

37.13

UNDERSVISINGSVEJLEDNING
FOR FOLKESKOLEN **UDKAST**

3

Fysik/Kemi **1974**

FOLKESKOLENS LÆSEPLANSUDVALG

Folkeskolens læseplansudvalg

Skoledirektør Hans Jensen, *formand*
Overlærer Bent Andersen
Skoleinspektør Mogens Andersen
Undervisningsinspektør Jens Bach
Undervisningsdirektør A. Baunsbak-Jensen
Overlærer Else Byrith
Undervisningsinspektør A. Bøgeskov
Skolebestyrer B. Christensen-Dalsgaard
Undervisningsdirektør Rikard Frederiksen
Fuldmægtig Henrik Helsted, *tilforordnet*
Undervisningsinspektør Per Iversen
Skoledirektør Poul E. Jacobsen
Overlærer Jørgen Jensen
Skoledirektør mag. art. Kr. Thomsen Jensen
Undervisningsinspektør I. Skov Jørgensen
Overlærer Kirsten Kjersgaard
Undervisningsdirektør O. I. Mikkelsen
Fuldmægtig Eyvind Noer, *tilforordnet*
Undervisningsinspektør B. Kehlet Nørskov
Førstelærer Mogens Rafn
Skoledirektør Svend Aage Rasmussen
Adjunkt Kurt Stolt
Rektor Harald Torpe
Overlærer Kaj Varming

NB! Vedrørende spørgsmål om undervisningslokalers, herunder faglokalers udformning og indretning henvises til den af *Folkeskolens Byggeudvalg* udarbejdede publikation »Projekteringsgrundlag for folkeskoler« (Undervisningsministeriet, senere udgave).

UNDERVISNINGSVEJLEDNING FOR FOLKESKOLEN - UDKAST

3

Fysik

Kemi

1974

FOLKESKOLENS LÆSEPLANSUDVALG

I KOMMISSION HOS LÆRERFORENINGERNES MATERIALEUDVALG

FORORD

Nærværende udkast til undervisningsvejledning er et led i den række vejledninger, der udsendes af Folkeskolens Læseplansudvalg på grundlag af forslag til lov om folkeskolen af 15. december 1972, hvor der i § 4, stk. 8, bla. a. anføres:

»Undervisningsministeren fastsætter regler om formålet med undervisningen i de enkelte fag eller faggrupper og udsender vejledende timefordelingsplaner og læseplaner, jfr. § 16, stk. 1.«

Udsendelsen markerer tillige en ajourføring i overensstemmelse med den udvikling, der har fundet sted inden for det pågældende område, siden sidste vejledning blev udsendt.

Udvalget ønsker at præcisere, at dette udkast sammen med de øvrige udkast til vejledninger i første række har til formål at danne grundlag for fortsatte drøftelser omkring indholdet og tilrettelæggelsen af folkeskolens undervisning, og således ikke kan være udgangspunkt for en generel diskussion af de lokale undervisningsplaner, så længe der ikke er taget politisk stilling til det fremtidige lovgrundlag. Indholdet i udkastet vil dog formentlig tillige inden for de gældende undervisningsplaners rammer kunne virke inspirerende for undervisningen.

Vejledningen er udarbejdet af læseplansudvalgets fagudvalg nr. 3.

Under arbejdet med undervisningsvejledningen har der i dette fagudvalg væ-

ret en række personskifter. Således har skoledirektør Svend Aage Rasmussen, Århus, en periode været formand. Professor Bent Christiansen, Danmarks Lærerhøjskole, og overlærer Jørgen Jensen, Gentofte, har i perioder været medlemmer af fagudvalget. Ved udarbejdelsen af den endelige udgave har fagudvalget haft følgende sammensætning:

Skolebestyrer

Bent Christensen-Dalsgaard, Kolding, formand.

Afdelingsleder Tage Werner, Danmarks Lærerhøjskole.

Overlærer Anders Johansen, Ålborg.

Fagkonsulent Flemming Tommerup Jensen, direktoratet for folkeskolen, folkeoplysning, seminarier m.v., sekretær.

Den har – i den udstrækning, det har været muligt – været forelagt til udtalelse og til åben drøftelse i fagligt interesserede kredse og er herefter af fagudvalget indstillet til godkendelse i læseplansudvalget.

Her er forslaget blevet gennemdrøftet på ny og er – efter enkelte ændringer – i den nu foreliggende form tiltrådt af Folkeskolens Læseplansudvalg som dette udvalgs udkast til undervisningsvejledning for det omhandlede område i folkeskolen.

Folkeskolens Læseplansudvalg,

juni 1974.

