 32 + 16 Fod o. s. fr. Alt dette naturligtvis under Forudsætning af, at vi ingen Hensyn behøver at tage til Tyngden.

### A.3 Lærebogsstof fra Barmwater s. 31 ff (cirkelbevægelsen)

11 Cirkelbevægelsen. Vi vil finde betingelsen for, at et Legeme med massen  $m$  skal bevæge sig med konstant Hastighed  $h$  i en Cirkel med radius  $r$ . I Punktet A (Fig. 14) er Hastigheden  $AB$ ; en meget lille Tid  $\tau$  derefter er Legemet i C, hvor Hastigheden er  $CG$ . Denne nye Hastighed maa være opstaaet som Resultant af den gamle Hastighed  $CD$ , der er  $= AB$ , og en ny tildelt Hastighed  $CH$ . Der maa følgelig have virket en Kraft paa Legemet, da dette ellers efter Inertiens Lov vilde have forsat sin Bevægelse i Retningen  $AB$ . Hastighedstillægget  $CH = u$  bestemmer Kraftens

Størrelse. Accelerationen har været  $\frac{u}{\tau}$  og følgelig er Kraften

$$K = m \cdot \frac{u}{\tau}$$

Idet nu  $\tau$  er meget lille, kan  $OAC$  opfattes som en ligebenet Trekant ligedannet med  $CDG$  (Benene er vinkelrette paa hinanden). Idet  $AC = h\tau$ , faas

$$\frac{u}{h\tau} = \frac{h}{r}$$

hvoraf

$$u = \frac{h^2\tau}{r}$$

og altsaa

$$K = \frac{m \cdot h^2}{r}$$

Kraften maa altsaa være konstant under hele Bevægelsen.

Kraftens Retning findes, naar vi husker paa, at  $u$  er vinkelret paa  $AC$ , den er altsaa parallel med  $OM$ , der gaar til Midten af  $AC$ . Kraften maa følgelig have været rettet mod Centrum.

I den næste uendelige lille Tid, maa Kraften ogsaa være rettet mod Centrum og saaledes fremdeles. For at holde et Legeme i en Cirkel kræves der altsaa en stadig mod Centrum rettet Kraft: den **midtpunktsøgende** eller **Centripetalkraften**.

Kaldes Omløbstiden  $T$ , da er

$$h = \frac{2\pi r}{T}$$

og altsaa

$$K = \frac{m \cdot 4\pi^2 r}{T^2}$$

Kaldes Omløbstiden pr Sek.  $n$ , da er

$$h = 2\pi r \cdot n$$

eller

$$K = m \cdot 4\pi^2 r n^2$$

Kraften vokser altsaa med Kvadratet paa Omløbstallet

#### A.4 Lærebogsstof fra Christensen, s. 12 (cirkelbevægelsen)

Cirkelbevægelse. Dersom en Partikel med konst. Hastighed  $v$  gennemløber en Cirkel med radius  $r$ , bliver Accelerationen efter Tangenten Nul, medens den efter Normalen bliver  $a_n = \frac{v^2}{r}$ .

Er Partiklens Masse  $m$ , må den derfor påvirkes af Kraften

$$K = \frac{mv^2}{r},$$

der er rettet mod Centret. Gennemløbes Cirklen i  $T$  Sekunder, har man  $v \cdot T = 2\pi r$  eller

$$K = \frac{4\pi^2 r m}{T^2}$$

En sådan Bevægelse fås, når en Kugle er bundet til et fast Punkt ved en Snor; Spændingen i denne er da Normalkraften, der ogsaa kaldes *Centripetalkraften*; dens Reaktion d. v. s. Trækket, Snoren øver på det faste Punkt, kaldes *Centrifugalkraften*, den virker altsaa ikke på Kuglen.

En Bevægelse, hvor den virkende Kraft stadig er rettet mod et fast Punkt, kaldes en *Centralbevægelse*; for en sådan gælder *Arealsætningen*, at Forbindelseslinien mellem Partikel og Centrum beskriver lige store Arealer i lige store Tider.

Er  $AB$  og  $BC$  to på hinanden følgende Bueelementer gennemløbne i Tiden  $dt$ , er Accelerationen og følgelig ogsaa Kraften rettet efter  $BM$ ; er  $O$  Centret, vil  $BO$  halvere både  $\triangle ABC$  og  $\triangle AOC$ , så  $\triangle ABO = \triangle BCO$ .

### A.5 Lærebogsstof fra Christensen, s. 27 (Faldmaskinen)

Faldmaskinen. En lodret Stang bærer foroven en Trisse, og over denne er lagt en Snor, der i den ene Ende bærer en Glasplade, der er sodet eller bestrøet med Heksemel, i den anden et Lod. Er Spændingerne i Snorestykkerne  $S_1$  og  $S_2$ , Loddets Vægt  $M$  og Pladens  $m$ , fås for Bevægelsen

$$M \cdot \frac{d^2 x_1}{dt^2} = Mg - S_1$$

$$m \cdot \frac{d^2 x_1}{dt^2} = mg - S_2$$

og

$$J \frac{d\omega}{dt} = (S_1 - S_2) \cdot a$$

når  $a$  er Hjulets Radius og  $J$  dets Inertimoment.

Da snorelængden er konstant, bliver  $-\frac{d^2 x_1}{dt^2} = \frac{d^2 x_2}{dt^2}$ , og når Snoren ikke glider på Trissen er  $dx = a\omega dt$ , så man får

$$\left(M + m + \frac{J}{a^2}\right) \cdot \frac{d^2 x}{dt^2} = (M - m)g.$$

Bevægelsen bliver altså jævnt voksende, og Accelerationen bestemmes ved, at en Fjeder eller Stemmegaffel skriver sin Svingningskurve på Pladen. Udfører Stemmegafflen  $n$  Svingninger i 1 Sekund, beskrives hver kurve i  $\frac{1}{n}$  Sekund, og bruges denne som Tidsenhed, bliver Længderne af forskellige Bugter  $\frac{1}{2}\gamma, \frac{4}{2}\gamma, \frac{9}{2}\gamma, \dots$ , når  $\gamma$  er Accelerationen. Første Differens mellem disse bliver  $\frac{3}{2}\gamma, \frac{5}{2}\gamma, \frac{7}{2}\gamma, \dots$ , og anden skal stadig blive  $\gamma$ , som derfor findes temmelig nøjagtigt som Middeltal mellem disse anden Differenser. Den virkelige Acceleration (med Sekund som Enhed) bliver  $n^2 \gamma$ , men den viser sig at være betydelig mindre end værdien  $\frac{M - m}{M + m + \frac{J}{a^2}} g$ , der fremgår af

Formlen; denne er også udledt under den Forudsætning, at der ingen Modstand var mod Bevægelsen.

Bestemmes Accelerationen  $\gamma$ , ved at Pladen Falder frit (altså kun styret under Faldet), bliver  $n^2 \gamma$  meget nær den værdi (981 cm), man finder ved Pendulforsøg.

### A.6 Lærebogsstof fra Kofoed & Eriksen, s. 5 ff (kræfters sammensætning)

#### Kræfters Sammensætning og Opløsning.

For at "afbilde" en Kraft maa man kende tre Ting: 1) Kraftens Størrelse, 2) Kraftens Retning og 3) Kraftens Angrebepunkt. I Fig. 4 er dette anskueliggjort. Kraftens Størrelse er 70 Kilogram, det strammede Reb angiver Retningen, og A er Angrebepunktet.

Angrebepunktet kan flyttes til ethvert punkt i Kraftretningen, dog skal det nye Angrebepunkt være i fast forbindelse med det oprindelige. Samlingen af mulige



Angrebspunkter kaldes *Angrebslinien*; denne Linie er altsaa en Del af Kraftretningen eller Kraftretningens Forlængelse.

En enkelt Kraft, der kan erstatte to eller flere Kræfter, kaldes disses Resultant, medens to eller flere Kræfter, der tilsammen kan erstatte en enkelt Kraft, kaldes dennes Komposanter.

To Lige store Kræfter, der virker paa samme Angrebspunkt, men i modsat Retning, holder hinanden i Ligevægt (Fig. 5). Deres Resultant er lig Nul. er de paa samme Punkt, men i modsat Retning virkende Kræfter ikke lige store, bliver Resultantens lig Kræfternes Differens.

I Fig. 6 trækker M alene med en Kraft paa 50 kg, N alene med 40 kg. Dynamometret viser 90 kg, naar M og N trækker paa een Gang. Resultanten af Kræfter med samme Angrebspunkt og samme Kraftretning er lig med Kræfternes Sum.

I Fig. 7 trækker M alen med en Kraft paa 50 kg, N alene med 40 kg. Dynamometret viser 60 kg's Træk, naar M og N trækker paa een Gang. Resultanten af Kræfter med samme Angrebspunkt, men forskellige Retninger faar Retning og Størrelse som Diagonalen i "Kræfternes Parallelogram". Man udtrykker ogsaa dette saaledes: Resultanten af Kræfter, der virker i forskellige Retninger, man paa samme Angrebspunkt, findes ved geometrisk Addition (sammenlign Fig. 8 a og fig. 8 b).

I Fig. 9 holder Kraften S Ligevægt med Kræfterne P og Q. Den kaldes disse Kræfters Supplementkraft og er lig Resultanten R, men modsatrettet. Kræfterne P, Q og S ligger altsaa i samme Plan.

### Litteratur:

Barnwater, F. (1906): *Lærebog i mekanisk Fysik*, Gyldendalske Boghandel, Nordisk Forlag, København.

Christensen, Niels (1911): *Mekanisk Fysik*, Gyldendalske Boghandel, Nordisk Forlag, København.

Eriksen, J.K. og Kofoed Johs. (1928): *Fysik for Gymnasiet*, J.H. Schultz Forlag, København.

Sundorph, Th. (1916): *Mekanisk Fysik for Gymnasiet*, Gyldendalske Boghandel, Nordisk Forlag, København.

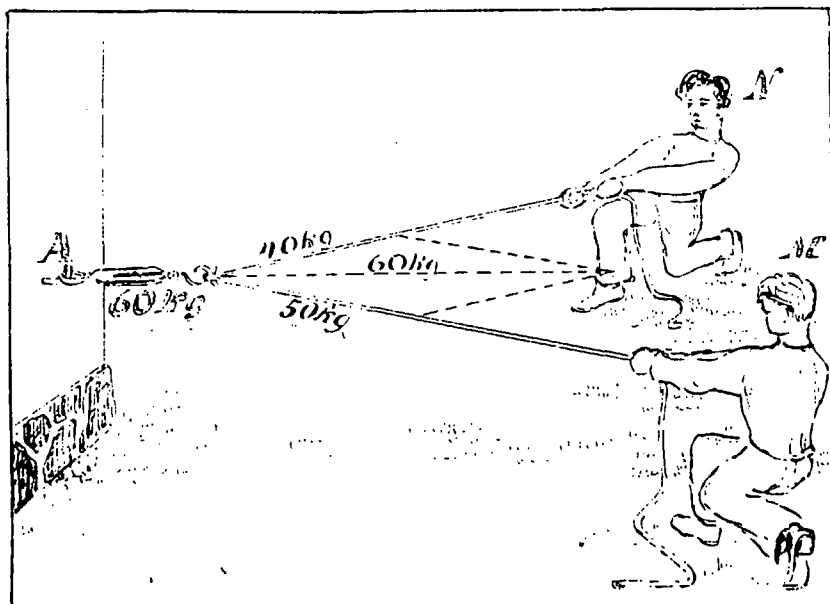


Fig. 7

### B.1 Liste over øvelser i Christiansen & Sundorph.

Vægtfylde for faste Legemer, Vægtfylde for Vædske, Luftens Normalfylde, Kulsyres relative Vægtfylde, Vægtfylde for Luftarter, Tværsnit af Haarrør og Traade, Mariottes Lov, Kontraktion ved Blandinger af Vand og Vinaand, Gnidningskoefficienter, bestemt med det almindelige Tribometer, Gnidning. 2den Maade, Pendullove. Tyngdens Acceleration, Faldlove, Udstrømningshastighed for Vand, Overfladespænding. Haarrør, Lovene for Bøjning af Stænger, Bestemmelse af Elasticitetskoefficienter for Staal og Kobber, Lydens Hastighed i atm. Luft, Lydens Hastighed i Glas og Kulsyre, Udvidelseskoefficient for Jærn, Messing og Glas, Kvægsølv's Udvidelseskoefficient bestemt ved Pyknometer. 1ste Maade, Udvidelseskoefficient for Kvægsølv. 2den Maade, Vinaands Udvidelse ved Dilatometer, Luftens Udvidelseskoefficient. 1ste Maade og 2den Maade, Blandingstemperatur for vand, Bestemmelse af Kalorimeters Vandværdi, Bestemmelse af varmfylde for faste Stoffer (og Kvægsølv), Varmefylde for Vædske, Opløsningsvarme, Bestemmelse af Smeltepunkt, Smeltevarme for Is, Damptryk, Kogepunktsbestemmelse, Fordampningsvarme. 1ste og 2den Maade, Varmeledning i Kobber og jærn, fugtighedsmaaling, Magnetiske kraftlinier, Bestemmelse af en Stangmagnets magnetiske Moment, Bestemmelse af en Magnets fri Magnetisme. Jordmagnetismens Horizontalintensitet, Jordmagnetsimens Horizontalkraft. 2den og 3die Maade, Den fri Magnetisme i en Elektromagnets Jærnkærne for forskellige Strømstyrker og Jærnsorter. Antallet af Kraftlinier, der gaar gennem en magnetiseret Jærnstang, Bestemmelse af Meridian og Inklination, Bestemmelse af Inklination. 2den Maade, Spændingsfaldets Afhængighed af Strømstyrke og Modstand. Et galvanisk Elements elektromotoriske Kraft for Plader af forskellige Stoffer. Et Batteris elektromotoriske Kraft, Modstandens Afhængighed af Lederens Længde. Modstandens Afhængighed af Tværsnitsarealet. Den specifikke Modstand for Nysølv, Ohms Lov 1ste Maade og 2den Maade, Strømforgrening, Modstanden i en Jordledning, Kobbers specifikke Modstand og Temperaturkoefficient, Specifik Modstand og Temperaturkoefficient for andre Metaller, Indre Modstand i Elementer, Bestemmelse af et Elements indre Modstand og elektromotoriske Kraft, Elektromotorisk Kraft. Kompensationsmetoden, Termoelektrisk Kraft, Joules Lov, Faradays Lov, Niveaulinier i en Flade, lysmmaling, indsigning, Det konkave Hulspejl, Konkave Hulspejle, Konvekse Hulspejle, Brydningsforhold. Tærningmetoden, Brydningsforhold. 2den Maade, Linsener, Samlelinser, Spredelinser, Bestemmelse af linsers Brændpunkt, Bestemmelse af Linsers Krumningsradier, Spektroskop, Forstørring.

### B.2 Øvelse 1 i Christensen & Sundorph (Vægtfylde af faste legemer)

#### 1. Vægtfylde for faste Legemer.

1. En Messingcylinders Diameter  $d$  og Højde  $h$  males med Stangpasser, der er delt i mm og forsynet med Nonius. saa at  $d$  og  $h$  faas i cm med to Decimaler; Cylindrens Rumfang er altsaa  $\frac{1}{2} \cdot \pi \cdot d \cdot h \cdot f = p$ . Cylinderen vejes i gr. (2. Decim.); kaldes dens Vægt  $p$  og Messings Vægtfylde  $f$ , har man:

$$\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot h \cdot f = p$$

hvoraf  $f$  beregnes.

I vægtskaalens Krog fastgøres nu en tynd Traad, og i denne ophænges Cylindren, idet der paa Traaden laves en løkke, der strammes fast om Cylindren. Denne afbalanceres med Hagl og Papirstumper, sænkes i Vand, og Vægttabet  $p_1$  bestemmes. Man har da:

$$f = p : p_1$$

2. Vægtfylden af et uregelmæssig formet Legeme findes som Forholdet mellem dets Vægt og Vægttabet i Vand. - Er Legemets Vægtfylde mindre end Vandets (Træ, Stearin, Koks), maa man for at finde dets Vægttab binde det sammen med et andet, der er saa tungt, at det trækker den første med ned i Vandet, og bestemme det samlede Vægttab. Derefter bestemmes det tyngte Legemes Vægttab, som trækkes fra det samlede Vægttab.

Alle luftblærer maa fjernes fra Legemet, før dets vægttab bestemmes.

### B.3 Øvelse 9 i Christensen & Sundorph (gnidningskoefficienter)

#### 9. Gnidningskoefficienter bestemt med det almindelige Tribometer.

Apparatet bestaar af to parallelle Staalskinner, der anbringes vandret (med Waterpas). Paa Skinnerne lægges en Jærnplade, Vægt  $P$  gr., og fra denne føres en Traad han over Trissen til Vægtskaalen, Vægt  $V$  gr.; Trissen forskydes op eller ned, til Traaden er parallel med Skinnerne. Paa Jærnpladen anbringes Lodder,  $p$  gr., og man lægger efterhaanden Lodder paa Vægtskaalen, indtil et lille Stød mod Jærnpladen faar denne til at bevæge sig langsomt og med jævn Hastighed et lille Stykke henad Skinnerne. Er Loddernes Vægt  $v$  gr. og Gnidningskoefficienten Jærn-Jærn  $G$ , har man:

$$V + v = G \cdot (P + p)$$

Hvoraf  $G$  beregnes.

Forsøget gøres flere Gange omtrent paa samme Sted af Skinnerne, idet  $p$  f. Eks. kan være 200, 400, 600 og 1000 gr.

Plade og Skinner gnides før Forsøget med en Klud; om fornødent renses de med Smergelpapir Nr. 000. Der benyttes ikke mindre Vægte end 1 gr.

Paa samme Maade findes Gnidningskoefficienten mellem Jærn og andre Stoffer, f. Eks. blankt og mat Glas, idet der i Stedet for Jærnpladen benyttes en Glasplade, der er ru paa den ene Side, glat paa den anden.

Som bemærket behøver Bevægelsen kun at være kort, og man tager ikke Hensyn til, at den standser af sig selv; det skyldes en ringe Ujævnhed i Skinnerne.