Hans Jensen

INDHOLD

1. Indledning	7
1.1. Hæftets sigte	7
1.2. Den enkelte lærers rolle og ansvar	8
1.3. Hæftets opbygning og indhold	9
2. Formålet for folkeskolens undervisning i fysik og kemi	10
2.1. Undervisningens relation til folkeskolens formål	10
2.2. Fagenes rolle som beskrivelsesmidler	11
2.3. Den naturvidenskabelige arbejdsmetode	13
2.4. Naturvidenskabelig oplyshed	15
2.5. Problemformulering og problemløsning	16
2.6. Samlet formulering af formålet for undervisningen i fysik og kemi .	17
3. Overordnede fagmål	18
3.1. Mål vedrørende fagenes natur og rolle	18
3.2. Mål vedrørende elevernes arbejdsformer, viden og færdigheder	24
4. Hovedområder for undervisningen	26
4.1. Fra almene fagmål til mål vedrørende indholdet.....	26
4.2. Om samspil mellem fagene fysik og kemi og mellem deres discipliner	26
F4.3. Hovedområder for fysikundervisningen	27
K4.3. Hovedområder for kemiundervisningen	27
5. Undervisningens tilrettelæggelse	29
5.1. Om indlæring og undervisning.....	29
5.1.1. Om begrebsudvikling	29
5.1.2. Om stoffets organisering	30
5.1.3. Om undervisningsforløb	31
5.1.4. Om basisstoffet for 7. og 8. klasse.....	33
5.1.5. Om sideløbende kurser på 9. og 10. klassetrin	35
F5.2. Om undervisningsformer i fysik.....	36
F5.2.1. Om metoder	36
F5.2.2. Om forsøg	38
K5.2. Om undervisningsformer i kemi.....	39
K5.2.1. Om metoder	39
K5.2.2. Om forsøg	41

6. Fagenes placering i folkeskolens undervisning	45
6.1. Almene betragtninger for 1.–6. klassetrin	45
6.2. Almene betragtninger for 7.–10. klassetrin	45
6.3. Fagenes placering på 7.–10. klassetrin.....	46
F7. Fysikundervisningens indhold	47
F7.1. Almindelige bemærkninger.....	47
F7.2. Hovedområder for 7. og 8. klassetrin	47
F7.2.1. Basisstof for 7. klassetrin	47
F7.2.2. Basisstof for 8. klassetrin	48
F7.3. Hovedområder for 9. klassetrin	48
F7.3.1. Basisstof for 9. klassetrin	48
F7.3.2. Eksempel på et emnes behandling på to sideløbende kurser.....	49
F7.4. Hovedområder for 10. klassetrin	49
F7.4.1. Basisstof for 10. klassetrin	49
F7.4.2. Selvvalgte emner	50
K7. Kemiundervisningens indhold	51
K7.1. Almindelige bemærkninger	51
K7.2. Basisstof for 8. klassetrin	51

Med hensyn til *risikostof* henvises til den udsendte risikovejledning.

1.1. Hæftets sigte

I hvert enkelt fag er læreren ansvarlig for undervisningen, dels i henhold til kravene fra lovgivningen og fra ministerielle bekendtgørelser, dels i henhold til kravene i den lokale læseplan.

For at støtte læreren ved varetagelsen af dette hverv er der udsendt undervisningsvejledninger med mere. Ved udformningen af disse har man i stedet for at udsende en større bog med såvel mere almene overvejelser som oplysninger angående de enkelte fag valgt at udsende et særligt hæfte, i hvilket de mere almindelige oplysninger om folkeskolen som helhed er omtalt, samt en række mindre hæfter, der hver for sig beskriver de overordnede mål, såvel som krav og vejledende betragtninger for et enkelt fag eller for et område af beslægtede fag.

Gennem lovgivningen fastsættes det overordnede mål for folkeskolen, *folkeskolens formål*. Undervisningen i skolen er midlet til at indfri folkeskolens formål. Herunder bliver undervisningen i det enkelte fag altså et af midlerne til fremme af de overordnede mål for skolens virksomhed. For undervisningen i

fagene på skolens timeplan fastlægges mål og indhold fra officielt hold gennem angivelse af formål for fagene og gennem centralt udarbejdede vejledende læseplaner. De herved stillede krav er imidlertid af meget overordnet karakter. De angår således blandt andet kun de større faglige områder, som skal behandles i undervisningen gennem længere perioder, men ikke de detaljer, som bliver indholdet af den daglige undervisning. Hensigten med nærværende fremstilling er nu dels at angive de overordnede krav for faget, dels at yde støtte ved tilrettelæggelsen og udførelsen af undervisningen i overensstemmelse hermed.

Dersom man ønsker at gøre sig bekendt med kravene for undervisningen i fysik og i kemi i folkeskolen, vil det være nærliggende straks at søge orientering angående pensum for fagene. En sådan orientering finder man i dette hæfte i afsnit 7, som indeholder emnelister for undervisning i fysik og i kemi. Et blik på disse emnelister vil imidlertid straks overbevise læreren om, at det ikke er muligt at tilrettelægge undervisningen med hensyn til emners rækkefølge, tiden for behandling af det enkelte emne, emnernes samspilsmuligheder, emners og

begrebers praktiske anvendelsesmuligheder med mere, uden at en lang række synspunkter må anlægges. Sådanne synspunkter er ikke anført ved emnelisterne. De kan angå spørgsmål vedrørende det eksperimentelle arbejdes rolle og placering, spørgsmål om graden af individualisering ved undervisningen, spørgsmål vedrørende de sider af fagets natur og rolle, som man efter formålet finder det vigtigt, at eleverne bliver fortrolige med. I nærværende hæfte vil spørgsmål af denne art blive ret indgående kommenteret. I alle sådanne kommentarer vil der være tale om at pege på en række forskellige muligheder, til hvilke den enkelte lærer kan have sin egen indstilling. Overvejelse af sådanne muligheder kan give læreren øget baggrund for at tilgodese de særlige behov, som findes i den klasse og hos de elever, som den pågældende lærer arbejder med, og som han – i modsætning til de generelle planlæggere – har kendskab til.

1.2. Den enkelte lærers rolle og ansvar

For hver enkelt undervisningsmæssig opgave er der fra myndighedernes side fastlagt bestemte mål, som dog normalt kun er beskrevet i ret overordnet form. Det er så lærerens opgave – under iagttagelse af elevernes forudsætninger – at fastlægge de mere detaljerede mål for undervisningen (altså undervisningens indhold), at tilrettelægge undervisningen og endelig at udføre det praktisk-pædagogiske arbejde med klassen, grupperne og den enkelte elev. I tilknytning hertil er det lærerens opgave at overveje, om de af ham valgte midler til opnåelse af

de for undervisningen givne mål har været hensigtsmæssige. Skønner han ved disse overvejelser, at målene ikke er blevet opfyldt i rimelig grad, må han søge gennem valg af andre midler at opnå en bedre overensstemmelse. Denne didaktiske opgave er særdeles vanskelig, og i de fleste tilfælde må læreren derfor ved sin tilrettelæggelse støtte sig stærkt til allerede udarbejdede undervisningsmaterialer.

Af lovforslaget om folkeskolen af 15. december 1972 fremgår det meget klart, at skolens undervisning i højere grad end nogen sinde før må sigte på at give hver enkelt elev sådanne udviklingsmuligheder, som bedst muligt passer til den pågældendes natur og forudsætninger. Opfyldelsen af dette mål vil kunne ske, hvis der i udpræget grad ved undervisningens tilrettelæggelse tages hensyn til hver elev, dels som enkeltperson, dels som medlem af fællesskabet i hele klassen eller i grupper af denne.

Lærerens justering af på forhånd udarbejdede undervisningsmaterialer (eksempelvis i form af lærebøger, forsøgsvejledninger, apparatur, etc.) er særdeles afgørende. Kun den lærer, som kender den pågældende klasse og de enkelte elever i denne, har relevante forudsætninger for at afgøre, om passager i en lærebog bør forbigås eller tværtimod bør suppleres, om en bestemt forsøgsrække kan udføres af alle elever i klassen, eller om særlige forholdsregler bør træffes i individuelle tilfælde, og så fremdeles. De områder, hvor læreren kan sætte særligt ind, er forskellige fra fag til fag. Fysik- og kemilærere vil således være fortrolige med at påvirke undervisningens tilrettelæggelse og udførelse gennem ændringer i udvalget af forsøg og forsøgsopstilling-

ger såvel som gennem udnyttelse af supplerende læsning svarende til de enkelte elevers særlige interesser.

Med de givne arbejdsvilkår i skolen vil kun de færreste lærere have mulighed for at udarbejde det samlede undervisningsmateriale til dækning af mere omfattende opgaver. Omvendt vil de fleste lærere kunne yde en stor indsats ved personlig tilrettelæggelse af mindre dele af undervisningsprogrammet, for eksempel ved udskiftning af dele af det benyttede materiale (lærebøger, forsøgsvejledninger, etc.) med sådanne alternativer, som svarer til lærerens opfattelse af, hvad der er mest hensigtsmæssigt i den for ham foreliggende situation.

Hæftet indeholder en række betragtninger vedrørende forskellige muligheder, som læreren kan vælge imellem ved en tilrettelæggelse og udførelse af en undervisning, som er i overensstemmelse med det givne formål for folkeskolen. Omtalen af sådanne muligheder vil forhåbentlig kunne inspirere til debat mellem fagets lærere om de veje, som den enkelte finder det hensigtsmæssigt at følge ved sin tilrettelæggelse og udførelse af undervisningen. En sådan debat kan give anledning til en yderligere afklaring af synspunkter til gavn for den individualisering af undervisningen, som loven tilstræber.

1.3. Hæftets opbygning og indhold

Om opbygningen af nærværende hæfte skal her kort anføres følgende: Med udgangspunkt i formuleringen af formålet for folkeskolen anføres i afsnit 2 en række almene mål for folkeskolens undervisning i fysik/kemi, der fører frem til en samlet formulering af formålet for undervisningen i disse fag. I afsnit 3 følger dernæst en beskrivelse af de overordnede faglige mål. I afsnit 4 beskrives de faglige hovedområder for fagene fysik og kemi, ligesom de særlige problemer omkring de to fags samspil under det obligatoriske forløb i folkeskolen berøres. I afsnit 5 fremsættes generelle synspunkter vedrørende undervisningens tilrettelæggelse både med henblik på det rent faglige og med henblik på mere praktiske spørgsmål, ligesom der i dette afsnit skrives om basisstof og sideløbende kurser. I afsnit 6 kommenteres fagernes placering i folkeskolen. På den derved skabte baggrund anføres emnelister og et eksempel på et stofområdes behandling på to sideløbende kurser. På den derved skabte baggrund anføres i afsnit 7 emnelister og et eksempel på et stofområdes behandling på to sideløbende kurser.