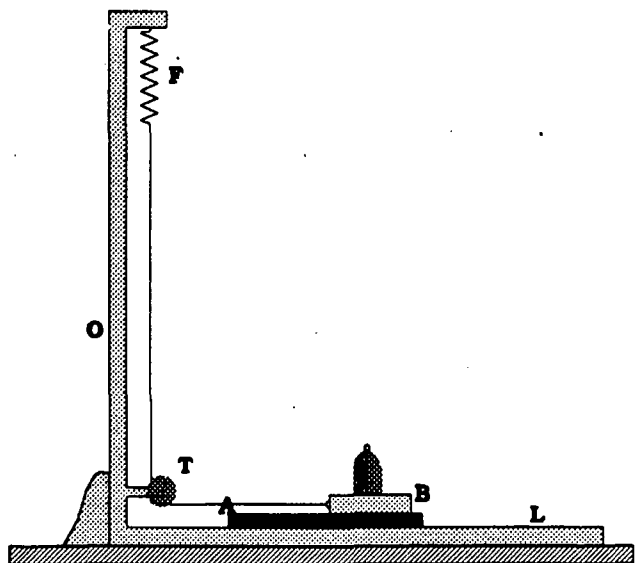
Derpaa prøves, om Gnidningen under Hvile er konstant for samme Plade, idet der gøres to eller flere Forsøg med Pladen stadig anbragt paa samme Sted.

### B.4 Øvelse i 10 Christensen og Sundorph (Gnidning)

#### 10 Gnidning. 2den Maade.

En Træplade  $A$  kan skydes frem og tilbage mellem to Styrelister  $L$ , der sidder paa Fodpladen; ovenpaa  $A$  lægges Træklodsens  $B$ , der belastes med Lodder  $P$ . De Flader i  $A$  og  $B$ , der gnides mod hinanden, er Spejlglass, hvorpaa der med Hvedemelsklister er klæbet Papir. Paa Opstanderen  $O$  sidder Fjedervægten  $F$ , der giver Udslag for 1 gr.  $F$  og  $B$  forbindes ved en Traad, der gaar over den let bevægelige Trisse  $T$ .

$A$  skydes hen til Trissen, og  $B$  lægges længst til højre, og man aflæser de Tal, hvorimellem  $F$ s



Apparatur til øvelser med gnidning. (efter Christensen og Sundorph 1907, s. 9).

## Appendiks B

Viser bevæger sig - man kan afpasse Farten saaledes, at Viseren stadig peger paa samme Tal.

Er Trækket  $a$ , og er  $b$  Vægten af  $B$ , bliver  $P+b$  Trykket mod  $A$ , og Gnidningskoefficienten  $\mu$  findes af

$$\mu = \frac{a}{P+b}$$

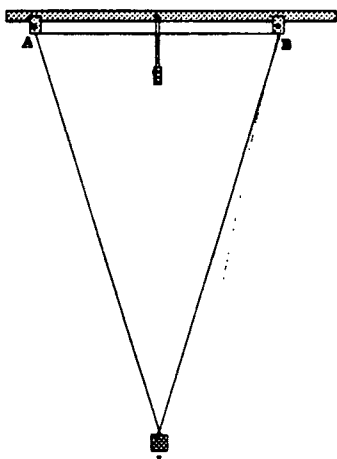
$\mu$  findes ved forskellige Belastninger 1) af en rektangulær Plade  $B$ , 2) af en anden rektangulær Plade  $B_1$ , hvis Gnidflade er det halve af  $B$ 's og 3) af en tredje Plade  $B_2$ , der har en anden Form (trekantet eller cirkulær).

Forøges Farten, hvormed  $A$  trækkes mod højre, bliver Trækket  $a$  i Snoren større, altsaa ogsaa  $\mu$  større.

### B. 5 Øvelse 11 i Christensen & Sundorph (Pendullove)

#### 11. Pendullove. Tyngdens acceleration.

En Stang (Træ eller Metal) fastskrues vandret til et Skab eller en Dørkarm; paa Stangen sidder to Klemmer  $A$  og  $B$  40-50 cm fra hinanden. Et cylinder- eller kugleformet Lod ( $L$ ) hænges op i en tynd Traad, hvis Ender klemmes fast i  $A$  og  $B$ ; paa en Krog midt mellem  $A$  og  $B$  ophænges et Baandmaal (bedst et selvoprollende af Staal) saaledes at Inddelingens Begyndelsespunkt er i Højde med Underfladerne af Klemmerne  $A$  og  $B$ . Loddet forskydes, indtil det hænger lodret under Krogen, og man maaler Afstanden til Loddets øverste og nederste Flade; Pendullængden  $l$  er Middeltallet mellem disse.



Penduløvelse (efter Christensen og Sundorph)

Er Loddet en Kugle med Radius  $r$ , bliver den rigtige Pendullængde  $l + \frac{2}{3} \frac{r^2}{l}$ , er det en Cylinder med Radius  $a$  og Højde  $h$ ,

bliver Længden  $l + (\frac{a^2}{4} + \frac{h^2}{12}) \cdot l$ . For store Snorelængder er disse Tilføjelser umærkelige.

1. Man bestemmer Svingningstiderne  $t_1, t_2, t_3$ , for Pendullængderne  $l_1, l_2, l_3$  (mellem 1 og 2 m) og prøver, om

$$t_1 : t_2 : t_3 = \sqrt{l_1} : \sqrt{l_2} : \sqrt{l_3}$$

Udsvingene maa være smaa, og Svingningstiden findes ved at bestemme Tiden for 100 Svingninger (med Stoppeur).

2. Svingningstiden  $T_l$  for Pendullængden  $l_l$  findes, naar Udsvinget er stort;  $T_l$  sammenlignes med  $t_l$ .

3. Tyngdens Acceleration beregnes af Formlen  $t = \pi \sqrt{\frac{l}{g}}$ , idet man benytter Værdierne  $l_1, l_2, l_3, t_1, t_2, t_3$ ,  $g$  bestemmes som Middeltallet mellem de beregnede  $g_1, g_2, og g_3$ .

## B.6 Øvelse 12 i Christensen og Sundorph (faldlovene)

### 12. Faldlovene.

Hjulets Masse maa væsentligst findes ude ved Randen, og det maa let kunne bevæges i Lejerne. De to lige tunge Lodder forbindes med en tynd flette (ikke snoet) Silkesnor; af overvægtene har den ene Vinger.

Tiden bestemmes ved Hjælp af et Pendul, der er anbragt paa Søjlen.

1.  $s = \frac{1}{2}at^2$  prøves.

Er Vægten af Hjulet  $H$ , af hvert Lod  $P$  og af Overvægten  $p$ , vilde man for Accelerationen  $a$  faa:  $a = 981 \cdot p : (H + 2P + p)$  saafremt der ingen Modstand fandtes; da der nu findes Modstand mod Bevægelsen, vil den virkelige Acceleration blive lidt mindre end  $a$ . Man stiller derfor Pladen saa langt nede paa Søjlen, at Faldhøjden er lidt mindre end  $\delta a$ ; Faldet vil da omtrent udføres, mens Pendulet gør 4 Svingninger. Ved at flytte lidt paa Pladen, faar man Overensstemmelse saa godt som muligt. Staar Pladen saa ved Mærket  $s$ , findes Acc. af  $s = \frac{1}{2}a \cdot 16$ .

Sættes nu Pladen efterhaanden ved Mærkerne  $\frac{1}{2}a$ ,  $\frac{2}{3}a$ ,  $\frac{3}{4}a$  og  $\frac{4}{5}a$ , skal Faldet udføres, mens Pendulet gør henholdsvis 1, 2, 3 og 5 Svingninger.

2.  $v = at$ . Denne Formel er en Følge af den foregaaende, men den kan prøves ved at sætte Ringen ved Mærket  $\frac{1}{2}a-h$  ( $h$  er Loddets Højde), og Pladen ved  $4a$  eller  $6a$ .

Naar Faldet har varet en Tid, der svarer til 2 Svingninger, bliver Overvægten liggende, og Bevægelsen jævn med Hastigheden  $2a$ . Vejen fra Loddets Underflade til Pladen ( $2a$  eller  $4a$ ) gennemløbes derfor, mens Pendulet gør 1 eller 2 Svingninger, saa hele Faldet udføres, mens Pendulet gør 3 eller 4 Svingninger.

Pendulets Svingetid er i Regelen 1 Sekund, men det behøver ikke at være nøjagtigt.

## B.7 Øvelse i Barmwater, s. 53 (Gnidning)

Ved Forsøg herover benyttes bedst et Skraaplan med en Rende, der udføres med Pergamentpapir; som glidende Legeme benyttes en Staalcylinder. Først findes Gnidningskoefficienten, idet sin  $\alpha$  findes af Højden og Længden af Skraaplanet; Højden findes ved en Lodsnoer. Derefter hæves Skraaplanet en betydelig større Vinkel, hvis sin maales paa samme Maade. Man kan da beregne  $g$ . Derved kan man atter af  $l = \frac{1}{2}gt^2$  beregne, hvor længe Legemet er om at glide ned ad Skraaplanet. Denne beregnede Værdi for Tiden kan vi kontrollere ved Hjælp af Faldmaskinen. Vi slipper nemlig Loddet paa denne i samme Øjeblik, vi lader Cylinderen glide, og prøver, hvor vi maa stille stoppepladen, for at vi skal høre Slaget mod denne samtidig med, at Cylinderen slaar mod gulvet. Har vi nu i Forvejen fundet Accelerationen paa Maskinen, kan vi regne os til Faldtiden, der altsaa skal stemme med den ovenfor beregnede."

Efter øvelsen er der en regneøvelse, hvor der i en tabel gives nogle forsøgsresultater fra ovennævnte forsøg. Eleverne skal så finde frem til de manglende størrelser.

## B.8 Øvelse i Barmwater, s. 60 (kugle på skråplan)

**Forsøg.** Ned ad det S. 53 omtalte Skraaplan vil vi lade en Kugle rulle, og paa samme Maade som nævnt der, maale Tiden, den bruger hertil, ved Hjælp af Faldmaskinen. Den fundne Tid sammenlignes derefter med den beregnede.

Naar Kuglen har rullet Skraaplanets Længde igennem skal det af Tyngdekraften udførte Arbejde være lig Kuglens Tilvækst i kinetisk Energi, idet vi kan se bort fra det, der tabes ved Gnidningen. Er Tyngden  $p$  og Skraaplanets Højde  $a$ , da er det udførte Arbejde  $pa$ . Kuglens

## Appendiks B

Energi hidrører baade fra den fremadskridende og fra den roterende Bevægelse, og er følgelig udtrykt ved  $1/2mh^2 + 1/2I\omega^2$ , hvor  $h$  er Hastigheden ned ad Skraaplanet. Altsaa skal

$$p_a = 1/2mh^2 + 1/2I\omega^2.$$

Da  $h$  er Hastigheden paa Kuglens Overflade, er  $h = r\omega$  og altsaa  $p_a = 1/2 m h^2 + 1/2 I h^2/r^2$

Indsættes Udtrykket for  $I$ , faas  $p_a = 1/2 m h^2 + 1/5 m h^2$

$$h = \sqrt{\frac{10}{7aG}} \text{ og da } p = mG, \text{ faas videre } Ga = 7/10 h^2; \text{ hvor } l \text{ er Længden; altsaa skal } 2gl = 10/7 aG,$$

$$g = 5/7 a/l G, \text{ eller, idet Hældningsvinklen er } k,$$

$$g = 5/7 \sin k \cdot G.$$

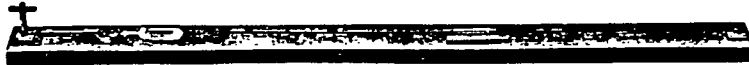
Tiden, der bruges til Rulningen, faas dernæst af  $t = 1/2gt^2$ .

### B.9 Øvelse 34 hos Nygaard og Christiansen (Hooke's lov)

#### Hooke's lov

*Undersøg Strækning af en Traad og find, hvoraf Traadens Forlængelse afhænger.*

Figuren viser det anvendte Apparat. Traaden (en Klaverstreng) er udspændt paa et Bræt og rækker fra Fjedervægtens Krog til Klemskruen yderst til Højre. Tæt op af Fjedervægten er der indskudt en Maalestok, der naar Traaden strækkes, bevæger sig langs en fast Nonius; herved kan Traadens Forlængelse maales i Tiendedele mm. Ved hjælp af Nøglen til venstre strammes Traaden, og dens Spænding aflæses paa Fjedervægten. Traaden maa ikke have noget Knæk. Først strammes Traaden, til Fjedervægten f.Eks. viser 2 kg; dette er da Fjedervægtens Nulstilling,



hvorudfra de følgende Spændinger maales. Vi noterer nu Traadens Nulstilling, giver den forskellige Spændinger og aflæser de tilsvarende Forlængelser, idet Resultaterne opstilles i Skema. Vi ser efter, om Traaden gaar tilbage til Nulstillingen, naar fjedervægten atter viser 2 kg. Hvorledes afhænger Forlængelsen af Spændingen?

Dernæst maaler vi Traadtykkelsen med Mikrometerskruen, erstatter Traaden med en anden, hvis Tykkelse vi ligeledes maaler. Vi giver den nye Traad de samme Spændinger og aflæser de tilsvarende Forlængelser. Hvorledes afhænger Forlængelsen af Traadens Tværnsnitsareal?

Endelig maales Traadens Længde, som er Afstanden mellem de to Klemmeskruer længst til højre, og Elasticitetskoefficienten  $E$  beregnes af Hookes Lov

$$f = \frac{P \cdot l}{E \cdot A},$$

hvor  $f$  er Forlængelsen,  $l$  Traadens Længde maalt med samme Enhed,  $P$  er Spændingen i kg og  $A$  Tværnsnitsarealet i  $\text{mm}^2$ . Traadens Tværnsnit anses for at være cirkulært.

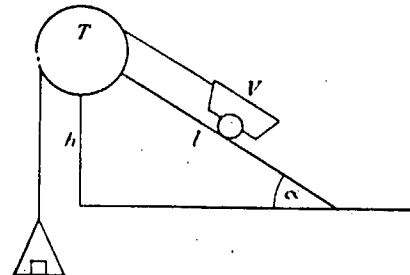
**B.10 Øvelse 36 i Nygaard og Christiansen (kræfters opløsning)**

**Kræfters opløsning**

Vis, at naar et Legeme med vægten bevæger sig paa et glat skraaplan, er den bevægende Kraft  $p \cdot \sin \alpha$ .

Skraaplanets Vinkel  $\alpha$  med det vandrette Plan kan varieres, vi kalder dets Højde  $h$  og dets Længde  $l$  og har  $\sin \alpha = \frac{h}{l}$ .  $V$  er en lille Vogn, der kan bevæge sig praktisk talt uden

Gnidningsmodstand paa det glatte Skraaplan. Fra Vognen fører en tynd Traad hen over en gnidningsfri Trisse  $T$ , og i Traadens Ende er fastgjort en vægtskaal.



Vi vejer først Vognen og vægtskaalen hver for sig i nærmeste hele antal g. Saa bringer vi Tingene paa Plads, belaster vægtskaalen med netop saa mange Lodder, at den ved et lille Stød nedad kan trække Vognen op ad Skraaplanet med jævn Fart. Vi lægger saa 100 g i Vognen og gentager Maalingerne.

Vi gentager Forsøget med en anden Hældning for Skraaplanet og opstiller Resultaterne saadan:

Højden $h$	Længde $l$	$\sin \alpha = \frac{h}{l}$	Vognens Vægt $p$	Vægtskaalens Vægt	Lodder+ Vægtskaal	$p \cdot \sin \alpha$

**B.11 Øvelse 38 i Nygaard & Christiansen (tyngdeaccelerationen)**

Bestemmelse af Tyngdeaccelerationen.

Bestem Tyngdens Acceleration dels ved en frit faldende Plade, hvorpaa en med Spids forsynet Stemmegaffel, hvis Svingningstal er kendt, tegner en Bølgelinie, dels ved Pendulforsøg.

Hertil anvendes en Stemmegaffel med kendt Svingningstal. Den er forsynet med en Staalspids og spændes fast i et Stativ, saadan at Spidsen vil svinge i et vandret Plan, naar Stemmegafflen slaas an. En Spejlglasplade, der er sodet i en Sprit-Terpentinflamme, ophænges i en sytraad, saa at dens Underkant er lige ud for Gafflens Spids. Med Spidsen ridser vi en vandret Streg paa Pladen. Nu bringes Stemmegafflen i Svingninger, og idet den holdes let ind mod Pladen, brændes Sytraaden over. Pladen falder, og Spidsen tegner en smuk Bølgelinie i Soden.

## Appendiks B

Den første del af Kurven er uegnet til Maalinger, vi vælger derfor 2 Punkter A og B paa Kurven, hvorimellem Bølgelinien er regelmæssig. Vi tæller Antallet af Bølgelængder  $c$  mellem A og B. Pladen har udført et frit Fald; kaldes Afstandene fra Begyndelsespunktet til A og B for  $s_1$  og  $s_2$  ( $s_2 > s_1$ ) og de tilsvarende Faldtider  $t_1$  og  $t_2$ , har vi

$$s_1 = \frac{1}{2}gt_1^2 \text{ og } s_2 = \frac{1}{2}gt_2^2$$

Endvidere  $n = \frac{c}{t_2 - t_1}$ , hvor  $n$  er Stemmegafflens Svingningstal. Af disse tre Ligninger elimineres  $t_1$  og  $t_2$ , og  $g$  beregnes.

Vi udfører to Forsøg og opstiller Resultaterne saaledes:

n	$s_1$	$s_2$	c	g

Middeltallet for de to Værdier for  $g$  beregnes.

$g$  kan ogsaa bestemmes ved Pendulforsøg med det matematiske Pendul. Det bestaar af et lille, tungt Lod, der er ophængt i to tynde Traade (Sytraad) for at sikre plane Svingninger. Vi fører det lidt ud fra Ligevægtstilstanden, og idet vi slipper det, startes Stopuret. Vi maaler tiden for 100 Svingninger, en Svingning er her Bevægelsen fra den ene Yderstilling til den anden; lettest er det at tælle een frem for hver Gang, Loddet er i sin første Yderstilling. Stopuret skal da standses, naar vi er kommet til 50. Svingningstiden  $T$  findes nu ved Division med 100. Vi maaler Pendullængden  $l$  med staa maalebaand og beregner  $g$  af Formlen

$$T = \pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

Vi gør et Forsøg til med en anden Pendullængde, og Resultaterne opstilles saadan:

l	T	g

Middeltallet for  $g$  beregnes.

### B.12 Forsøg nr. 17 i Eriksen & Kofoed (kinetisk energi)

Bestemmelse af et roterende Legemes levende Kraft<sup>1</sup>.

Spejlglasplade, Galge, Terpentinlampe, Tændstikker, Sytraad, Stemmegaffel med Spids, Forsøgsstativ, Anslagshammer, Maalebaand, Meterstok, Skydelære, Messingskive med Staalakse bifilart ophængt.

a. Bestemmelse af Stemmegafflens Svingningstal.

<sup>1</sup> Betegnelsen "levende kraft" dækker over kinetisk energi.



## Øvelsesvejledninger fra periode 1

	Messingskiven	Staalaksen
Radius		
Tykkelse, Længde		
Rumfang		
Masse		
Inertiomoment		

Spejlglasspladen sodes godt til og ophænges som vist paa Figuren. Stemmegaflen anbringes saaledes, at spidsen er lige ved Underkanten af Glasset (O), og slaas derpaa kraftigt an. Traaden brændes over, og under Pladens Fald tegner Spidsen en bølgelinie i Soden.

Man finder Antallet af tydelige bølger, f. Eks. fra nederste tydelige største Udsving til højre ( $S_1$ ) til øverste Udsving til samme Side ( $S_2$ ). Lad Antallet være p.

Faldvejene  $s_1 = O S_1$  og  $s_2 = O S_2$  udmaales, og de tilsvarende faldtider  $t_1$  og  $t_2$  bestemmes ved Formlerne:

$$s_1 = \frac{1}{2} g t_1^2, t_1 = \sqrt{\frac{2s_1}{g}}$$

$$s_2 = \frac{1}{2} g t_2^2, t_2 = \sqrt{\frac{2s_2}{g}}$$

$g = 982$

I Tiden  $t_1 - t_2$  har Stemmegaflen udført p Svingninger. Dens Svingningstal, d. v. s. Antallet af Svingninger pr. Sekund, er da:

$$n = \frac{p}{t_1 - t_2}$$

(Om Svingningers Ligetidighed se Side 87)

Udfør Forsøget 2 eller 3 Gange og angiv Middeltallet af de fundne Svingningstal.

### b. Bestemmelse af Messingskivens Vinkelhastighed.

Skivens Rand sodes godt til, og Stemmegaflen anbringes saaledes, at Spidsen er lidt højere end Skivens Midtpunkt (M) og nær ved Randen. Apparatet "trækkes op", og man finder M's lodrette Afstand  $h_1$  fra Grundpladen. Man giver derpaa Slip, og idet Ophængningssnorene vikler sig af Aksen, falder Skiven langsomt, men med stigende Vinkelhastighed. Stemmegaflen slaas kraftigt an, og der tegnes da en Bølgelinie i Soden, naar Midtpunktet M er i Højde med Spidsen. Denne højde  $h_2$  findes.

Man undersøger, om Bølgerne er lige lange. Hvis dette (med tilnærmelse) er Tilfældet, udmaaler man Længden ( $l = \Delta s$ ) af et passende Antal Bølger (q).

Stemmegaflen vilde i et helt Sekund frembringe n Bølger eller Svingninger; Svingningstiden er  $1/n$  Sekund. Den til Udvikling af q Bølger fornødne Tid er da  $\Delta t = q/n$ .

Skivens Rand har altsaa i det betragtede Øjeblik bevæget sig med Hastigheden

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{l \cdot n}{q}$$

Udmaales Skivens Radius r, kan man ogsaa finde Vinkelhastigheden

$$\omega = \frac{v}{r}$$

## Appendiks B

Udfør Forsøget 2 eller 3 Gange (med de samme Værdier for  $h_1$  og  $h_2$ ) og angiv Middeltallet af de fundne Vinkelhatigheder.

c. Bestemmelse af Messingskivens (og Staalaksens) Inertimoment og levende Kraft

Nedenstaaende Tabel udfyldes (se Vægtfyldetabellen Side 31):

	Messingskiven	Staalaksen
Radius		
Tykkelse, Længde		
Rumfang		
Masse		
Inertimoment		

Hele Legemets Masse  $m =$   
- - Inertimoment  $I =$   
- - levende Kraft  $E = \frac{1}{2}I\omega^2 =$

d. Anvendelse af den levende Krafts Princip.

Tyngdekraften har udført Arbejdet

$$A = m g (h_1 - h_2)$$

og idet vi ser bort fra den levende Kraft, der hidrører fra Skivens langsomme Fald, samt fra Luftmodstanden og Stivheden i Ophængningssnorene, maa dette Arbejde være lig den levende Kraft, der hidrøre fra Rotationen.

Sammenlign de fundne Værdier af A og E og Angiv Afvigelsen i % af A.

### Litteratur:

Barmwater, F. (1906): *Lærebog i mekanisk Fysik*, Gyldendalske Boghandel, Nordisk Forlag, København.

Christensen, Niels og Sundorph, Th. (1907): *Praktiske Øvelser i Fysik for Gymnasiet*, Det Schubotheske Forlag, København.

Eriksen, J.K. og Kofoed Johs. (1928): *Fysik for Gymnasiet*, J.H. Schultz Forlag, København.

Nygaard, A. og Christiansen, L. (1937): *Fysiske Øvelser*, Gyldendalske Boghandel, Nordisk Forlag, København.

## C.1 Lærebogsstof fra Pihl og Storm bd. II s. 106-107

### Faldlovene

Alle undersøgelser viser, at accelerationen i det frie fald er rettet efter lodlinien ned mod jorden med en numerisk værdi på ca. 10 m/sek<sup>2</sup>.

Allerede Galilei formulerede faldloven for det frie fald, der begynder med hastigheden 0:

1. faldlov:

*Alle legemer falder lige hurtigt i vakuum.*

2. faldlov:

*Faldvejen  $s$  er proportional med kvadratet på faldtiden, altså  $s = kt^2$ .*

Hvis vi lægger  $s$ -aksen nedad, bliver  $k$  en positiv konstant. Vi har i bd. I diskuteret en sådan bevægelse og fandt allerede da, at  $v = \frac{ds}{dt} = 2kt$  og  $a = \frac{dv}{dt} = 2k$ . Den anden faldlov kan derfor karakteriseres ved:

På ethvert sted er der en konstant faldacceleration  $g$ , som i det følgende altid kaldes tyngdeaccelerationen. Med  $g_N$  betegnes tyngdeaccelerationens numeriske værdi ved havoverfladen på normalstedet (på 45 graders bredde).

Det frie fald på et sted med tyngdeaccelerationen  $g$  er altså bestemt ved  $s = kt^2 = \frac{1}{2}gt^2$  på en akse langs lodlinien rettet mod jorden. Bevægelsesligningerne er da

$$(3.18) \quad \begin{aligned} s &= \frac{1}{2}gt^2 \\ v &= gt. \end{aligned}$$

Hvis begyndeshastigheden ikke er 0 men  $v_0 = v_{0x} + v_{0y}$  viser det sig, at accelerationen er den samme som for det frie fald med begyndeshastigheden 0. Hvis begyndelsesstedet er  $r_0=0$ , gælder da

$$(3.19) \quad \begin{cases} x = v_{0x} \cdot t \\ y = v_{0y} \cdot t - \frac{1}{2}gt^2 \end{cases} \quad [\text{for } y\text{-aksen lodret opad}].$$

Indføres  $g = -g_j$  fås

$$(3.20) \quad r = v_0 \cdot t + \frac{1}{2}gt^2.$$

## C.2 Lærebogsstof fra Pihl og Storm bd. II s. 137-138

### Bevægelser i homogene kraftfelter

Her vil vi først betragte det skrå kast, hvor en partikel bevæger sig under indflydelse af tyngdekraften. Vælges et koordinatsystem med y-aksen lodret opad, er  $K = -mgj$ , således at

$\frac{dp}{dt} = -mgj$ . Indføres  $p = p_x \cdot i + p_y \cdot j$  fås

$$(5.6) \quad \begin{cases} 0 = \frac{dp_x}{dt} \text{ eller } p_x = p_{0x} \\ -mg = \frac{dp_y}{dt} \text{ eller } p_y = -mgt + p_{0y} \end{cases}$$

Da  $p_x = m \frac{dx}{dt}$  og  $p_y = m \frac{dy}{dt}$  følger

$$(5.7) \quad \begin{cases} \frac{dx}{dt} = \frac{p_{0x}}{m} \\ \frac{dy}{dt} = -gt + \frac{p_{0y}}{m} \end{cases}$$

Integreres endnu engang fås

$$\begin{cases} x = x_0 + \frac{p_{0x}}{m} t \\ y = y_0 + \frac{p_{0y}}{m} t - \frac{1}{2} g t^2 \end{cases}$$

Elimineres  $t$  ses, at  $y$  afhænger af  $x$  som en funktion af formen  $y = Ax^2 + Bx + C$ , hvor  $A$ ,  $B$  og  $C$  kan bestemmes ved konstanterne  $x_0$ ,  $y_0$ ,  $p_{0x}$ ,  $p_{0y}$ ,  $g$  og  $m$ . Banekurven, der er en parabel, kaldes kasteparablen.

Et ganske tilsvarende situation forekommer for bevægelsen af en ladet partikel i en pladekondensator. Er feltstyrken  $E = E \cdot j$  og ladningen  $q$ , fås  $K = qE \cdot j = \frac{dp}{dt}$ . Integreres de hertil svarende  $x$ - og  $y$ -ligninger to gange som ovenfor fås

$$(5.9) \quad \begin{cases} x = x_0 + \frac{p_{0x}}{m} t \\ y = y_0 + \frac{p_{0y}}{m} t - \frac{qE}{2m} t^2 \end{cases}$$

hvilket påny bliver en parabelbane.

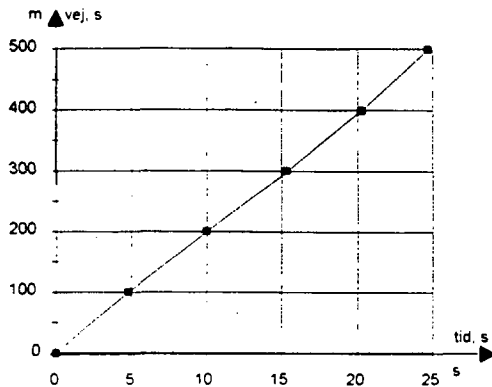
## C.3 Lærebogsstof fra Staffansson et al. s. 23

### Jævn Bevægelse

En bil, som kører på en lige vej har en triptæller, på hvilken man kan aflæse, hvor langt den har kørt. Med et ur kan vi samtidig aflæse de tider  $t$ , det tager at køre forskellige strækninger. (Tabel 2.1).

Tabel 2.1

$s$	$m$	0	100	200	300	400	500
$t$	$s$	0	4,8	10,0	15,4	20,3	24,7



Vi kan afbilde de målte værdier i et koordinatsystem, i hvilket den gennemkørte strækning  $s$  afsættes om ordinat og tiden  $t$  som abscisse. Et sådant  $(s-t)$ -diagram har den fordel, at vi kan aflæse bilens position til et vilkårligt tidspunkt, idet vi har tegnet grafen ved hjælp af de sammenhørende værdier af  $s$  og  $t$ . I dette tilfælde bliver grafen en ret linie gennem origo. Ved hjælp af denne kan vi undersøge en af de egenskaber, som er karakteristisk for bevægelsen, nemlig tilbagelagt vej pr. tidsenhed. Af diagrammet finder vi, at denne er

konstant. Den tilbagelagte vej er således proportional med tiden, hvilket kan udtrykkes på følgende måde:

$$s = k \cdot t$$

Proportionalitetsfaktoren  $k$  er en for bevægelsen karakteristisk størrelse, som vi kalder den konstante hastighed og betegner  $v_k$ . Den repræsenteres af liniens hældning. Vi har da

$$s = v_k t$$

### C.4 Lærebogsstof fra Andersen et al. s. 109-110 (impulsmoment)

#### Impulsmomentsætningen for en partikel

Vi har tidligere defineret en partikels bevægelsesmængde som  $m \cdot \vec{v}$ , hvor  $m$  er partiklens masse og  $\vec{v}$  dens hastighed. Ligesom en kraft har et moment m.h.t. et punkt, kan man definere bevægelsesmængdens moment  $D$  m.h.t. punktet  $O$  som

$$D = \vec{r} \cdot m\vec{v}$$

Idet  $\vec{r}$  har koordinaterne  $x$  og  $y$ , har  $\vec{r}$  koordinaterne  $-y$  og  $x$

$$\vec{r} = x \cdot \vec{i} + y \cdot \vec{j}$$

$$\hat{r} = -y \cdot \vec{i} + x \cdot \vec{j}$$

$$\vec{v} = x' \vec{i} + y' \vec{j}$$

D er da  $m(y'x - x'y)$

Differentieres  $D$  med hensyn til tiden, fås

$$D' = m(y''x + y'x' - x''y - x'y') = m(v''x - x''y)$$

Fra Newtons 2. lov har vi

$$\vec{K} = m \cdot \vec{r}'' = mx'' \vec{i} + my'' \vec{j}$$

Vi ser da, at  $D'$  netop er kraftens moment

$$H = \vec{r} \cdot \vec{K}$$

## Appendiks C

---

Kraftens moment m.h.t. O er altså lig den afledede af bevægelsesmomentet m.h.t. til tiden

$$H = D' \text{ eller } H \cdot dt = dD$$

$H \cdot dt$  kaldes impulsmomentet (sammenlign begrebet impuls  $\vec{K} \cdot dt$ .)

Denne sætning kaldes impulsmomentsætningen for en partikel. Ganske specielt gælder det, at dersom kraftens moment er 0, er bevægelsesmomentet konstant, et resultat, som vi senere skal gøre brug af.

### Litteratur:

Andersen, Frode, Bostrup, Ole, Halkjær og Hansen, K.G. (1964): *Fysik for Gymnasiet*, bd.2A, Gyldendalske Boghandel, Nordisk Forlag, København.

Pihl, Mogens og Storm, Henning (1964): *Lærebog i Fysik II*, G.E.C. Gads Forlag, København.

Staffansson, Eve, Andersson, Bengt og Johansson, Karl-Erik (1971): *Fysik i grundtræk, 1A Mekanik*, Munksgaard, København

# Appendiks

# D

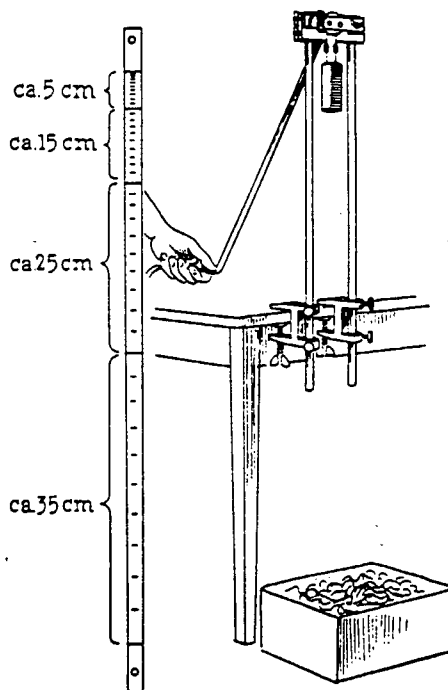
## Øvelsesvejledninger fra periode 2

### D.1 Øvelse 10 fra Andersen et al., (tempografen)

Med dette apparat afmærkes tidsintervaller på 0,01 s på en papirstrimmel. Et anker, forsynet med skrivestift, bringes til at svinge ved hjælp af en elektromagnet, tilsluttet vekselspænding 6,3 V, 50 Hz. Ankeret bringes herved til at svinge med frekvensen 100 Hz.

Mellem ankeret og papirstrimlen er der anbragt et drejeligt stykke carbonpapir. Stiften på ankeret vil så afsætte mærker på papirstrimlen med 0,01 s mellemrum.

Tempografen anbringes ca. 2 m over gulvet og således, at loddet falder ned i en kasse med træuld. *figur 12*



Ved start af faldet skal loddet slippes meget hurtigt.

Efter forsøget udspændes papirstrimlen på bordet, og fra den første prik 0 afmærkes hver 10. prik, svarende til henholdsvis  $\frac{1}{10}$  s,  $\frac{2}{10}$  s,  $\frac{3}{10}$  s, o.s.v.

Målematerialet kan behandles som beskrevet i 9.

Talmaterialet kan også på anden måde benyttes til eftervisning af faldloven  $s = \frac{1}{2}at^2$ .

## Appendiks D

Tidsrummet mellem hver 10. prik (regnet fra 0) sættes = 1 (tidsenhed).

Afbild faldvejen  $s$  som funktion af tiden  $t$  på alm. grafisk papir; parabel.

Afbild  $2s$  som funktion af  $t^2$ ; en ret linie gennem origo.

Bestem bevægelsens acceleration som hældningskoefficienten for den rette linie  $2s = kt^2$ .

Kontroller ved aflæsning af kurverne: 1. at faldvejen i den 1. tidsenhed er  $\frac{1}{2}a$ , hvor 1 tidsenhed er det valgte tidsinterval ( $e = \frac{1}{10}$  s), og  $a$  er bevægelsens acceleration på grundlag af den valgte tidsenhed.

$$s_1 = \frac{1}{2}at^2 = \frac{1}{2}a$$

2. at differensen mellem faldvejene i på hinanden følgende tidsintervaller  $e$  er lig  $a$ .

Faldvejen i det 1. tidsinterval  $\Delta s_1 = (s_1 - s_0)$

- i - 2. -  $\Delta s_2 = (s_2 - s_1)$

- i -  $n$ . -  $\Delta s_n = (s_n - s_{n-1}); n \geq 1$ .

$$\Delta s_n - \Delta s_{n-1} = s_n - s_{n-1} + s_{n-2} = a$$

3. at faldvejen i på hinanden følgende tidsintervaller forholder sig til hverandre som 1:3:5....

$$\frac{\Delta s_{n-1}}{\Delta s_n} = \frac{2n-3}{2n-1}; n \geq 2.$$

Tidsenhed	1.	2	3	
Faldvejen i det $n$ . tidsinterval $\Delta s_n$				
Tilvæksten i faldvejen pr. tidsenhed $\Delta s_n - \Delta s_{n-1}$				

Indsættes den virkelige værdi for tidsenheden  $e$ , d.v.s.  $e = \frac{1}{10}$  s. kan tyngdeaccelerationen beregnes ved ligningen

$$s_n = \frac{1}{2}g\left(n \frac{1}{10}\right)^2$$

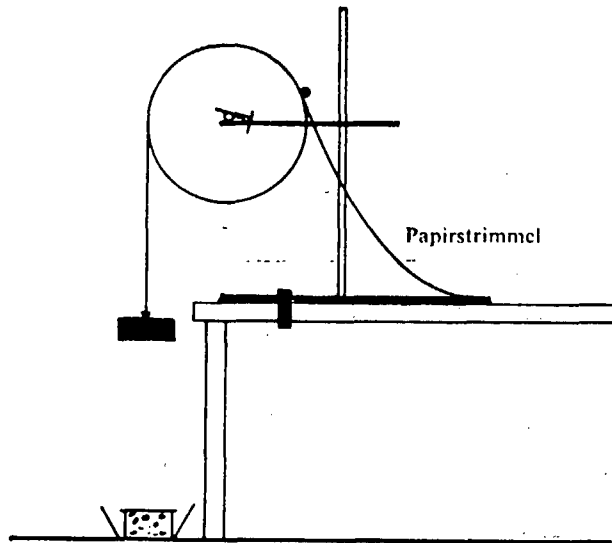
### D.2 Øvelse 6.1 fra Pihl og Storm, (tyngdeaccelerationen)

#### Måling af tyngdeaccelerationen

Elektromagnetisk tidsmærker (timer). Papirstrimmel (1 cm bred). Millimeterpapir. Lod. Stativ.