2

Formålet for folkeskolens undervisning i fysik og i kemi

2.1. Undervisningens relation til folkeskolens formål

Da undervisningen i fysik og kemi skal bidrage til opfyldelse af folkeskolens formål, vil det være naturligt at overveje nærmere, hvad der gives udtryk for i formålet med tilhørende bemærkninger, og sætte disse overvejelser i relation til en undervisning i de nævnte fag.

Man kan da for det første opfatte det som et hovedmål for folkeskolens undervisning

at give eleverne mulighed for at tilegne sig viden, færdigheder, arbejdsmetoder og udtryksformer.

Endvidere kan man af den opgivne formulering aflæse, at målet retter sig mod den enkelte elev, og at indfrielsen af det skal ske i samarbejde med forældrene.

Som afledede mål læses dernæst, at skolen – her fysik- og kemilæreren – i hele sin virksomhed skal søge at skabe sådanne muligheder for oplevelse og selvvirksomhed, at eleven kan

øge sin lyst til at lære
udfolde sin fantasi

opøve sin evne til selvstændig vurdering og stillingtagen
udvikle sig i tillid til sig selv og til fællesskabets muligheder.

For fagene fysik og kemi må man nu overveje, hvorledes fagene bedst medvirker til opfyldelse af de uddragne hovedmål. Man må således overveje det primært anførte formål for folkeskolen i direkte relation til fagene, det vil sige: At give eleverne mulighed for at tilegne sig viden, færdigheder, arbejdsmetoder og udtryksformer inden for fagene fysik og kemi. Dernæst kan man som lærer i fagene overveje hvert af de afledede mål. Hvorledes kan man i disse fag øge elevens lyst til at lære? Hvorledes kan man give eleven anledning til at udfolde sin fantasi inden for fysik eller kemi? Hvor kommer elevens selvstændige vurdering og stillingtagen ind ved undervisningen i disse fag? Og endelig – har eleverne anledning til ved arbejdet med fysik og kemi at erkende samarbejdets muligheder?

Også det afslutningsvis formulerede hovedmål vedrørende elevernes forberedelse til livet i et demokratisk samfund kommer fysik- og kemilæreren ved. Her er der dog nok i højere grad end ved de tidligere nævnte mål tale om en sekun-

dær virkning af lærerens hele holdning til og samarbejde med eleverne.

Det primært anførte formål rejser følgende spørgsmål:

Hvilken viden og hvilke færdigheder er centrale og karakteristiske for disse fag?

Hvilke arbejdsmetoder er karakteristiske for de respektive videnskabsfag, og er det hensigtsmæssigt (muligt?) at søge at få eleverne til at tilegne sig disse arbejdsmetoder?

Hvilke særlige udtryksformer anvender man i fagene?

Og går man til de afledede mål, rejser følgende spørgsmål sig:

Hvorledes kan man gribe og fastholde den forhåndsinteresse, hvormed de fleste mennesker møder fysisk-kemiske problemstillinger?

Hvorledes kan man opnå, at eleverne udfolder deres fantasi?

Kan man gennem arbejdet med fagene bidrage til, at eleverne bliver i stand til at foretage selvstændig vurdering og til at tage stilling?

Kan man i det eksperimentelle arbejde sikre sig, at eleverne bliver klar over de mange muligheder, der ligger for samarbejde i de forskellige grupper, hvori man indgår i arbejdet?

At give svar på spørgsmål som ovenstående består i realiteten i at pege på mål vedrørende fysik- og kemiundervisningen. En sådan afgrænsning af mål kan foretages af den enkelte, men den vil formentlig blive mere hensigtsmæssig, hvis den foretages af en gruppe af personer, som råder over vidtgående og forskelligartede erfaringer med hensyn til fagene som skolefag såvel som dybtgående indsigt i de tilsvarende videnskabsfag. Alligevel vil der være tale om

et valg mellem muligheder, når der på sådan baggrund sker en udpegning af formål for undervisningen.

For den enkelte lærer, der har ansvaret for undervisningens tilrettelæggelse og udførelse, vil det da i højere grad være debatten om mulige mål for fysik- og kemiundervisningen, som kan virke støttende, end det vil være kortfattede formuleringer af fagenes formål. Traditionen med hensyn til udformningen af undervisningsvejledninger har imidlertid netop været at fastslå – og dermed i en vis grad at fastlåse – nogle få helt overordnede mål for undervisningen. I erkendelse af, at sådanne overordnede mål udskilles under et forsøg på at finde en syntese af forskellige synspunkter og ikke gennem nogen deduktion, er der i nærværende hæfte anført en række betragtninger vedrørende forskellige almentne mål for undervisningen i fagene. På den derved skabte baggrund er der foretaget en sammenfatning i form af en kortere angivelse af formålet med undervisningen.

De indledende overvejelser og den efterfølgende sammenfatning angår 1) elevernes indlevelse i fagenes begreber og begrebssammenhænge og disses rolle som beskrivelsesmidler af vort univers, 2) den naturvidenskabelige arbejdsmetodes rolle og placering i undervisningen, 3) det vigtige begreb naturvidenskabelig oplysthed, 4) elevernes arbejde med problemformulering og problemløsning, og mere specielt muligheden for at sætte eleverne i stand til at tilegne sig viden.