En elektromagnetisk tidsmærker, som kort kaldes en timer, presser med et vist tidsmellemlum en lille stift ind mod et stykke karbonpapir, der derved kan afsætte et lille mærke på den viste papirstrimmel. I vejledningen til denne øvelse går vi ud fra, at timeren kan benyttes til at afsætte et mærke (en prik) med et tidsmellemlum på 0,01 sekund.





A. Et lod på 1 kg hænges op i papirstrimlen. Timeren sættes i gang, og når loddet derefter får lov at falde, afsættes tidsmærkerne på papirstrimlen, der følger med loddet. Hvis vi kan følge tidsmærkerne lige fra starten, udmåles faldvejen  $s$  fra startpunktet indtil et passende tidspunkt  $t$  (f.eks.  $t = 0,30$  sek).

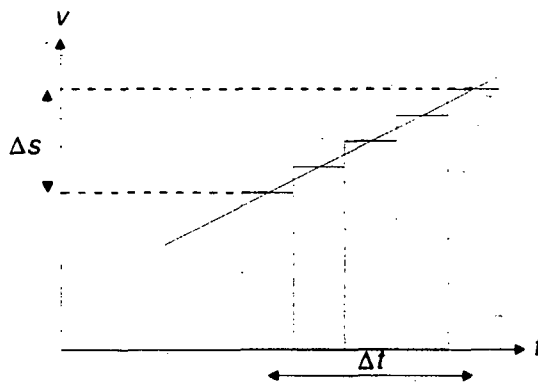


Fig. 6.1 b. Opklæbning af den udklippede papirstrimmel benyttes til grafisk bestemmelse af  $g = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ .

## Appendiks D

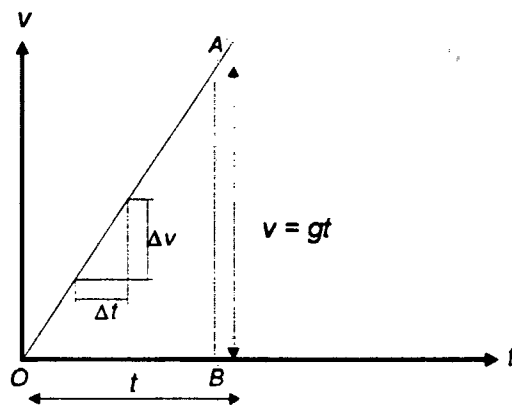


Fig. 6.1 c. Når  $\Delta t$  er meget lille går "trappefunktionen" (fig. b) over i en ret linie gennem  $(0,0)$ . Da  $\Delta OAB$  er ligedannet med den lille trekant, med siderne  $\Delta v$  og  $\Delta t$ , er

$$\frac{AB}{OB} = \begin{cases} \frac{v}{t} \\ \frac{\Delta v}{\Delta t} = g \end{cases} \quad \text{eller } v = gt.$$

Formlen  $s = \frac{1}{2}gt^2$  fremgår også af figuren. Med bredden af papirstrimlen lig med 1 cm, er arealet af  $\Delta OAB$  både lig med  $\{s\}$  cm<sup>2</sup> og  $\{\frac{1}{2} \cdot gt \cdot t\}$  cm<sup>2</sup> =  $\{\frac{1}{2}gt^2\}$  cm<sup>2</sup>.

Vi klipper derefter papiret i små stykker, idet vi begynder med det første mærke og klipper strimlen over gennem prik 1, 6, 11 ... . Hvert stykke svarer derfor til den gennemløbne vej  $\Delta s$  i løbet af dette korte tidsrum kan med god tilnærmelse betragtes som hastigheden  $v$  til tidspunktet midt i intervallet.

Strimlerne kan klistres op på millimeterpapir, som vist på fig. 6.1b. Man kan anvende en telegrafstrimmel, der netop er 1 cm bred og skal da blot sørge for, at prikkerne følger de optrukne linier på millimeterpapiret. Derved opnås en afbildning af farten som funktion af tiden. Denne følger den første akse med et sådant målestoksforhold, at 1 cm repræsenterer 0.05 sek. Den første strimmel svarer til tidspunktet 0,025 sek; den næste til 0,075 sek; den næste igen til 0.125 sek o.s.v., idet tidspunkterne jo ligger midt i tidsintervallerne. Hastigheden  $v$ , der angiver den gennemløbne vej pr. tid, er

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{\Delta s}{0,05 \text{ sek}} = 20 \{ \Delta s \} \text{ cm/sek, når } \Delta s, \text{ der er papirstykkets længde, måles i cm.}$$

Målestoksforholdet for afbildningen af  $v$  op ad den anden akse er derfor således, at 1 cm repræsenterer 20 cm/sek.

Nu vokser  $v$  jævnt med tiden, og vi tegner derfor den bedste rette linie gennem de øverste prikker på strimlerne.

Tyngdeaccelerationen er:

$$(1) \quad g = \frac{v}{t} \quad \text{eller}$$

$$(2) \quad g = \frac{\Delta v}{\Delta t},$$

hvor  $\Delta v$  er ændringen i tidsintervallet  $\Delta t$  (se fig. 6.1b).

På fig. 6.1b ses  $n$  på hinanden følgende småstykker, hvert med 5 tidsintervaller. Man kan da bestemme hastighedsændringen  $\Delta v$  i løbet af tiden  $\Delta t = (n - 1) 0.05$  sek.

Hvert hold gennemfører mindst et par måleserier, og i hver af rapporterne klæbes en serie ind på millimeterpapir; alle målte resultater skrives ind, også for de serier, man ikke selv har papirstrimmel for.

$g$  udregnes både i  $\text{cm}/\text{sek}^2$  og i  $\text{m}/\text{sek}^2$ , og gennemsnittet af målingerne sammenlignes med  $9,82 \text{ m}/\text{sek}^2$ .

$$\text{Af } g = \frac{v}{t} \text{ fås } v = gt.$$

Når papirstrimlen er 1 cm bred, er talværdien af strimlens længde ( $i$  cm) lig med strimlens areal ( $i \text{ cm}^2$ ). For et enkelt lille stykke gælder  $\Delta s = v \cdot \Delta t$  og for hele stykket gælder:

$$(3) \quad s = \frac{1}{2}gt^2,$$

idet dette netop er arealet af  $\Delta OAB$  på fig. 6.1c.  $g$  kan nu beregnes af (3), hvoraf man får:

$$(4) \quad g = \frac{2s}{t^2}$$

Indsættes  $g$  i  $\text{cm}/\text{sek}^2$ , fås  $s$  i cm, og indsættes  $g$  i  $\text{m}/\text{sek}^2$  fås  $s$  i m. Benyt den første måling af  $s$  og  $t$  til at bestemme  $g$  af (4) og sammenlign resultatet med  $9,82 \text{ m}/\text{sek}^2$  og med den værdi, der er fundet ved den grafiske metode.

B. Derefter gentages forsøget med et lettere lod, f.eks. 100 g's lod. Hvordan bliver resultatet sammenlignet med A?

### D.3 Øvelse 6.2 fra Pihl og Storm, (tyngdeaccelerationen)

#### Tyngdeaccelerationen bestemt med elektrisk stopur

Målestok med holdemagnet. Telegrafnøgle. Akkumulator. Elektrisk stopur.

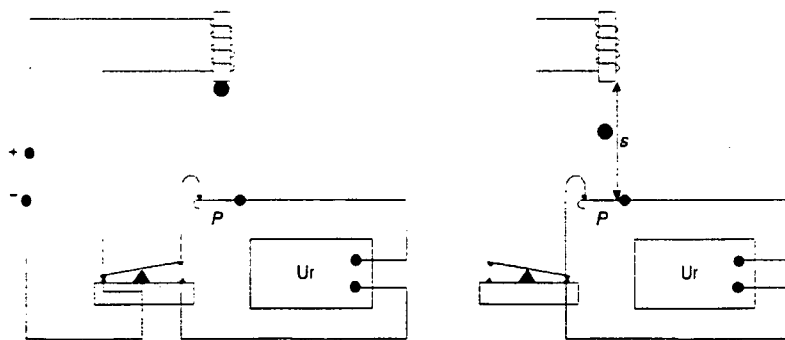


Fig 6.2a og b. Det frie fald. [Efter Pihl og Storm 1965, s. 47]

Den lille jernkugle på fig. 6.2a holdes fast af magneten, indtil telegrafnøglen trykkes ned på højre side. Samtidig med at kuglen således frigøres, sættes stopuret igang, idet det højre kredsløb (fig. b) nu er kortsluttet. Når kuglen ankommer til pladen  $P$ , afbrydes kredsløbet, der er forbundet med uret, og det stopper. Slå telegrafnøglen tilbage - og sæt derefter  $p$  på plads. Mål således for samme strækning  $s$  den samlede faldtid over 10 fald. Uret viser da ialt tidsrummet  $t$ , og faldtiden er da:

$$t = \frac{T}{10}. \text{ Derefter nulstilles uret, og man ændrer Faldvejen } s.$$

$$\text{af } s = \frac{1}{2}gt^2 \text{ findes}$$

## Appendiks D

(1)

$$g = \frac{2s}{t^2}$$

$s$	$T$	$t$	$g = \frac{2s}{t^2}$
0,100 m			
0,300 m			
0,500 m			
0,700 m			
1,000 m			
1,500 m			

Da den relative (procentiske) usikkerhed i placeringen for  $s = 0,100$  m er temmelig dårlig, giver denne måling også den dårligste bestemmelse af  $g$ . Beregn gennemsnit og spredning, idet den første måling udelades. Sammenlign med den opgivne værdi  $9,82$  m/sek<sup>2</sup>.

### D.4 Øvelse 6.3 B fra Pihl og Storm, (Atwoods faldmaskine)

**B.**

I Atwood's faldmaskine er der en letløbende trisse med en let snor, hvori der hænger to uens tunge lodder med masserne  $M$  og  $m$  ( $M > m$ ). Når der gives slip, går den største masse et stykke nedad, og den letteste hæves samme stykke. Den øjeblikkelige fart  $v$  er ens for de to lodder. Energisætningen giver da, at den tabte potentielle energi, der er  $Mgs - mgs = (M-m)gs$ , er lig med tilvæksten i kinetisk energi  $\frac{1}{2}(m+M)v^2$ .

Heraf fås:

$$(4) \quad v = \sqrt{\frac{(M-m)2gs}{M+m}}$$

For et frit fald er  $v = \sqrt{2gs}$ , d.v.s. bevægelsen virker som et frit fald, hvor faldaccelerationen er nedsat med faktoren  $\frac{M-m}{M+m}$ , d.v.s. accelerationen er kun

$$(5) \quad a = g \frac{M-m}{M+m} \quad \text{Heraf får man}$$

$$(6) \quad g = a \frac{M+m}{M-m}$$

I bevægelsesligningen  $s = \frac{1}{2}at^2$  er  $t$  tidsforløbet efter bevægelsens start og  $s$  den gennemløbne strækning. Heraf fås  $a = \frac{2s}{t^2}$  eller

$$(7) \quad g = \frac{2s}{t^2} \frac{M+m}{M-m}$$

$t$  måles på et stopur for forskellige vejstrækninger  $s$ . Beregn  $g$  og sammenlign med  $9,82$  m/sek<sup>2</sup>. Hvorfor er den målte værdi væsentlig lavere end  $9,82$  m/sek<sup>2</sup>?

$M$	$m$	$s$	$l$	$g$
F.eks. 105 g	F.eks. 100 g	0,10 m		
		0,40 m		
		0,90 m		

### D.5 Øvelse 12.5 fra Pihl og Storm, (Bestemmelse af gnidningskoefficient)

#### Bestemmelse af gnidningskoefficient.

Timer. Bræt. Klodser af træ og metal. Trisser. Lod.

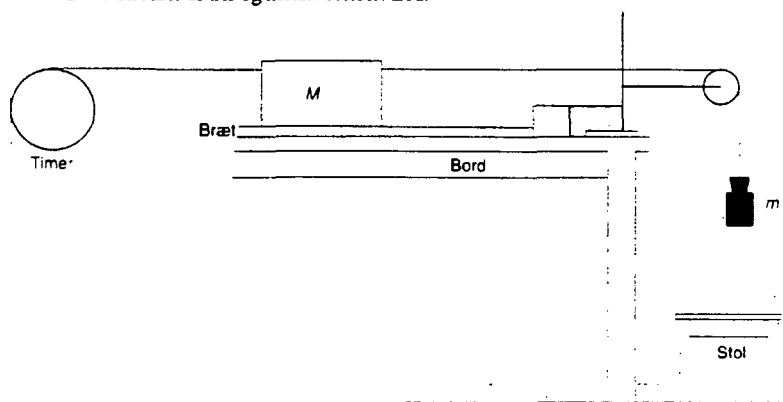


Fig. 12.5 a. Undersøgelse af bevægelsen af klodsen med massen  $M$  (Efter Pihl og Storm 1965).

Et plant høvlet og pudset træbræt understøttes, så det er helt vandret, hvilket kontrolleres med et vaterpas. Et drivende lod med massen  $m$ , ophængt i en snor over en letløbende trisse, trækker en klods (træ eller metal) med massen  $M$  hen ad brættet. En abscisseakse lægges i bevægelsens retning og orienteres positiv i bevægelsesretningen. Efter en vejstrækning på knapt 1 meter, hvor bevægelsen er jævnt voksende, stoppes  $m$  af en stol, og klodsen  $M$  udfører da en jævnt aftagende bevægelse. Pånær under selve igangsætningen kan man med god tilnærmelse sætte den numeriske værdi af gnidningskraften  $F_\mu$  mellem klodsen og underlaget til  $\mu$  gange normalkomponenten; altså er:

$$(1) \quad F_\mu = \mu Mg,$$

hvor  $\mu$  er gnidningskoefficienten, og  $g$  er tyngdeaccelerationen.

Snorekraftens numeriske værdi kaldes  $S$ , og den øjeblikkelige acceleration kaldes  $a_1$  i 1. etape ( $a_1 > 0$ ) og  $a_2$  i 2. etape ( $a_2 < 0$ ), da er:

1. etape (jævnt voksende bevægelse)

$$S - F_\mu = S - \mu Mg = Ma_1 \text{ (Newton's 2. lov for } M)$$

$$mg - S = ma_1 \text{ (Newton's 2. lov for } m).$$

Ligningerne adderes, hvilket giver:

$$(2) \quad mg - \mu Mg = (m + M)a_1.$$

## Appendiks D

2. etape (jævnt aftagende bevægelse)  $-\mu Mg = Ma_2$  eller

$$(3) \quad \mu = -\frac{a_2}{g}$$

Accelerationerne i de to etaper måles ud fra den grafiske afbildning af  $v$  som funktion af tiden. Hvis timeren afsætter 50 prikker i sekundet, og man klipper over ved hver 10. prik, repræsenterer hvert stykke af strimlen hastigheden i det midterste tidspunkt. Tidsintervallet er  $\frac{10}{50}$  sek = 0,2

sek. og 1 cm strimmel repræsenterer  $\frac{1 \text{ cm}}{0,2 \text{ sek}} = 5 \text{ cm / sek} = 0,05 \text{ m / sek}$ . Når strimlerne klæbes op ved siden af hinanden, repræsenterer 1 cm vandret et tidsrum på 0,2 sek.

Af grafen aflæses  $a_1 = \frac{\Delta v}{\Delta t}$  (fra 1. etape,) og  $a_2 = \frac{\Delta v}{\Delta t}$  (fra 2. etape) jævnfør fig. b. Beregn  $\mu$  ud fra (2) og (3). Foretag to serier med to klodser.

$m$	$M$	1. etape				2. etape			
		$\Delta v$	$\Delta t$	$a_1$	$\mu$	$\Delta v$	$\Delta t$	$a_2$	$\mu$
F.eks 0.100 kg	F.eks 0.200 kg								

## Litteratur

Andersen, F., Bostrup, O., Halkjær, E., Hansen, K.G. (1966): *Fysiske øvelser og opgaver*, bind 2. Gyldendalske Boghandel, Nordisk forlag A.S., København (2. udgave).

Pihl, Mogens og Storm, Henning (1965): *Fysiske øvelser*, G.E.C. Gads Forlag, København.

### E.1 Lærebogsstof fra Fogh & Nielsen, s. 175 ff (bevægelse med konstant acceleration)

#### Bevægelse med konstant acceleration

Som vi har set, kan man ud fra en partikels stedfunktion bestemme dens hastighed og acceleration ved differentiation.

Vi kan imidlertid også regne den modsatte vej. Kender vi accelerationen, kan vi regne tilbage til hastigheden og derfra tilbage til stedet.

Vi tænker os, at partiklen bevæger sig retliniet med konstant acceleration  $a$ . Om hastigheden  $v$  ved vi så, at:

$$v'(t) = a$$

Da  $v(t)$  er en stamfunktion til  $v'(t)$ , fås:

$$v(t) = a \cdot t + k_1$$

Hvor  $k_1$  er en konstant.

Hastigheden til  $t=0$  kaldes begyndeshastigheden og betegnes med  $v_0$ . Vi ser, at konstanten  $k_1 = v_0$ . Altså:

$$v(t) = a \cdot t + v_0 \quad \text{IV. 1.5}$$

Da hastigheden er stedfunktionens differentialkvotient, kan dette skrives:

$$s'(t) = a \cdot t + v_0$$

$s(t)$  er en stamfunktion til  $s'(t)$ , d.v.s.:

$$s(t) = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2 + v_0 \cdot t + k_2$$

hvor  $k_2$  er en ny konstant.  $s$ -værdien til  $t=0$  kaldes begyndelsesstedet og betegnes  $s_0$ . Vi ser, konstanten  $k_2 = s_0$ . D.v.s.

$$s(t) = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2 + v_0 \cdot t + s_0 \quad \text{IV. 1.6}$$

Formlerne IV. 1.6 og IV. 1.5 sætter os i stand til at beregne stedet  $s$  og hastigheden  $v$  til ethvert tidspunkt, hvis vi kender begyndelsesværdierne  $s_0$  og  $v_0$ .

Ofte har man imidlertid også brug for sammenhæng mellem sted og hastighed. Det får man ved eliminere tiden  $t$  af de to nævnte formler. Af IV. 1.5, får vi:

## Appendiks E

$$t = \frac{v - v_0}{a}$$

som indsættes i IV. 1.6:

$$s = \frac{1}{2} \cdot a \cdot \left( \frac{v - v_0}{a} \right)^2 - \frac{v - v_0}{a} \cdot v_0 + s_0$$

$$s - s_0 = \frac{v^2 + v_0^2 - 2 \cdot v \cdot v_0}{2 \cdot a} - \frac{v \cdot v_0 - v_0^2}{a}$$

$$= \frac{v^2 - v_0^2}{2 \cdot a}$$

D.v.s.:

$$v^2 - v_0^2 = 2 \cdot a \cdot (s - s_0) \quad \text{IV. 1.7}$$

Ofte vil de tre såkaldte bevægelsesligninger, som vi nu har udledt, have et simplere udseende. Man vil nemlig tit indrette sin s-akse, så partiklen starter sin bevægelse i  $s=0$ . D.v.s. med  $s_0=0$ . Endnu simplere bliver ligningerne, hvis bevægelsen starter fra hvile, så også  $v_0=0$ . Her følger en oversigt:

Bevægelsesligninger for bevægelse med konstant acceleration		
Generelt	$s_0=0$	$s_0=0 \quad v_0=0$
$s(t) = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2 + v_0 \cdot t + s_0$	$s(t) = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2 + v_0 \cdot t$	$s(t) = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$
$v(t) = a \cdot t + v_0$	$v(t) = a \cdot t + v_0$	$v(t) = a \cdot t$
$a(t) = a$	$a(t) = a$	$a(t) = a$

## E.2 Lærebogsstof fra Elvekjær og Nielsen, s. 35 ff (det skrå kast)

### Det skrå kast

Vi ser på bevægelsen af en genstand, der bevæger sig frit i tyngdefeltet. Bevægelsens begyndeshastighed kan have en vilkårlig skrå retning. Vi kalder bevægelsen for et skråt kast. Vi vil se bort fra luftmodstanden, så vi regner, som om genstanden kun er påvirket af én enkelt, nemlig tyngdekraften  $F_t$ . Den resulterende kraft på genstanden er så

$$1.1 \quad \vec{F}_{\text{res}} = F_t$$

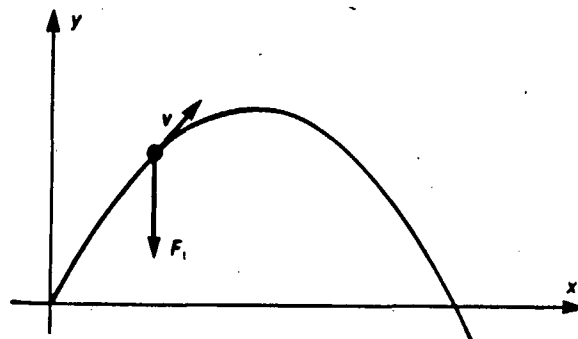
Vi vælger et koordinatsystem med vandret x-akse og lodret y-akse. Tyngdekraften har retning lodret nedad, og da  $F_t = m \cdot g$  følger det af Newton's 2. lov, at accelerationen  $a$  er givet ved

$$1.2 \quad a = \begin{pmatrix} 0 \\ -g \end{pmatrix}$$



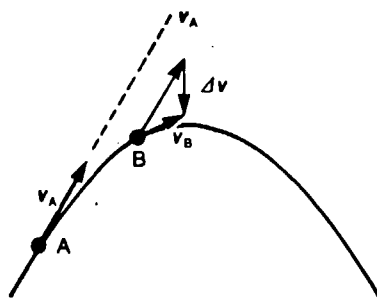
hvor  $g$  er tyngdeaccelerationen,  $g = 9,82 \text{ m/s}^2$ . Accelerationen er derfor en konstant nedadrettet vektor.

Figur 1.2 illustrerer kraftens virkning på en genstand, der er på vej opad i et skrå kast. Hvis



Figur 1.1 Hastighed og kraft under det skrå kast.

tyngdekraften pludselig forsvandt i det øjeblik, hvor genstanden er i punkt A, ville genstanden

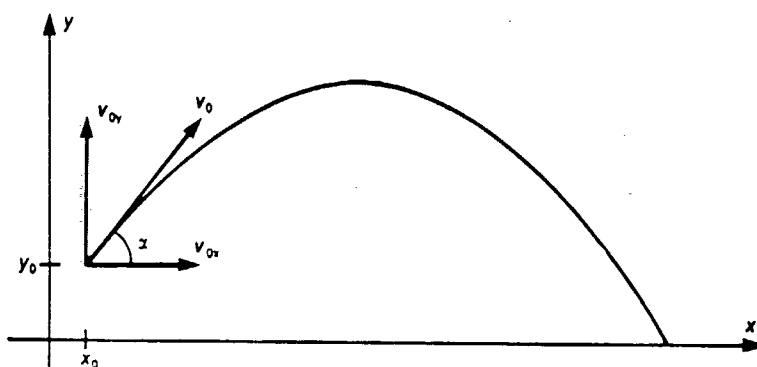


Figur 1.2 Tyngdekraften giver genstanden en hastighedstilvækst  $\Delta v$ , der er rettet lodret nedad.

fortsætte ad en ret linie med konstant hastighed. Men tyngdekraften trækker genstanden bort fra den rette linie, og på vej fra A til B får hastigheden en tilvækst  $\Delta v$ , der er rettet lodret nedad.

Startstedet for det skrå kast kaldes  $(x_0, y_0)$ . Begyndeshastigheden kaldes  $v_0$ , og dens koordinater  $v_{0x}$  og  $v_{0y}$ .

$$1.3 \quad v_0 = \begin{pmatrix} v_{0x} \\ v_{0y} \end{pmatrix}$$



Figur 1.3 Begyndelsessted og begyndeshastighed.

Vinklen  $\alpha$  på figur 1.3 kaldes *elevationsvinklen*.

Vi vil nu bruge formlerne 3.5 fra kap.1 til at finde stedvektoren og hastigheden ud fra startbetingelserne og accelerationen.

Først ser vi, at hastigheden  $v$  med koordinaterne  $v_x$  og  $v_y$  må opfylde

$$1.4 \quad \begin{array}{l} v'_x = a_x \\ v'_y = a_y \end{array} \quad \text{dvs.} \quad \begin{array}{l} v'_x = 0 \\ v'_y = -g \end{array}$$

Heraf følger

$$1.5 \quad \begin{array}{l} v_x = v_{0x} \\ v_y = -g \cdot t + v_{0y} \end{array}$$

Dvs., at  $v_x$  er konstant (lig med begyndelsesværdien). Formlen for  $v_y$  er afpasset, så begyndelsesværdien for  $v_y$  er  $v_{0y}$ .

Stedvektoren  $r$  med koordinaterne  $x$  og  $y$  må opfylde

$$1.6 \quad \begin{array}{l} x' = v_x \\ y' = v_y \end{array} \quad \text{dvs.} \quad \begin{array}{l} x' = v_{0x} \\ y' = -g \cdot t + v_{0y} \end{array}$$

Heraf får vi

$$1.7 \quad \begin{array}{l} x = v_{0x} \cdot t + x_0 \\ y = -\frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2 + v_{0y} \cdot t + y_0 \end{array}$$

Disse formler er afpasset, så de giver de rigtige begyndelsesværdier for  $x$  og  $y$ , når  $t = 0$ .

Vi samler formlerne 1.2, 1.5 og 1.7

**1.8 Det skrå kast**

For en genstand, der bevæger sig frit i tyngdefeltet, gælder

$$a = \begin{pmatrix} 0 \\ -g \end{pmatrix} \quad v = \begin{pmatrix} v_{0x} \\ -g \cdot t + v_{0y} \end{pmatrix}$$

$$r = \begin{pmatrix} v_{0x} \cdot t + x_0 \\ -\frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2 + v_{0y} \cdot t + y_0 \end{pmatrix}$$

hvor  $(x_0, y_0)$  er startstedet, og  $(v_{0x}, v_{0y})$  er begyndelseshastigheden.

Formlerne i 1.8 viser, at det skrå kast kan opfattes som en bevægelse, der er sammensat af en vandret bevægelse med konstant hastighed, og en lodret bevægelse med konstant acceleration. Dette udnyttede vi i Fysikkens Verden 2, kap. 12 til at finde formlerne for det skrå kast. Formlerne i bind 2 gælder kun, hvis kastet slutter i samme vandrette niveau, som det starter i. Med koordinatformlerne i 1.8 kan vi også foretage beregninger i andre tilfælde.

Formlerne i 1.8 er udledt for en bevægelse i tyngdefeltet, hvor accelerationen er konstant. Tilsvarende formler gælder også i andre situationer, hvor accelerationen er konstant. F.eks. kan de beskrive bevægelsen af en elektrisk ladet genstand i et homogent elektrisk felt (se kap. 10).

# Appendiks

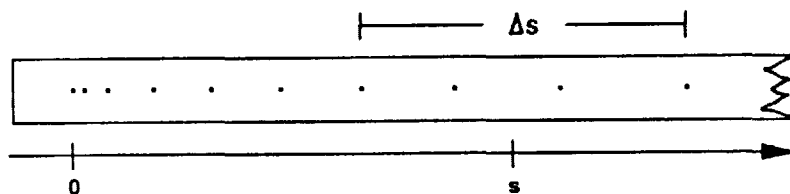
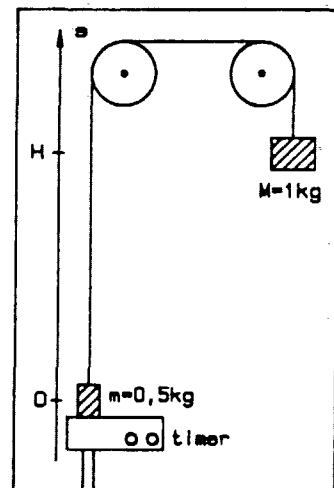
# F

## Øvelsesvejledninger fra periode 3

### F.1 Øvelse IV.5.1 i Fogh og Nielsen 2.g

#### Energibevarelse ved Atwoods faldmaskine

Margenfiguren [figuren her til højre] viser opstillingen. Det lille lod fastholdes, f.eks. ved at holde det ned mod timeren. Højden  $H$  måles, timeren tændes, og loddet slippes. De to lodder vil herefter udføre en bevægelse med konstant acceleration. Denne bevægelse kan nu nærmere analyseres ved hjælp af timerstrimlen:



Hastigheden af de to lodder, når det lille lod er hævet stykket  $s$ , kan bestemmes af:

$$v = \frac{\Delta s}{0,03s}$$

De to ladders kinetiske energi kan beregnes af:

$$E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 + \frac{1}{2} \cdot M \cdot v^2$$

Det lille lods potentielle energi er:

$$E_{\text{pot},m} = m \cdot g \cdot s$$

mens det store lods er:

$$E_{\text{pot},M} = M \cdot g \cdot (H - s)$$

Den mekaniske energi af systemet er:

$$E_{\text{mek}} = E_{\text{kin}} + E_{\text{pot},m} + E_{\text{pot},M}$$

Sammenstil opstillingen som vist på figuren, og fremstil en timerstrimmel for hver elev på holdet.

For fem forskellige værdier af  $s$  beregnes  $E_{\text{mek}}$ ,  $E_{\text{kin}}$ ,  $E_{\text{pot},m}$  og  $E_{\text{pot},M}$ .

Afbild de fire energier som funktion af  $s$  på samme millimeterpapir.

Er den mekaniske energi bevaret? Hvilke energiomsætninger sker der mellem de forskellige energiformer?

## F.2 Øvelse IV.5.5 i Fogh og Nielsen 2.g

### Energiforhold ved knallertkørsel

Forsøgets formål er at give et indtryk af, hvordan en knallert udnytter energien i benzinen. Forsøget inddeles i tre afsnit.

#### 1) Benzinforbrug

Benzinslangen på en knallert forbindes til et måleglas, så benzinforbruget kan måles. Fyld f.eks. 100 ml. benzin i måleglasset og køør en strækning på 1-2 km med konstant fart  $v_0$ . aflæs benzinforbruget. Hastigheden bestemmes ved enten at måle vej og tid eller ved at aflæse speedometret. Den af benzinen afgivne energi er:

$$E_{\text{benzin}} = B \cdot m$$

hvor  $B$  er brændværdien og  $m$  er massen af den forbrændte benzin.

#### 2) Energital ved gnidning

Med en kraftmåler trækkes knallerten langsomt hen over et jævnt underlag. Da hastigheden er konstant er den hertil nødvendige kraft lige så stor som gnidningskraften  $F_g$ , men modsat rettet. Energitalbet, der skyldes gnidning, kan beregnes som:

$$E_{\text{gnid}} = F_g \cdot s$$

Bestem energitalbet på grund af gnidning ved køreturen under punkt 1)

#### 3) Energital ved luftmodstand

Teoretisk er luftmodstanden givet ved:

$$F_{\text{luft}} = k \cdot A \cdot v^2$$

hvor  $v$  er hastigheden og  $A$  er frontarealet. Da luftmodstanden således afhænger stærkt af hastigheden, må man måle den ved den bestemte hastighed, ved hvilken man har brug for at

## Appendiks F

kende den. Alternativt kan man måle den ukendte luftmodstandskraft. En præcis måling af luftmodstanden er vanskelig, men apparatet, der er skitseret i marginen, giver et rimeligt indtryk af dens størrelse. Hvis man kører en tur med apparatet en dag, hvor det ikke blæser for meget, kan man aflæses luftmodstanden på pappladen ved hjælp af fjedervægten. Knallertkørerens frontareal må man anslå efter bedste evne. Eventuelt kan man tage et polaroidfoto af knallertkøreren sammen med en målestok, og derefter udmåle billedet. Når luftmodstandskraften er fastlagt, kan energitabet beregnes af:

$$E_{\text{luft}} = F_{\text{luft}} \cdot s$$

Bestem luftmodstanden under køreturen i punkt 1) og udregn derefter energitabet.

Udregn knallertmotorens nyttevirkning.

### F.3 Øvelse I.2.31 i Fogh og Nielsen 3.g

I dette forsøg vil vi skyde til måls efter en tinsoldat eller lignende. Som skydevåben vil vi benytte en slangebøsse, der består af to søm, et bræt og en elastik. Som projektil kan benyttes en u-formet genstand, f.eks. et bøjet søm. Øvelsens formål er ganske enkelt at ramme tinsoldaten.

Vi forestiller os, at vi kender afstanden til soldaten. Hvis vi desuden kender mundingshastigheden for vores "kanon", kan vi beregne elevationen af formel I.2.23:

$$x_{\text{max}} = \frac{v_0^2}{g} \cdot \sin 2\alpha$$

Mundingshastigheden  $v_0$  kan vi f.eks. bestemme ved at skyde projektilet lodret op i luften og måle stighøjden  $y_{\text{max}}$ .  $v_0$  kan så bestemmes af:

$$y_{\text{max}} = \frac{v_0^2}{2 \cdot g} \cdot \sin^2 \alpha$$

Placér tinsoldaten ca. 2 m fra "kanonen" og mål afstanden. Spænd elastikken f.eks. 15 cm og sæt et mærke, så du hele tiden kan skyde med en bestemt mundingshastighed.

Bestem mundingshastigheden, beregn elevationen, indstil kanonen og fyr den af.

Ramte du? Hvorfor ikke?

### F.4 Øvelse i Christiansen et al., s. 45

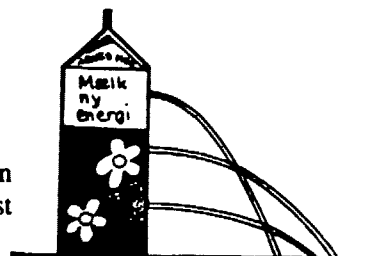
#### Vandkast

Tag 2, 5, 10 og 20 m tynd haveslange og undersøg (sikkert bedst udenfor), om vandhastigheden ved munden afhænger af slangens længde. Vandhastigheden måles ved at gennemføre et "skråt kast". Prøv eventuelt også med forskellige slangediametre.

### F.5 Øvelse i Christiansen et al., s. 45

#### Udstrømning

Ved at bore små huller i en mælkekarton i forskellig højde, kan man undersøge hvilken højde, der giver maksimal kastevidde. Opstil først



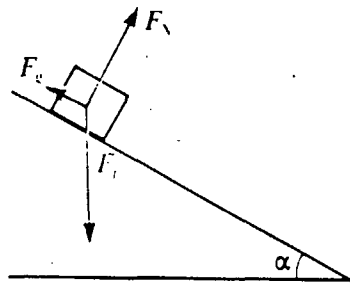
en teori herfor, og undersøg derefter eksperimentelt, om teorien passer. Revidér eventuelt teorien. Det er praktisk, at man under eksperimentet løbende efterfylder med vand, så vandoverfalden hele tiden står i samme højde.

## F.6 Øvelse i Christensen et al., s. 49

### Galleis Skråplan

I en lang gardinskinne kan man trille kugler. Kuglerne skal være så store, at de ikke bare roterer rundt om sig selv uden at komme fremad. Anvend et vandur, dvs. et ur, hvor tiden måles ved at se, hvor meget vand, der strømmer ud gennem en lille åbning i en fyldt vandbeholder. Den udstrømmende vandmængde er proportional med den tid, der er gået, siden kuglen startede med at trille.

- Undersøg sammenhængen mellem den strækning, kuglerne er trillet, og den forbrugte tid.
- Vis, at resultaterne passer med en bevægelse med konstant acceleration.