2.2. Fagenes rolle som beskrivelsesmidler

Et hovedmål med undervisningen i fysik

og kemi er at give eleverne mulighed for at tilegne sig viden, færdigheder, arbejdsmetoder og udtryksformer. Man må da spørge, hvilke behov den almindelige samfundsborger har for viden og færdigheder i fysik og kemi, og hvilket behov han eller hun har for særlige arbejdsmetoder og udtryksformer hørende til disse fag? Endvidere må man spørge, hvorledes man gennem undervisningen i fagene kan sikre, at elever, der senere skal deltage i en videregående uddannelse, ved hvilken disse fag spiller en rolle, får en hensigtsmæssig baggrund for en sådan videre uddannelse?

Hvad nu den almindelige samfundsborger angår (og »almindelig« betyder i denne forbindelse blot en samfundsborger, som ikke har specialiseret sig i fagene fysik og kemi), så behøver man i bogstavelig forstand blot at se sig omkring i det moderne samfund for at erfare, at emner og emneområder med fysisk-kemisk tilhørsforhold spiller en afgørende rolle i vor hverdag. Det enkelte samfundsmedlem ville vanskeligt kunne klare sig i det daglige livs situationer, hvis den pågældende ikke havde en vis fortrolighed med fysisk-kemiske begreber og begrebssammenhænge. Man kan tænke på betydningen af, at det enkelte samfundsmedlem har viden om, at nogle stoffer er brændbare, at andre giver risiko for eksplosion ved fordampning, at andre er giftige. Man kan tænke på, at den enkelte i sin hverdag udnytter elementært kendskab til bevægelseslæren. Man kan tænke på, at den enkelte bør være sig bevidst, at han gennem sin adfærd kan forurene vore omgivelser, og denne bevidsthed hænger da sammen med et kendskab til emneområder fra kemien.

De foregående eksempler er bevidst

valgt naive. Hensigten med dem er imidlertid at understrege vigtigheden af, at man i det moderne teknisk og teknologisk prægede samfund besidder en viden om og indsigt i helt elementære fysiske og kemiske begreber. Selv om opvæksten i det teknisk prægede samfund i sig selv giver kendskab til grundlæggende fysisk-kemiske begrebsområder, så er en egentlig undervisning ikke blot hensigtsmæssig, men også direkte nødvendig. Ikke mindst færemomenterne, som er til stede i forbindelse med sammenblanding af stoffer eller ved stoffers forbrænding, nødvendiggør en ret omfattende undervisning i fagene.

Man kan imidlertid gå videre end til et sådant helt elementært grundkendskab.

Et mere indgående kendskab til væsentlige og repræsentative fysiske og kemiske begreber og begrebsområder giver den enkelte mulighed for en mere bevidst – og mere hensigtsmæssig – udnyttelse af fagene som hjælpemidler i hverdagen, og for det andet vil den noget videregående faglige oplysthed kunne spille en meget afgørende rolle for den enkeltes forståelse af de fremtrædende teknologiske aspekter i samfundsudviklingen. Fagenes begrebsområder er udviklet som afgørende hjælpemidler til forståelse og beskrivelse af vor fysiske omverden. Derfor er det af stor betydning for den enkelte at råde over væsentlige og repræsentative begreber fra disse fag.

Det siger imidlertid sig selv, at man med den begrænsede tid, der stilles til rådighed for undervisningen i fysik og kemi, kun i beskedent omfang kan bibringe eleverne fysisk-kemisk viden og færdigheder. I erkendelse heraf må man

ved arbejde med fagene især samle sig om begreber og metoder. Herved kan man give eleverne store muligheder for – til dels på egen hånd – at tilegne sig ny viden og således følge med i udviklingen inden for fagene. Hvis man skal have en viden, der er anvendelig i mange forbindelser, og i hvilken ny viden kan indpasses, så må man netop have god forståelse af grundlæggende fysisk-kemiske begreber. Det bliver altså afgørende, at undervisningen i disse fag samler sig om væsentlige og repræsentative begreber. Disse grundlæggende begreber må vælges således, at sammenhængen mellem fagene og fagenes discipliner træder tydeligt frem. Endvidere må der også vælges sådanne, der ikke blot er anvendelige i fagenes egne problemstillinger, men også i mange situationer, der mødes uden for fagene. Man kan her tænke på, hvor vidtrækkende betydning kendskab til grundbegreber som vekselvirkning, energi, model og relativitet har.

Svarende til ovenstående betragtninger angives som et hovedmål for undervisningen i fysik og kemi:

At give den enkelte elev mulighed for at tilegne sig væsentlige og repræsentative fysiske og kemiske begreber og begrebsområder samt mulighed for at få forståelse af disses betydning ved beskrivelsen af vort univers.