## F.7 Øvelse i Christensen et al., s. 49

### Bevægelse på ru skråplan

Der virker tre kræfter på legemet: tyngdekraften, normalkraften og gnidningskraften. Summen af disse giver den resulterende kraft.

- Vis, at størrelsen af den resulterende kraft er givet ved

$$F_{res} = mg \cdot \sin \alpha - \mu mg \cdot \cos \alpha$$

- Vis, at bevægelsen foregår med konstant hastighed, netop når

$$\mu = \tan \alpha$$

hvor  $\alpha$  er skråplanets hældningsvinkel.

- Lav et eksperiment til bestemmelse af forskellige gnidningskoefficienter ved at lade klodser af forskellige materialer kure ned ad et skråplan med konstant hastighed.
- Find også et udtryk for accelerationen, når klodsen glider op ad skråplanet.

## Appendiks F

---

### F.8 Øvelse 3.14 i Elvekjær og Nielsen, bd. 3, s. 45 (harmonisk bevægelse)

#### **Eksperiment: Svingningstid for harmonisk bevægelse**

Ophæng en fjeder i et stativ, så den kan belastes med forskellige lodder.

Ifølge Hooks lov gælder

$$F_{\text{fjeder}} = -k \cdot x$$

hvor  $F_{\text{fjeder}}$  er fjederkraften,  $k$  er fjederkonstanten og  $x$  er forlængelsen ud fra ligevægtsstillingen.

For et lod med massen  $m$  får af 3.4 og 3.10, at svingningstiden  $T$  er givet ved

$$T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m}{k}}$$

Lav først en måleserie til bestemmelse af  $k$ .

Mål dernæst svingningstiden for forskellige lodder og sammenlign de målte værdier med de teoretiske.

### F.9 Øvelse 3.6 i Elvekjær og Nielsen, bd. 3, s. 54 (stød)

Mål på forskellige stød. Evt. kan man variere forsøgene ved at have vognenes masser til at være næsten ens, eller den ene vogn kan veje ca. det dobbelte af den anden. Den ene vogn kan holde stille, eller de kan begge bevæge sig.

Hvis det er muligt gennemføres fuldstændig uelastiske stød.

Undersøg om der er impulsbevarelse.

Undersøg, om der er bevarelse af den totale kinetiske energi.

### F.10 Eksperimentelt forløb i Thomsen, s. 36

Styrke af broer - et naturfagsprojekt.

#### **Mål med projektet:**

Matematik:

Få et meget jordnært forhold til grafer.

Fysik:

Få indblik i fysisk behandling af en kompleks situation. - forenkling.

Lære at tale og skrive om fysiske begreber

(lære lidt om broer)

#### **Metode, handlingsplan:**

Fælles samtale om problemstillingen.

Fælles fastlæggelse af krav til undersøgelse.

Gruppearbejde, hvor I selv udarbejder og gennemfører undersøgelsen. I finder selv ud af, hvordan I vil måle de forskellige ting.

Opsamling på klassen.



### Produkt og krav til produkt:

Undersøgelse skal munde ud i i en opgave - en matematik- og fysik-stil, som skal indeholde:

1. Resume af de fælles overvejelse på klassen.
2. Resume af kravene til undersøgelsen
3. Detaljeret redegørelse for gruppens arbejde ved tilrettelæggelsen og gennemførelsen af undersøgelsen, målingerne (hvordan kunne vi belaste broen. Hvordan kunne vi måle hvor meget broen var nedbøjet. Hvilke problemer stødte vi på undervejs, Hvad tænkte vi i første omgang forkert og hvorfor var det forkert etc.)
4. Selve målingerne - tallene.
5. Graferne , som kan tegnes ud fra målingerne.
6. En kort afslutning med overvejelser over hvad vi har lært.

Besvarelsen skal være en gruppebesvarelse, hvilket vil sige, at hver gruppe aflevere en enkelt rapport, hvor hver enkelt elev har bidraget med en større eller mindre del.

I har måske en forventning om, at når det handler om fysik og matematik, så drejer det hele sig om tal, udregninger og grafer. sådan skal det ikke være denne gang. I stedet skal det mest opfattes som en stil, hvor I forklarer, hvad I har tænkt og gjort. Det er altså punkt 1) til 3), som skal fylde det meste.

Erfaringen siger mig, at I kun kan have jeres opmærksomhed rettet på ganske få ting ad gangen - ja måske kun en enkelt ting. Så hvis dette projekt skal kunne lade sig realisere, så er det meget vigtigt, at I hele tiden gør notater til det, I foretager jer.

Afleveringsfrist aftales senere... Det vil sige, at jeg dikterer en dato

God fornøjelse Niels Henrik Würtz.

### F.11 Øvelse s. 82 i Nielsen (en tråds resistans)

#### En tråds resistans afhængighed af længde og tykkelse

**Apparatur:** Spændingsforsyning, Ohmmeter, tråde, meterstok, holdere, ledninger krokodillenæb o.l.

**Fremgangsmåde:** Lav en egne opstilling og mål:

1. Resistansen for en række forskellige længder (mindst 6) for hver af de tre tråde
2. Resistansen for samme trådlængde (f.eks. 1m) for hver af de tre tråde.

**Databehandling:** Afbild dine data i relevante grafer. Er dine teorier bekræftet/afkræftet. (Hvis du er i bekneb for en teori, eller vil have en endelig bekræftigelse, så "clips op" fornedent!)

$$R = \rho \frac{l}{A}, \text{ hvor}$$

R = resistansen

$\rho$  = resistiviteten (en materialekonstant)

l = længden af tråden

## Appendiks F

---

$A =$  arealet af tråden

-----Fold her-----og clips sammen foroven-----  
----

Du får nu udleveret: En spole, et Ohmmeter, en skydelære, en mikrometerskrue, en lineal, ledninger, o.l.

Opgaven lyder: Bestem resistiviteten for spolens materiale. Sammenlign med tabelværdien.

### F.12 Øvelse fra Nielsen, s. 40 (frit fald)

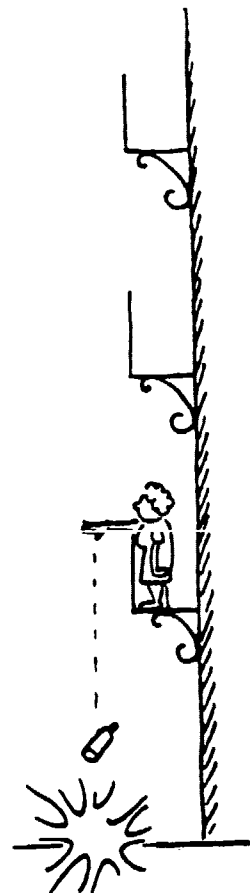
"Eksperimentel opgave 10"

#### Problem

En blomsterpote ryger ud af vinduet fra 1. sals højde.

#### Opgave:

- Fra hvilken højde skal potten tabes for at opnå den dobbelte hastighed i nedslagsøjeblikket
- Diskuter problemet, herunder om resultatet vil afhænge af etagehøjde og/eller pottens masse
- Gennemfør en aldeles risikofri undersøgelse af problemet. Svarer resultatet til jeres forventninger.



### F.13 Øvelse fra Nielsen, s. 35 (bremselængde)

#### "Eksperimentel opgave 5"

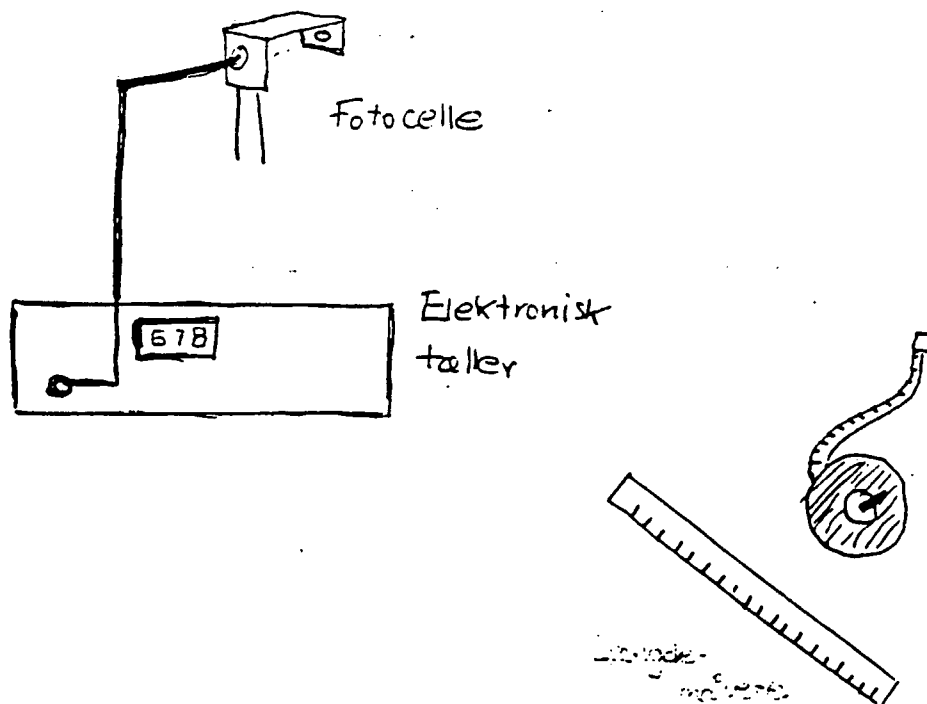
En bestemt bil skal bremse helt til hvile på en given vejbane. Den nødvendige strækning, *bremselængden*, afhænger af bilens hastighed. Noget tilsvarende gælder for en legetøjsbil, hvor bremsningen skyldes gnidning mellem hjulaksler og plasticophæng.

#### Opgave:

- Planlæg (for en legetøjsbil) en undersøgelse af, hvordan bremselængden afhænger af bilens hastighed.

#### Hjælpemidler:

- En fotocelle, der er forbundet med en elektronisk tæller. Tælleren kan registrere, hvor lang tid en genstand er om at passere fotocellen. Udstyret er sat frem i fysiklokalet, så I kan undersøge virkemåden.
- Diverse linealer og andre længdemålere.
- Vi gennemfører forsøget i fællesskab.



# Appendiks

## G

### Harvard-listen

Havard College, Provisionel List of Experiments in Elementary Physics for Admission to College i 1887.

#### Volume

1. Direct measurement of volume - (Density)
2. Displacement

#### Density

3. Priciole of Archimedes
4. Density of solid by flotation
5. Densimetry
6. Density of air (rough)

#### Pressure

7. Estimation af pressure at different depht
8. Comparison of densities - method of balancing columns
9. Mariotte's tube - Estimation af atmospheric pressure by law af Boyle and Mariottes
10. Construction and use of barometer

#### Mechanics

11. Elasticity - Stretching of wire - (Relation af stress to strain - Flexure)
12. Breaking strength of fine wires
13. Coefficient of friction (Work)
14. Bent lever (Comparison of masses) - Moments of force
15. Center of gravity

#### Dynamics

16. Law of falling bodies
17. Velocity of falling bodies
18. Laws of pendulum - influence of length of arc - Variation of length of pendulum

#### Sound

19. Pitch
20. Comparison of two tuning forks - Graphical method
21. Resonance tube - Wavelengths
22. Velocity of sound

**Heat**

23. Temperature - Fixed points of thermometer - Melting and boiling points
24. Expansion by heat - Air thermometer
25. Mixing hot and cold water
26. Specific heat - Method of mixtures
27. Latent heat of water
28. Latent heat of steam
29. Conduction of heat
30. Loss of heat by convection and radiation - Law of cooling

**Light**

31. Photometry
32. Law of reflection - Angle of prism
33. Refraction - Principle of spectroscope - Angle of deviation
34. Principle focus of lenses - (Practical examination of telescope and microscope)

**Electricity and Magnetism**

35. Tracing lines of magnetic force - Electromagnet
36. Dipping needle
37. Electrical attraction and repulsions - (Arrangement of series in electropositive order)
38. Distribution of electrical charge - Proof plane - (Absence of charge in the interior of a conductor)
39. Comparison of emf by Ohm's law
40. Comparison of resistances by Ohm's law

(after *fysik 85*, s. 20)

## Appendiks

# H

## Sundorpha liste

1. Lovene for Bøjning af Stænger undersøges. Elasticitetskoefficienterne bestemmes for Jærn og Kobber. Til Maaling af Stængernes Højde og Bredde bruges Skydelere med Nonius. Prisen for alt. Maalestok iberegnet, 25 Mark. Skydelere med Nonius 5 Kr.
2. En tyk metaltraads Tværnsnit af et snævert Rør bestemmes baade med Skruemikrometer og ved Vejning. Tværnsnit af et snævert Rør findes ved Vejning af en Kvægsolvstræng. En vilkaarlig Flades Areal findes ved Vejning af Papir. Rumfang af en Flaske og et fast Legeme ved Vejning.
3. Vægtfylde af faste Legemer og Vædsker
4. Rumfang og Temperaturforandring ved Blanding af Vand og Sprit i Maaleglas. Temperaturen på Oploseligheden vises ved at opløse 70 gr.  $KClO_3$  i 200 Gr. kogende Vand og afkøle Oplosningen
5. Faldmaskinens Acceleration findes som Gennemsnit af flere Forsøg. Lovene afprøves.
6. Pendullovne afprøves med en lille messingkugle ophængt i en lang uspunden Traad. Tyngdens Acceleration findes med Reversionspendul (Pris 24 Mark incl. Stativ til at fastgøre paa Væggen).
7. Mariottes Lov.
8. Lydens Hastighed i luft findes ved hjælp af en Stemmegaffel med bekendt Svingningstid og Quinkes Rør til bestemmelse af bølgebredden (20 Mark).
9. Lydens Hastighed i Glas og Kulsyre med Kundts Rør (i simpleste Form nogle faa kroner).
10. Eleven fremstiller og aftegner Kraftlinjerne for forskellige Stillinger af 2 og 3 Magneter.
11. En Magnets Moment og Jordmagnetismens Intensitet findes. En Tangensboussoles Magnet kan bruges som kort Magnet.
12. Eleven giver Tegninger og Beskrivelse af Lysfordelingen i Gejslerske Rør ved forskellige Tryk. Han fortynder selv Luften med en Oliepumpe (En Oliepumpe med Fortynding indtil  $0,5^{mm}$  100 Mark.)
13. Forholdet mellem to Metaller Ledningsevne findes ved at sende samme Strøm gennem to Traade og paa hver af Traadene at opsøge to Punkter, der har samme Spændingsforskel. Kalibrering af en Traad.
14. Modstandsmaaling ved Substitutionsmetheoden og Wheatstones Bro for Metaltraade og  $Zn$  i  $ZnSO_4$ . Modstanden i en lille Glødelampe findes, naar Traaden gløder, og naar den ikke gløder. Modstanden i en Rulle tynd Kobbertraad findes ved to forskellige Temperaturer ved at anbringe Rullen i et Glas med Petroleum og nedsænke dette i et Vandbad. (En simpel Wheatstones Bro faas hos Corn. Knudsen for nogle faa kroner, en Modstandskasse med 8 Modstande lavest 0,1 Ohm faas hos C K for 40 Kr.)
15. Det ene Lodningssted af et termoelektrisk Element (Kobber-Jærn) opvarmes med Bunsens Lampe; Strømmen vil tilsidst skifte Retning. Begge Lodningsstederne anbringes i Vand, det ene opvarmes efter Haanden til forskellige Temperaturer, og de tilsvarende eletrom. Kræfters Forhold bestemmes ved et Galvanometer med Spejlaflæsning (Galvanometer, efter Deprez d'Arsonval 100 Mark. Kikkert med maalestok 60 Mark.)
16. Med Spektroskopet findes og beskrives nogle Indsugningsspektre, der ikke har tjent til forevisningsforsøg.

17. Brændevidden findes for en Samle- og en Spredelinse. Brændevidden findes for et system af to Linser; det beregnes, om den fundne Værdi passer. Brændevidden findes for et Hulspejl.
18. Forstørring af et Mikroskop og en Loupe findes.
19. Vinkelmaaling med sextant.
20. Lysmaaling. Man kan selv lave en Lysmaaler.
21. Varmefylde for Jærn, Kvægsølv og Sprit.
22. Smeltepunktet findes for svovlundersyrligt Natron o. l. Underafkøling af kogt Vand i et Reagensglas ved Hjælp af Æther.
23. Gennemstraalelighed for forskellige Plader for forskellige Varmegivere.
24. Isens Smeltevarme findes. Blandingstemperaturer findes ved Forsøg og sammenlignes med de beregnede Værdier.
25. Kogepunkt for forskellige Vædsker.
26. Fugtighedsmaaling med Hygrometer og Psykrometer.
27. Forholdet mellem Luftens to Varmefylde findes ved Clement og Desormes Methode (33 Mark med Maalestok). Beregnes af Lydens Hastighed i Luft og kulsyre, der er fundne i 8) og 9).
28. Kvægsølvs Udvidelseskoefficient findes (14 Mark). Resultatet bliver dog daarligt uden et godt Maaleapparat.
29. Vandets Fordampningsvarme. 15 à 20 Gr. Damp fortættes i 1000 Gr. Vand.
30. Chloroformdampes Vægtfylde ved Meyers Methode (Apparat med alt Tilbehør ca. 11 Kr.). Vægt med Udslag for 2 mgr. 24 Kr.
31. Luftens Udvidelseskoefficient findes ved at afspærre tør Luft i et Glasrør med en Kvægsølvdraabe. Eleven laver selv Apparatet. Nøjagtig beskrivelse findes hos Weinhold.

(Sundorph 1903)

# Appendiks

## I

## Bestemmelser for gymnasieundervisningen

### I.1: 1/12 1906. Kgl. Anordning angaaende Undervisningen i Gymnasiet

#### 11. Naturlære.

A. Paa de to sproglige Linier.

Undervisningen er fælles for disse Linier og skal omfatte:

a) Astronomi: En elementær Fremstilling, der bl. a. giver det for Geografiundervisningen nødvendige Grundlag, af Stjernerhimmels Udseende og tilsyneladende Bevægelse, Solens og Maanens tilsyneladende og virkelige Bevægelser, Jordens Form, Størrelse og Afbildning paa Kort, Tids- og Stedsbestemmelser, samt Himmellegemernes fysiske Beskaffenhed.

b) Geologi. Kendskab til de hyppigst forekommende og i praktisk Henseende vigtigste Mineraler og Bjergarter; Hovedtrækkene af den dynamiske Geologi: Oversigt over Jordens Udviklingshistorie, med særligt Henblik paa Danmarks geologiske Udvikling.

Hvor Forholdene tale derfor, skal det dog ogsaa være Skolerne tilladt i Stedet for Geologi at vælge et andet Afsnit af Naturlæren, naar Valget godkendes af Undervisningsinspektøren.

B. Paa den matematisk-naturvidenskabelige Linie.

Undervisningen er særlig for denne Linie og skal omfatte:

a. Astronomi.

1) En elementær Fremstilling, der bl. a. giver det for Geografiundervisningen nødvendige Grundlag, af Stjernerhimmels Udseende og tilsyneladende Bevægelse, Solens og Maanens tilsyneladende og virkelige Bevægelser, Jordens Form, Størrelse og Afbildning paa Kort, Tids- og Stedsbestemmelser, samt Himmellegemernes fysiske Beskaffenhed.

2) Naar Eleverne have de nødvendige Forudsætninger, en mere indgaaende Gennemgang af ovennævnte Pensum, med matematisk Behandling.

b. Fysik.

1) Varmelære: Udvidelse. Varmens Forplantning ved Ledning. Varmefylde, Smeltevarme og Fordampningsvarme. Dampes Tryk. Fugtighedsmaaling. Fortætning af Luftarter. Varmens mekaniske Ækvivalent. Af Vejrlæren medtages, hvad der Nr. 260. Andg. af 1. Decbr. ang. Undervisningen i Gymnasiet.



Nr. 260. er nødvendigt til Forstaaelse af et Vejrkort, samt lidt om Temperaturen daglige og 1ste aarlige Gang.  
Decbr.

2) Lyslære: Lysets Tilbagekastning: plane Spejle; Kuglespejle. Lysets Brydning: Prismer; Linser. Linsers Anvendelse. Spektralanalyse. Straalevarme. Øjet. Lysets Hastighed. De almindeligste Lysmaalingsmetoder.

3) Magnetisme og Elektricitet: Magneter (Kraftlinier). Jordmagnetisme. Mindst den ene af Gauss' Hovedstillinger. Gnidnings- og Berøringselektricitet. Elektrisk Energi. Galvaniske Strømme (Maaling af Strømstyrke, Modstand og Spændingsforskel). Elektrolyse. Galvaniske Elementer (Akkumulator). Elektromagnetisme: Strømmes og Magneters indbyrdes Virkninger. Induktionsstrømme. Elektriske Svingninger. Elektriske Straalearter.

4) Mekanisk Fysik: Retningsstørrelsens Sammensætning og Opløsning. Kraft, Masse, Hastighed og Akceleration. Gnidningsmodstand. Faldbevægelsen. Bevægelse paa Skraaplan. Cirkelbevægelse. Centralbevægelse. Pendulet. Vejningsredskaber. Den almindelige Tiltrækning, Tyngden, Tidevande. Elasticitet, Stødet. Potential og kinetisk Energi. Tryk i Vædske og Luftarter, Diffusion. Bølgebevægelse, staaende Bølger. Lyden (Toner, Lydens Hastighed i forskellige Stoffer).

Undervisningen drives *eksperimentelt* i saa stort Omfang som muligt. Til *praktiske Øvelser* anvendes der mindst en Tid, der svarer til 2 Timer ugentlig i et Aar.

Matematisk Behandling af Stoffet anvendes kun paa saadanne Omraader, hvor den virkelig kan gennemføres.

Nye betydeligere Opdagelser paa Fysikkens Omraade bør stadig drages ind under det Stof, der er Genstand for Undervisning.

### c. Kemi.

1) Uorganisk Kemi: Med Benyttelse af det kemiske Tegnsprog gennemgaas Brint, Ilt, Svovl, Halogenerne og Kvælstofgruppens Grundstoffer. Kulstof, Silicium og de allervigtigste Forbindelser af disse Grundstoffer, endvidere de vigtigste Metaller og disses Forbindelser, idet man dog heraf kun medtager de Stoffer, der have Betydning i det daglige Liv eller finde almindelig Anvendelse ved den eksperimentelle Undervisning.

2) Organisk Kemi: Typer for de vigtigste Grupper af organiske Forbindelser Kulbrinter (Methan, Æthan, Æthylen, Acetylen); Alkohol (Methyl- og Æthylalkohol, Glycerin); Aldehyder (Formaldehyd); Æthere (Æthylæther); sammensatte Ætherarter (Fedtstoffer); Syrer (Myresyre, Eddikesyre, Mælkesyre, Smørsyre og de almindelige Plantesyre); Kulhydrater.

3) Fysisk Kemi: De væsentligste Afsnit med Benyttelse af Eksempler fra det gennemarbejdede Pensum af uorganisk og organisk Kemi.

Undervisningen drives *eksperimentelt* i saa stort Omfang som muligt. Om de *praktiske Øvelser* og de *nye Opdagelser* paa Kemiens Omraade gælder det samme, som er sagt ovenfor ved Fysikken.

Nr. 260. Andg. af 1. Decbr. ang. Undervisningen i Gymnasiet.

## Appendiks I

### I.2: 6/9 1961. Bekendtgørelse om undervisningen i gymnasiet

Nr. 292.

6. september.

#### Bekendtgørelse om undervisning i gymnasiet.

I medfør af § 22 i lov nr. 165 af 7. juni 1958 om gymnasieskoler fastsættes herved følgende bestemmelser:

#### I. Bestemmelser om gymnasiets opbygning.

§ 1. Undervisningen i den 3-årige gymnasieafdeling gives på to linjer, den sproglige og den matematiske. I den sproglige linjes II og III klasse gives undervisningen på en nysproglig, en samfundsfaglig eller en klassisk-sproglig gren, medens undervisningen i den matematiske linjes II og III klasse gives på en matematisk-fysisk, en samfundsfaglig eller en naturfaglig gren.

Såvel på den sproglige som på den matematiske linje kan der tilbydes eleverne undervisning i russisk i stedet for i fransk, og på den matematiske linje kan eleverne vælge mellem undervisning i engelsk og undervisning i tysk.

I II og III gymnasieklasse på begge linjer kan optages undervisning i formning og kunstforståelse, og på den nysproglige gren kan musikspeciale indrettes.

§ 2. Bestemmelserne om undervisningen i gymnasiet forudsætter, at der tillægges de enkelte fag de i nedenstående normaltimeplan anførte timetal:

Fag	Sproglig linje				Matematisk linje			
	Fællesfag	Særfag			Fællesfag	Særfag		
		Nysproglig gren	Samfundsfaglig gren	Klassisk-sproglig gren		Matematisk-fysisk gren	Samfundsfaglig gren	Naturfaglig gren
I-II-III	II-III	II-III	II-III	I-II-III	II-III	II-III	II-III	
Religion .....	1- 1- 1				1- 1- 1			
Dansk .....	4- 4- 4				4- 4- 4			
Engelsk .....	4-	- 6- 5	- 4- 3		} 4- 4- 0			
Tysk .....	3-	- 5- 4	- 2- 0					
Fransk (russisk) .....	5- 3- 4-				5- 3- 4			
Latin .....	4-	- 3- 3	- 3- 3	- 7- 5				
Græsk med oldtidskundskab .....				- 8- 8				
Oldtidskundskab .....	1-	- 1- 1	- 1- 1		1- 1- 1			
Historie .....	4- 3- 3				4- 3- 3			
Samfundsfag og samfundslære .....		- 0- 1	- 5- 5	- 0- 1		- 0- 1	- 5- 5	- 0- 1
Geografi .....	2- 1		- 2		2- 2	- 2	- 2	
Biologi .....	0- 0- 4					- 0- 4	- 0- 4	} - 4- 7
Biokemi .....								
Kemi .....					2-	- 2- 2	- 1- 1	- 2- 2
Fysik .....					3-	- 5- 4	- 3- 2	- 3- 2
Matematik .....	3- 3- 0				5-	- 6- 6	- 4- 3	- 4- 3
	31-15-16	-15-14	-15-14	-15-14	31-17-13	-13-17	-13-17	-13-17
Legemsøvelser .....	3- 3- 3				3- 3- 3			
Fællestimer .....	0- 1- 1				0- 1- 1			
Musik .. { max. ....	2- 2- 2				2- 2- 2			
{ min. ....	(2)-(0)-(0)				(2)-(0)-(0)			
Formning og kunstforståelse .....	(0)-(2)-(2)				(0)-(2)-(2)			
	36-21-22	-15-14	-15-14	-15-14	36-23-19	-13-17	-13-17	-13-17

I alt 36 ugentlige timer.

### Fysik.

#### Den matematiske linje.

§ 18. Det er formålet med undervisningen at bibringe eleverne en sikker forståelse af den klassiske fysiks grundlag og af visse betydningsfulde afsnit af den moderne fysik samt at give eleverne en orientering i fysikkens øvrige vigtige områder.

at opøve i udførelsen og vurderingen af simple fysiske iagttagelser og målinger,  
at opøve i opstilling, løsning og numerisk behandling af simple fysiske problemer, gennem enkelte eksempler at vække interessen for fysikkens tekniske anvendelse.

Undervisningen skal i I gymnasieklasse og på den matematisk-fysiske gren omfatte følgende emneområder:

1. Mekanik.
2. Varmelære,
3. Bølgelære og optik.
4. Elektricitetslære.
5. Atomfysik.
6. Astronomi.
7. Valgfrit emne.

Undervisningen skal i I gymnasieklasse og på den samfundsfaglige og naturfaglige gren omfatte følgende emneområder:

1. Mekanik.
2. Varmelære.
3. Bølgelære og optik.
4. Elektricitetslære.
5. Atomfysik.

Da I gymnasieklasse er grundlaget for alle matematiske grene, må emnevalget for denne klasse foretages inden for den fælles del af de samlede pensa.

### Fysik.

#### A. Den matematiske linjes matematisk-fysiske gren.

§ 15. Prøven er skriftlig og mundtlig.

Til den skriftlige prøve gives ét sæt opgaver. Disse kan vælges fra alle dele af det læste stof undtagen fra astronomi og det valgfri emne og skal tjene til at undersøge elevens forståelse og hans færdighed i at løse simple fysiske problemer.

Ved besvarelsen af opgaverne er det tilladt eleven at benytte følgende hjælpemidler: Logaritmetabel, regnestok samt et af undervisningsinspektionen godkendt kompendium indeholdende konstanter, formler og sætninger.

Til besvarelsen af opgaverne gives 3 timer.

Til den mundtlige prøve opgives ét pensum, som er omtrent  $\frac{1}{3}$  af det læste stof, og desuden opgives 15 af de udførte praktiske øvelser. Rapporter over alle de udførte øvelser fremlægges. Eksamenspensum bør udvælges ligeligt af det læste stof, og det bør altid rumme den mekaniske fysiks grundbegreber, ligesom specialet må være repræsenteret. De opgivne øvelser vælges såvel inden for som uden for det opgivne pensum.

Den enkelte elev prøves i to spørgsmål, ét i det opgivne pensum og ét i de opgivne fysiske øvelser. Eksaminationen i øvelsen sker på grundlag af de benyttede apparater og de fremlagte rapporter.

Eksamenskarakteren i fysik udregnes som et gennemsnit af karakteren for den skriftlige prøve (vægt  $\frac{1}{3}$ ) og karakteren for den mundtlige prøve (vægt  $\frac{2}{3}$ ). Hvis mundtlig prøve bortfalder, benyttes ved udregningen af gennemsnitskarakteren karakteren for den skriftlige prøve (vægt  $\frac{1}{3}$ ) og årskaracteren i fysik (vægt  $\frac{2}{3}$ ).

#### B. Den matematiske linjes samfundsfaglige og naturfaglige grene.

Prøven er mundtlig.

Der opgives et pensum på ca.  $\frac{1}{3}$  af det læste stof og de dertil hørende elevøvelser. Rapporter over alle elevøvelser fremlægges.

Den enkelte elev prøves i ét spørgsmål, i hvilket løsning af et numerisk problem eller gennemgang af en elevøvelse kan indgå i tilknytning til teorien.

## Appendiks I

### I.3: Bekendtgørelse af 4. november 1987 om fagene i gymnasiet.

som en sammenhængende naturbeskrivelse.

Fysikken i historisk og filosofisk belysning.

Eleverne skal få kendskab til dele af fysikkens historie og få et indtryk af fysik som erkendelsesform.

**Teknik.**

Eleverne skal opnå kendskab til konkrete anvendelser af fysikkens resultater og metoder inden for teknik.

**Teknologi og samfund.**

Eleverne skal få indblik i, at fremskridt inden for fysikken er nært forbundet med den samfundsmæssige og teknologiske udvikling.

**Kernestoffet er:**

**Energi.**

Forskellige energiformer og energiomdannelser. Energibevarelse. Energikilder, energilagring og energikvalitet.

**Elektriske kredsløb.**

Kredsløb med lineære komponenter. Eksempler på ikke-lineære og aktive komponenter.

**Bølger.**

Bølgers udbredelse, interferens, spejling og brydning. Lyd. Elektromagnetiske bølger.

**Atom- og kernefysik.**

Atomers og atomkerners bestanddele. Atomers emission og absorption af stråling. Radioaktive henfald. Ioniserende stråling.

**Mekanik.**

Lineær bevægelse med konstant hastighed og med konstant acceleration. Lineær harmonisk bevægelse. Newtons love. Arbejde og energi.

Undervisningen skal tilrettelægges, så alle dimensionerne tilgodeses. Hovedvægten skal lægges på dimensionerne »Den nære omverden«, »Fysikkens verdensbillede« og »Teknik«. For hver af dem skal der tilrettelægges mindst ét undervisningsforløb, hvis hovedsigte er at tilgode den pågældende dimension.

Det eksperimentelle arbejde, som eleverne selv udfører, skal have et samlet omfang svarende til ca. 40 lektioner. Den ene halvdel af tiden bruges til elevovelser, hvorom eleverne selvstændigt skriver rapport. Den anden halvdel bruges til to eksperimentelle projekter. Projektarbejdet foregår i mindre grupper med hver sin opgave, og der udarbejdes grupperapport over de enkelte projekter.

Behandlingen af numeriske eksempler og opgaver skal indgå i arbejdet, både i timerne og som en del af elevernes selvstændige arbejde med stoffet.

**Eksamen:**

Der afholdes en mundtlig prøve med forberedelsestid.

Til prøven opgives 10 emner, hvert af et omfang svarende til 10–15 sider. Det eksperimentelle arbejde skal have en fremtrædende plads. Mindst to dimensioner skal tilgodeses i det opgivne stof.

Den enkelte elev prøves i ét spørgsmål.

**Matematisk linie. Højt niveau**

**Formål:**

Formålet med undervisningen er,

- at eleverne opnår omverdensforståelse og viden om det naturvidenskabelige verdensbillede,
- at eleverne opnår indsigt i fysiske principper og metoder, der danner grundlag for vor tids teknik, og
- at eleverne bliver fortrolige med fysisk tankegang og metode.

Det er undervisningens mål,

- at eleverne opnår en sammenhængende forståelse af centrale områder af den klassiske og den moderne fysik ved arbejde med fysiske teorier og eksperimenter,
- at eleverne bliver i stand til at anvende fysiske principper og metoder til at beskrive udvalgte områder af den materielle omverden,
- at eleverne bliver i stand til at bearbejde og vurdere information om teknisk og naturvidenskabeligt prægede problemstillinger med relevans for kultur- og samfundslivet, og
- at eleverne bliver i stand til at formulere sig mundtligt og skriftligt om fysiske og tekniske emner.

**Undervisningen:**

Undervisningen tilrettelægges, så den omfatter et kernestof, og således at følgende dimensioner tilgodeses:

**Den nære omverden.**

Eleverne skal opnå forståelse af, at fænomener i den nære omverden kan forklares på fysisk grundlag.

**Fysikkens verdensbillede.**

Eleverne skal opnå et indtryk af fysikken som en sammenhængende naturbeskrivelse.

**Fysikken i historisk og filosofisk belysning.**

Eleverne skal få kendskab til dele af fysikkens historie og få et indtryk af fysik som erkendelsesform.

**Teknik.**

Eleverne skal opnå kendskab til konkrete anvendelser af fysikkens resultater og metoder inden for teknik.

**Teknologi og samfund.**

Eleverne skal få indblik i, at fremskridt inden for fysikken er nært forbundet med den samfundsmæssige og teknologiske udvikling.

#### § 13. FYSIK

**Matematisk linie. Obligatorisk niveau**

**Formål:**

Formålet med undervisningen er,

- at eleverne opnår omverdensforståelse og viden om det naturvidenskabelige verdensbillede,
- at eleverne opnår indsigt i fysiske principper og metoder, der danner grundlag for vor tids teknik, og
- at eleverne opnår fortrolighed med fysisk tankegang og metode.

Det er undervisningens mål,

- at eleverne opnår forståelse af centrale områder af den klassiske og den moderne fysik ved arbejde med fysiske teorier og eksperimenter,
- at eleverne bliver i stand til at anvende fysiske principper og metoder til at beskrive udvalgte områder af den materielle omverden,
- at eleverne bliver i stand til at bearbejde og vurdere information om teknisk og naturvidenskabeligt prægede problemstillinger med relevans for kultur- og samfundslivet, og
- at eleverne bliver i stand til at formulere sig mundtligt og skriftligt om fysiske og tekniske emner.

**Undervisningen:**

Undervisningen tilrettelægges, så den omfatter et kernestof, og således at følgende dimensioner tilgodeses:

**Den nære omverden.**

Eleverne skal opnå forståelse af, at fænomener i den nære omverden kan forklares på fysisk grundlag.

**Fysikkens verdensbillede.**

Eleverne skal opnå et indtryk af fysikken

## Bestemmelser for gymnasieundervisningen

Kernestoffet er:

### Mekanik.

Lineær bevægelse med konstant hastighed og med konstant acceleration. Lineær harmonisk bevægelse. Bevægelse i homogene kraftfelter. Jævn cirkelbevægelse. Newtons love. Arbejde og energi. Processer med ideale gasser. Mekanikkens energisætning. Stød. Gravitationsfeltet fra et centrallegeme, satellitbevægelse, kosmologi.

### Elektricitet og magnetisme.

Elektriske og magnetiske felter. Ladede partiklers bevægelse i homogene elektriske og magnetiske felter.

### Kerne- og partikelfysik.

Kernereaktioner. Ækvivalensen mellem masse og energi.  $Q$ -værdi, bindingsenergi og kernestruktur. Subnukleare partikler.