2.3. Den naturvidenskabelige arbejdsmetode

Fysik og kemi er videnskaber, der i højere grad end de fleste andre koncentrerer

sig om særligt enkle problemstillinger vedrørende vor omverden. Enkelheden i de fænomener, man har valgt at arbejde med i disse fag, har gjort det overkommeligt ikke blot at beskrive fænomenerne, men også at fremsætte hypoteser om relationer mellem vore iagttagelser samt at efterprøve hypotesernes grad af relevans gennem forsøg. Allerede i så nærtstående fag som fysiologi, biologi og biokemi er det langt vanskeligere at udføre kontrollerede forsøg.

De særlige betingelser for at lade forsøg indgå som integrerende led i udforskningen af vort univers har gjort det muligt i fysikken og i kemien i særlig grad at raffinere en række arbejdsmetoder, som under et betegnes med ordene »den naturvidenskabelige arbejdsmetode«, men som under andre betegnelser finder udstrakt anvendelse, overalt hvor mennesker er beskæftiget med problemløsning.

Når man i den fysiske forskning anvender den naturvidenskabelige metode til at opnå en dybere forståelse af et fænomen eller en række af beslægtede fænomener, begynder man ofte med at udføre forsøg, hvor man ved måling indsamler så nøjagtige oplysninger om fænomenerne som muligt. Man indsamler data. Man forsøger dernæst at ordne og rubricere de indsamlede data på overskuelig måde, idet man tit gør brug af grafiske afbildninger. På grundlag af det overblik, man herved skaffer sig, søger man nu at formulere en teori, som sætter de iagttagne fænomener i relation til i forvejen velkendte fænomener. Man prøver på denne måde at »forklare« fænomenerne. Man undersøger dernæst, om den opstillede teori er rimelig i den forstand, at man på grundlag af denne kan

forudsige ny resultater, hvis holdbarhed kan godtgøres ved forsøg.

Disse kontrolforsøg vil dog ofte medføre, at man må ændre, eventuelt helt opgive, den opstillede teori og forsøge sig med en anden. Således fortsætter man gennem en stadig vekslen mellem teori og eksperiment, hvor erfaringerne fra den ene fase udnyttes i den næste, indtil man når frem til at opstille en tilfredsstillende teori for de iagttagne fænomener, eller indtil man må give op og konkludere, at man ikke kan komme længere ad den valgte vej.

Denne opbygning af teorier, hvor beskrivelsen af stadig flere fænomener samles gennem anvendelse af færre og færre grundlæggende begreber, er i sig selv en intellektuel tilfredsstillelse for mange mennesker og har dannet forbillede for beskrivelser af langt mere sammensatte fænomener (biologiske, psykologiske, sociologiske og økonomiske). Ved benyttelse af arbejdsmetoden kan man lære, hvor tilbøjelige mennesker kan være til at drage slutninger på et spinkelt grundlag, og hvordan forudsætninger, som i første omgang synes at være selvfølgelig, ved nærmere eftersyn viser sig ikke at være acceptable.

I det følgende er anført en række grunde, som gør det berettiget at anvende den naturvidenskabelige arbejdsmetode i undervisningen.

Udnyttelsen af eksperimenter som baggrund for ræsonnerende overvejelser giver den enkelte elev rig anledning til at komme i de oplevelsessituationer, som er væsentlige for begrebstilegnelsen.

Den til praktiske erfaringer knyttede begrebstilegnelse tjener til at give eleverne øgede muligheder for at danne sig et

billede af deres omverden og til at kommunikere med andre.

Beskæftigelsen med de konkrete materialer, som indgår i eksperimenterne, kan give eleverne fortrolighed med, at naturvidenskabelige begreber og ideer både er baseret på iagttagelser af fænomener og samtidig er et produkt af menneskelig opfindsomhed og skaberevne.

Under arbejdet med modeller kan eleverne opnå fortrolighed med, at et og samme fænomen kan beskrives på flere måder, som hver for sig kan have sin grad af hensigtsmæssighed. Eleverne kan således erfare, at én model fremhæver visse aspekter ved det betragtede fænomen, mens en anden model fremhæver andre aspekter.

Elevernes egen anvendelse af den naturvidenskabelige arbejdsmetode kan have betydning for deres holdning til problemer og problemløsning såvel som til deres oplevelse af betydningen af samarbejde med andre. Her tænkes blandt andet på, at et problem må mødes med åbenhed, at alle påstande må begrundes, og at selvtillid er ønskelig. Man lærer, at man selv er i stand til at iagttage og drage slutninger. Der er ingen autoritet, man altid blot kan appellere til, og der kan ofte gives flere lige gode svar, således som det også tit er tilfældet uden for skolen.

På baggrund af ovenstående betragtninger må følgende anses for et hovedmål:

At den enkelte elev opnår fortrolighed med, hvordan fagenes begrebssystemer skabes, efterprøves og udvikles gennem en vekselvirkning mellem teori og eksperiment, og derved erhverver sig indblik i den naturvidenskabelige arbejdsmetode.

2.4. Naturvidenskabelig oplysthed

Det blev tidligere påpeget, at den enkeltes fortrolighed med fysiske og kemiske begrebsområder er af afgørende betydning, dels i forbindelse med talrige situationer i den daglige tilværelse, dels som baggrund for forståelse af vor tids samfundsudvikling. En sådan forståelse hos samfundsmedlemmerne er forudsætningen for, at denne udvikling kan videreføres til gavn for alle. Det bliver dermed rimeligt at betragte opnåelsen af naturvidenskabelig oplysthed som et vigtigt mål for undervisningen i fagene.

Det samfund, vi lever i, er præget af en overordentlig kraftig teknisk og naturvidenskabelig udvikling. Store dele af vort miljø er rent menneskeskabte og menneskekontrollerede, og vi får stadig større magt til at gribe ind i naturen. Under en sådan udvikling er der imidlertid en risiko for, at store dele af befolkningen føler sig som blot værende vidner til noget, de ikke forstår, endsige bidrager til, og som de ikke kan gribe ind i på anden måde end gennem en uartikuleret, destruktiv protest.

Det kunne da gå sådan, at menneskets fremmedgørelse over for teknikken stadig vokser. Man ser således i disse år, hvorledes mange protesterer mod den tekniske udvikling – uden dog at kunne undvære dens bidrag til løsning af samfundets problemer – og man ser, hvorledes andre flygter ind i en mysticisme, hvor naturen bliver magisk og irrationel.

Skolen må derfor gennem kemi- og fysikundervisningen bidrage til, at enhver kan føle sig som et aktivt led i samfundsudviklingen.

Dette opnås imidlertid ikke ved, at

man i fysik- og kemiundervisningen blot meddeler eleverne en vis mængde detailviden. Fagenes indhold som fagenes anvendelse gennem teknisk udstyr ændres væsentligt blot i løbet af et tiår. Man må derfor renoncere på i skolen at give en dækkende beskrivelse af alle fagets grunddiscipliner og i stedet fremhæve metoder og begreber og illustrere dem ved at anvende dem på nogle repræsentative områder. Betydningen af at koncentrere undervisningen om sådanne centrale grundbegreber og grunddiscipliner er tidligere fremhævet.

Som allerede nævnt må man som et element i en sådan oplysthed have den enkeltes oplevelse af en selvstændig stillingtagen til beslutningerne vedrørende samfundsudviklingen i teknologisk forstand. Derfor bliver sådanne mål, som er omtalt i folkeskolens formålsformulering som »at opøve sin evne til selvstændig vurdering og stillingtagen«, »at udvikle sig i tillid til sig selv og til fællesskabets muligheder« her af afgørende betydning. En ensidig brug af en undervisningsform, som bygger på lektielæsning, overhøring og lejlighedsvis demonstrationsforsøg, kan næppe tjene til fremme af disse mål. Derimod vil elevernes egen anvendelse af den naturvidenskabelige arbejdsmetode kunne fremme den omtalte oplysthed.

Ved hjælp af den proces, hvor eleverne på grundlag af enkle fænomener og systemer danner hypoteser og modeller, forudsiger, hvad der vil ske i nye situationer, og efterprøver forudsigelserne, kan de endvidere opleve, hvordan ny viden skabes, og hvordan flere og flere fænomener samles i en beskrivelse eller et begreb, der er alment anvendeligt. Dette har betydning ikke alene for elevernes

eventuelle fremtidige beskæftigelse, men også som en umiddelbar tilfredsstillelse ved at skabe.

Under elevernes arbejde og diskussioner kan man fremme deres evne til problemformulering og reflektiv tænkning: »Jeg forudsagde, at det og det ville ske under forsøget, men der skete faktisk . . .«. Man kan støtte såvel elevernes selvtillid (tillid til egne iagttagelser og følgeslutninger) som deres evne til selvkritik (ikke udtale sig for sikkert på et for løst grundlag), og man kan lægge op til, at eleverne, når de møder et udsagn, spørger, hvilket grundlag dette udsagn hviler på, og om dets holdbarhed eventuelt kan efterprøves.

Et væsentligt træk ved den naturvidenskabelige metode som arbejdsform er således, at den indeholder en række sociale situationer, der er af stor betydning for elevernes holdning også til hverdagens problematik. I en fysisk problemstilling må som oftest flere svarmuligheder tages i betragtning, og problemet må mødes med åbenhed. Ideer og forslag til løsninger af problemer kan hensigtsmæssigt vurderes i fællesskab, hvor egne påstande må begrundes og andre kritisk efterprøves.

Gennem ovenstående betragtninger er der peget på bestemte sider af fysik- og kemiundervisningen, gennem hvilke man kan bidrage til, at den viden og de færdigheder, som eleverne erhverver gennem undervisningen, også kan komme dem til gode i deres deltagelse som samfundsborgere i samfundets udviklingsproces. Som endnu et mål for undervisningen i fysik og kemi kan i denne forbindelse anføres:

Undervisningen skal bidrage til, at eleverne med åbenhed og kritisk stilling-

tagen kan virke i et samfund under stadig udvikling samt få forståelse af naturvidenskabernes betydning for såvel humanistiske som teknologiske sider af samfundsudviklingen og den moderne kultur.

2.5. Problemformulering og problemløsning

Man har i stedse højere grad behov for mennesker, der er i stand til at angribe problemsituationer. Ved en problemsituation kan man i tilknytning til undervisning forstå en situation, hvor en elev – eller en gruppe af elever – er motiveret til at søge løsning på mere eller mindre klart afgrænsede spørgsmål, og hvor eleverne ikke på forhånd råder over nogen bestemt fremgangsmåde, som direkte fører til besvarelse af spørgsmålet eller spørgsmålene. Hvad der er problemsituation for én elev, behøver ikke at være det for en anden.