Undervisningen skal tilrettelægges, så alle dimensionerne tilgodeses. Elever og lærer vælger, hvor hovedvægten skal lægges. Der skal tilrettelægges mindst to undervisningsforløb, hvis hovedsigte er at tilgode en dimension.

Det eksperimentelle arbejde, som eleverne selv udfører, skal have et samlet omfang svarende til ca. 30 lektioner. Heraf bruges ca. 20 lektioner til elevøvelser, hvorom eleverne selvstændigt skriver rapport, og ca. 10 lektioner til et eksperimentelt projekt. Projektarbejdet foregår i mindre grupper med hver sin opgave, og der udarbejdes grupperapport over de enkelte projekter.

Behandlingen af numeriske eksempler og opgaver skal indgå i arbejdet, både i timerne og som en del af elevernes selvstændige arbejde med stoffet. Endvidere skal problemløsning/opgaverregning udgøre et selvstændigt skriftligt element i faget, og kernestoffet for den obligatoriske fysikundervisning skal inddrages i opgaverne.

### Eksamen:

Der afholdes en skriftlig og en mundtlig prøve.

Til den skriftlige prøve, hvortil der gives 4 timer, opgives kernestoffet i det obligatoriske fag og valgfaget. Direktoratet udsender vejledende eksempler på opgaver.

Til den mundtlige prøve gives der en forberedelsestid.

Der opgives 10 teoretiske emner, hvert af et omfang svarende til 10-15 sider. Desuden opgives 10 eksperimentelle emner. Mindst to dimensioner skal tilgodeses i det opgivne stof.

Den enkelte elev prøves i to spørgsmål, ét i et teoretisk emne og ét i et eksperimentelt emne.

### Sproglig linie. Mellemniveau

#### Formål:

Formålet med undervisningen er,

- at eleverne opnår omverdensforståelse og viden om det naturvidenskabelige verdensbillede,

- at eleverne opnår indsigt i fysiske principper og metoder, der danner grundlag for vor tids teknik, og

- at eleverne bliver fortrolige med fysisk tankegang og metode.

Det er undervisningens mål,

- at eleverne opnår forståelse af centrale områder af den klassiske og den moderne fysik ved arbejde med fysiske teorier og eksperimenter,

- at eleverne bliver i stand til at anvende fysiske principper og metoder til at beskrive udvalgte områder af den materielle omverden,

- at eleverne bliver i stand til at bearbejde og vurdere information om teknisk og naturvidenskabeligt prægede problemstillinger med relevans for kultur- og samfundslivet, og

- at eleverne bliver i stand til at formulere sig mundtligt og skriftligt om fysiske og tekniske emner.

### Undervisningen:

Undervisningen tilrettelægges, så den omfatter et kernestof, og således at følgende dimensioner tilgodeses:

#### Den nære omverden.

Eleverne skal opnå forståelse af, at fænomener i den nære omverden kan forklares på fysisk grundlag.

#### Fysikkens verdensbillede.

Eleverne skal opnå et indtryk af fysikken som en sammenhængende naturbeskrivelse.

#### Fysikken i historisk og filosofisk belysning.

Eleverne skal få kendskab til dele af fysikkens historie og få et indtryk af fysik som erkendelsesform.

#### Teknik.

Eleverne skal opnå kendskab til konkrete anvendelser af fysikkens resultater og metoder inden for teknik.

#### Teknologi og samfund.

Eleverne skal få indblik i, at fremskridt inden for fysikken er nært forbundet med den samfundsmæssige og teknologiske udvikling.

#### Kernestoffet er:

##### Elektriske kredsløb.

Kredsløb med lineære komponenter. Eksempler på ikke-lineære og aktive komponenter.

##### Bølger.

Bølgers udbredelse, interferens, spejling og brydning. Lyd. Elektromagnetiske bølger.

##### Kerne- og partikelfysik.

Atomkerners bestanddele og struktur. Kernereaktioner. Ækvivalensen mellem masse og energi. Subnukleare partikler.

Undervisningen skal tilrettelægges, så alle dimensionerne tilgodeses. Elever og lærer vælger, hvor hovedvægten skal lægges. Der skal tilrettelægges mindst tre undervisningsforløb, hvis hovedsigte er at tilgode en dimension.

Det eksperimentelle arbejde, som eleverne selv udfører, skal have et samlet omfang svarende til ca. 20 lektioner. Den ene halvdel af tiden bruges til elevøvelser, hvorom eleverne selvstændigt skriver rapport. Den anden halvdel bruges til et eksperimentelt projekt. Projektarbejdet foregår i mindre grupper med hver sin opgave, og der udarbejdes grupperapport over de enkelte projekter.

Behandlingen af numeriske eksempler og opgaver skal indgå i arbejdet, både i timerne og som en del af elevernes selvstændige arbejde med stoffet.

### Eksamen:

Der afholdes en mundtlig prøve med forberedelsestid.

Til prøven opgives 10 emner, hvert af et omfang svarende til 10-15 sider. Det eksperimentelle arbejde skal have en fremtrædende plads. Mindst to dimensioner skal tilgodeses i det opgivne stof.

Den enkelte elev prøves i ét spørgsmål.

## **Appendiks I**

---

Liste over tidligere udkomne tekster  
tilsendes gerne. Henvendelse herom kan  
ske til IMFUFA's sekretariat  
tlf. 46 75 77 11 lokal 2263

- 217/92 "Two papers on APPLICATIONS AND MODELLING  
IN THE MATHEMATICS CURRICULUM"  
by: Mogens Niss
- 218/92 "A Three-Square Theorem"  
by: Lars Kadison
- 219/92 "RUPNOK - stationær strømning i elastiske rør"  
af: Anja Boisen, Karen Birkelund, Mette Olufsen  
Vejleder: Jesper Larsen
- 220/92 "Automatisk diagnosticering i digitale kredsløb"  
af: Bjørn Christensen, Ole Møller Nielsen  
Vejleder: Stig Andur Pedersen
- 221/92 "A BUNDLE VALUED RADON TRANSFORM, WITH  
APPLICATIONS TO INVARIANT WAVE EQUATIONS"  
by: Thomas P. Branson, Gestur Olafsson and  
Henrik Schlichtkrull
- 222/92 On the Representations of some Infinite Dimensional  
Groups and Algebras Related to Quantum Physics  
by: Johnny T. Ottesen
- 223/92 THE FUNCTIONAL DETERMINANT  
by: Thomas P. Branson
- 224/92 UNIVERSAL AC CONDUCTIVITY OF NON-METALLIC SOLIDS AT  
LOW TEMPERATURES  
by: Jeppe C. Dyre
- 225/92 "HATMODELLEN" Impedansspektroskopi i ultrarent  
en-krystallinsk silicium  
af: Anja Boisen, Anders Gorm Larsen, Jesper Varmer,  
Johannes K. Nielsen, Kit R. Hansen, Peter Bøggild  
og Thomas Hougaard  
Vejleder: Petr Viscor
- 226/92 "METHODS AND MODELS FOR ESTIMATING THE GLOBAL  
CIRCULATION OF SELECTED EMISSIONS FROM ENERGY  
CONVERSION"  
by: Bent Sørensen
- 227/92 "Computersimulering og fysik"  
af: Per M.Hansen, Steffen Holm,  
Peter Maibom, Mads K. Dall Petersen,  
Pernille Postgaard, Thomas B.Schrøder,  
Ivar P. Zeck  
Vejleder: Peder Voetmann Christiansen
- 228/92 "Teknologi og historie"  
Fire artikler af:  
Mogens Niss, Jens Høyrup, Ib Thiersen,  
Hans Hedal
- 229/92 "Masser af information uden betydning"  
En diskussion af informationsteorien  
i Tor Nørretranders' "Mærk Verden" og  
en skitse til et alternativ baseret  
på andenordens kybernetik og semiotik.  
af: Søren Brier
- 230/92 "Vinklens tredeling - et klassisk  
problem"  
et matematisk projekt af  
Karen Birkelund, Bjørn Christensen  
Vejleder: Johnny Ottesen
- 231A/92 "Elektrondiffusion i silicium - en  
matematisk model"  
af: Jesper Voetmann, Karen Birkelund,  
Mette Olufsen, Ole Møller Nielsen  
Vejledere: Johnny Ottesen, H.B.Hansen
- 231B/92 "Elektrondiffusion i silicium - en  
matematisk model" Kildetekster  
af: Jesper Voetmann, Karen Birkelund,  
Mette Olufsen, Ole Møller Nielsen  
Vejledere: Johnny Ottesen, H.B.Hansen
- 232/92 "Undersøgelse om den simultane opdagelse  
af energiens bevarelse og isærdeles om  
de af Mayer, Colding, Joule og Helmholtz  
udførte arbejder"  
af: L.Arleth, G.I.Dybkjær, M.T.Østergård  
Vejleder: Dorthe Posselt
- 233/92 "The effect of age-dependent host  
mortality on the dynamics of an endemic  
disease and  
Instability in an SIR-model with age-  
dependent susceptibility  
by: Viggo Andreasen
- 234/92 "THE FUNCTIONAL DETERMINANT OF A FOUR-DIMENSIONAL  
BOUNDARY VALUE PROBLEM"  
by: Thomas P. Branson and Peter B. Gilkey
- 235/92 OVERFLADESTRUKTUR OG POREUDVIKLING AF KOKS  
- Modul 3 fysik projekt -  
af: Thomas Jeasen

- 236a/93 INTRODUKTION TIL KVANTE HALL EFFEKTEN  
af: Anja Boisen, Peter Bøggild  
Vejleder: Peder Voetmann Christiansen  
Erland Brun Hansen
- 236b/93 STRØMSSAMMENBRUD AF KVANTE HALL EFFEKTEN  
af: Anja Boisen, Peter Bøggild  
Vejleder: Peder Voetmann Christiansen  
Erland Brun Hansen
- 237/93 The Wedderburn principal theorem and Shukla cohomology  
af: Lars Kadison
- 238/93 SEMIOTIK OG SYSTEMEGENSKABER (2)  
Vektorbånd og tensorer  
af: Peder Voetmann Christiansen
- 239/93 Valgsystemer - Modelbygning og analyse Matematik 2. modul  
af: Charlotte Gjerrild, Jane Hansen, Maria Hermannsson, Allan Jørgensen, Ragna Clauson-Kaas, Poul Lützen  
Vejleder: Mogens Niss
- 240/93 Patologiske eksempler. Om sære matematiske fisks betydning for den matematiske udvikling  
af: Claus Dråby, Jørn Skov Hansen, Runa Ulsøe Johansen, Peter Meibom, Johannes Kristoffer Nielsen  
Vejleder: Mogens Niss
- 241/93 FOTOVOLTAISK STATUSNOTAT 1  
af: Bent Sørensen
- 242/93 Brovedligeholdelse - bevar mig vel  
Analyse af Vejdirektoratets model for optimering af broreparationer  
af: Linda Kyndlev, Kare Fundal, Kamma Tulinius, Ivar Zeck  
Vejleder: Jesper Larsen
- 243/93 TANKEEKSPERIMENTER I FYSIRKEN  
Et 1.modul fysikprojekt  
af: Karen Birkelund, Stine Sofia Korremann  
Vejleder: Dorthe Posselt
- 244/93 RADONTRANSFORMATIONEN og dens anvendelse i CT-scanning  
Projektrapport  
af: Trine Andreasen, Tine Guldager Christiansen, Nina Skov Hansen og Christine Iversen  
Vejledere: Gestur Olafsson og Jesper Larsen
- 245a+b /93 Time-Of-Flight målinger på krystallinske halvledere  
Specialerapport  
af: Linda Szkotak Jensen og Lise Odgaard Gade  
Vejledere: Petr Viscor og Niels Boye Olsen
- 246/93 HVERDAGSVIDEN OG MATEMATIK - LÆREPROCESSER I SKOLEN  
af: Lena Lindenskov, Statens Humanistiske Forskningsråd, RUC, IMPUFA
- 247/93 UNIVERSAL LOW TEMPERATURE AC CONDUCTIVITY OF MACROSCOPICALLY DISORDERED NON-METALS  
by: Jeppe C. Dyre
- 248/93 DIRAC OPERATORS AND MANIFOLDS WITH BOUNDARY  
by: B. Booss-Bavnbek, K.P.Wojciechowski
- 249/93 Perspectives on Teichmüller and the Jahresbericht Addendum to Schappacher, Scholz, et al.  
by: B. Booss-Bavnbek  
With comments by W.Abikoff, L.Ahlfors, J.Cerf, P.J.Davis, W.Fuchs, F.P.Gardiner, J.Jost, J.-P.Kahane, R.Lohan, L.Lorch, J.Radkau and T.Söderqvist
- 250/93 EULER OG BOLZANO - MATEMATISK ANALYSE SET I ET VIDENSKABSTEORETISK PERSPEKTIV  
Projektrapport af: Anja Juul, Lone Michelsen, Tomas Højgård Jensen.  
Vejleder: Stig Andur Pedersen
- 251/93 Genotypic Proportions in Hybrid Zones  
by: Freddy Bugge Christiansen, Viggo Andreasen and Ebbe Thue Poulsen
- 252/93 MODELLERING AF TILFELDIGE FENOMENER  
Projektrapport af: Birthe Friis, Lisbeth Helmgård, Kristina Charlotte Jakobsen, Marina Mosbak Johannessen, Lotte Ludvigsen, Mette Hass Nielsen
- 253/93 Kuglepakning  
Teori og model  
af: Lise Arleth, Kåre Prædal, Nils Kruse  
Vejleder: Mogens Niss
- 254/93 Regressionsanalyse  
Materiale til et statistikkursus  
af: Jørgen Larsen
- 255/93 TID & BETINGET UAFHÆNGIGHED  
af: Peter Barremoës
- 256/93 Determination of the Frequency Dependent Bulk Modulus of Liquids Using a Piezoelectric Spherical Shell (Preprint)  
by: T. Christensen and N.B.Olsen
- 257/93 Modellering af dispersion i piezoelektriske keramikker  
af: Pernille Postgaard, Jannik Rasmussen, Christina Specht, Mikko Østergård  
Vejleder: Tage Christensen
- 258/93 Supplerende kursmateriale til "Lineære strukturer fra algebra og analyse"  
af: Mogens Brun Beefelt
- 259/93 STUDIES OF AC HOPPING CONDUCTION AT LOW TEMPERATURES  
by: Jeppe C. Dyre
- 260/93 PARTITIONED MANIFOLDS AND INVARIANTS IN DIMENSIONS 2, 3, AND 4  
by: B. Booss-Bavnbek, K.P.Wojciechowski



- 261/93 OPGAVESAMLING  
Bredde-kursus i Fysik  
Eksamensopgaver fra 1976-93
- 262/93 Separability and the Jones  
Polynomial  
by: Lars Kadison
- 263/93 Supplerende kursusmateriale til  
"Lineære strukturer fra algebra  
og analyse" II  
af: Mogens Brun Heefelt
- 264/93 FOTOVOLTAISK STATUSNOTAT 2  
af: Bent Sørensen
- 
- 265/94 SPHERICAL FUNCTIONS ON ORDERED  
SYMMETRIC SPACES  
To Sigurdur Helgason on his  
sixtyfifth birthday  
by: Jacques Faraut, Joachim Hilgert  
and Gestur Olafsson
- 266/94 Kommensurabilitets-oscillationer i  
laterale supergitre  
Fysikspeciale af: Anja Boisen,  
Peter Bøggild, Karen Birkelund  
Vejledere: Rafael Taboryski, Poul Erik  
Lindelof, Peder Voetmann Christiansen
- 267/94 Kom til kort med matematik på  
Eksperimentarium - Et forslag til en  
opstilling  
af: Charlotte Gjerrild, Jane Hansen  
Vejleder: Bernhelm Booss-Bavnbek
- 268/94 Life is like a sewer ...  
Et projekt om modellering af aorta via  
en model for strømning i kloakrør  
af: Anders Marcussen, Anne C. Nilsson,  
Lone Michelsen, Per M. Hansen  
Vejleder: Jesper Larsen
- 269/94 Dimensionsanalyse en introduktion  
metaprojekt, fysik  
af: Tine Guldager Christiansen,  
Ken Andersen, Nikolaj Hermann,  
Jannik Rasmussen  
Vejleder: Jens Højgaard Jensen
- 270/94 THE IMAGE OF THE ENVELOPING ALGEBRA  
AND IRREDUCIBILITY OF INDUCED REPRE-  
SENTATIONS OF EXPONENTIAL LIE GROUPS  
by: Jacob Jacobsen
- 271/94 Matematikken i Fysikken.  
Opdaget eller opfundet  
NAT-BAS-projekt  
vejleder: Jens Højgaard Jensen
- 272/94 Tradition og fornyelse  
Det praktiske elevarbejde i gymnasiets  
fysikundervisning, 1907-1988  
af: Kristian Hoppe og Jeppe Guldager  
Vejledning: Karin Beyer og Nils Hybel
- 273/94 Model for kort- og mellemdistanceløb  
Verifikation af model  
af: Lise Fabricius Christensen, Helle Pilemann,  
Bettina Sørensen  
Vejleder: Mette Olufsen
- 274/94 MODEL 10 - en matematisk model af intravenøse  
anæstetikas farmakokinetik  
3. modul matematik, forår 1994  
af: Trine Andreasen, Bjørn Christensen, Christine  
Green, Anja Skjoldborg Hansen. Lisbeth  
Helmggaard  
Vejledere: Viggo Andreasen & Jesper Larsen
- 275/94 Perspectives on Teichmüller and the Jahresbericht  
2nd Edition  
by: Bernhelm Booss-Bavnbek
- 276/94 Dispersionsmodellering  
Projektrapport 1. modul  
af: Gitte Andersen, Rehannah Borup, Lisbeth Friis,  
Per Gregersen, Kristina Vejre  
Vejleder: Bernhelm Booss-Bavnbek
- 277/94 PROJEKTARBEJDSPÆDAGOGIK - Om tre tolkninger af  
problemorienteret projektarbejde  
af: Claus Flensted Behrens, Frederik Voetmann  
Christiansen, Jørn Skov Hansen, Thomas  
Thingstrup  
Vejleder: Jens Højgaard Jensen
- 278/94 The Models Underlying the Anaesthesia  
Simulator Sophus  
by: Mette Olufsen(Math-Tech), Finn Nielsen  
(RISØ National Laboratory), Per Føge Jensen  
(Herlev University Hospital), Stig Andur  
Pedersen (Roskilde University)
- 279/94 Description of a method of measuring the shear  
modulus of supercooled liquids and a comparison  
of their thermal and mechanical response  
functions.  
af: Tage Christensen