Det er i øvrigt væsentligt, at man i problemsituationer ofte må begynde med at søge selve problemet nærmere afgrænset. Hvad er det egentlig, man her søger efter? Hvilke delspørgsmål vil det være hensigtsmæssigt først at søge afklaret? Hvorledes kan man eventuelt tænke sig et svar formuleret? Hvilke data råder man over på forhånd? Hvilke data kan man skaffe sig ved at foretage målinger? Ved at foretage beregninger? Ved hele denne proces, som fører til skærpelse af problemet, er der tale om en problemformulering. Det må anses som et hovedmål for fysik- og kemiundervisningen at give eleverne mulighed for ofte at komme i situationer, hvor de på udpræget praktisk og konkret baggrund be-

skæftiger sig først med problemformulering og dernæst med problemløsning.

Ved arbejdet med problemer inden for fagene fysik og kemi vil elevernes »værktøj« være selve den naturvidenskabelige arbejdsmetode. Gennem eksperimenter vinder man erfaringer, og erfaringerne hjælper en til et første svar på spørgsmål i tilknytning til den betragtede situation. Videre eksperimenter tjener til videre afklaring af forventningerne, og gennem den tidligere beskrevne vekselvirken mellem eksperiment og hypotese nærmer man sig til løsningen af problemet. Såfremt eleverne gennem arbejdet med fagene opnår fortrolighed med denne arbejdsmetode, er der grund til at tro, at en sådan eksperimenterende holdning kan blive af betydning for de pågældende, også ved problemsituationer, som falder uden for fagene fysik og kemi.

I forbindelse med problemformulering–problemløsning er man ofte i en situation, hvor der sker en tilegnelse af ny viden. Imidlertid er erhvervelse af ny viden ikke alene knyttet til en eksperimenterende arbejdsform. Det er netop en afgørende side ved det enkelte menneskes erkendelse, at den kan udvides gennem meddelelse og forklaring fra andre. Baggrunden for at nyde godt af en meddelende og forklarende undervisning vil dog være, at en række grundlæggende begreber står til rådighed. Som et resultat af ovenstående overvejelser må endnu et mål for undervisningen i fysik og kemi formuleres:

Den enkelte elev må tillige inspireres til såvel på egen hånd som i samarbejde med andre at skaffe sig ny viden og få anledning til at erkende, formulere og løse praktiske problemer.

2.6. Samlet formulering af formålet for undervisningen i fysik og kemi

I det foregående er der fremdraget flere mål for undervisningen i fagene fysik og kemi. For oversigtens skyld gives nedenfor en samlet formulering af fagenes formål. Det må dog fremhæves, at man kun får en nærmere indsigt i, hvad denne formulering dækker over ved at overveje de synspunkter, der førte frem til den.

Formålet med undervisningen er, at eleverne tilegner sig repræsentative fysiske og kemiske begreber og indsigt i udvalgte områder inden for fagene samt får forståelse af disses betydning ved beskrivelsen af vort univers.

Tillige skal undervisningen sigte mod, at eleverne opnår fortrolighed med, hvordan fagenes begrebssystemer skabes, efterprøves og udvikles gennem en vekselvirkning mellem teori og eksperiment. Undervisningen skal herved medvirke til, at eleverne erhverver sig indblik i den naturvidenskabelige arbejdsmetode og inspireres til såvel på egen hånd som i samarbejde at skaffe sig ny viden og at erkende, formulere og løse praktiske problemer.

Undervisningen skal endvidere bidrage til, at eleverne får forståelse af naturvidenskabernes betydning for såvel humanistiske som teknologiske sider af samfundsudviklingen og den moderne kultur, og at de med åbenhed og kritisk stillingtagen kan virke i et samfund under stadig udvikling.

3.1. Mål vedrørende fagenes natur og rolle

Gennem den faglige forskning er de fysisk-kemiske videnskaber nået til en række resultater af betydning for vor erkendelse af omverdenen og for vore videre overvejelser vedrørende denne. Nogle af disse resultater betragtes af et flertal af fagenes udøvere på det videnskabelige niveau som særligt fundamentale erkendelser. Ved at anføre en række af sådanne fundamentale resultater karakteriserer man fagenes natur og rolle:

1) Ved beskrivelsen af fysiske og kemiske fænomener anvender man en beskrivelsesform, hvorefter hændelserne indtræffer på grund af vekselvirkninger og på en lovbunden måde. Man er herved i stand til for eksempel at forudsige sol- og måneformørkelsers forekomst med stor præcision.

I dette århundrede har det vist sig nødvendigt, ved beskrivelsen af atomare fænomener, at lade »lovbundetheden« være af statistisk art (eksempel: radioaktivt henfald). Man siger, at den klassiske fysiks determinisme (lovbundethed) er blevet afløst af en statistisk determinisme.

2) Det har været muligt at definere et begreb, energi, med tilhørende måleforskrift og at beskrive fænomener ud fra en antagelse om, at energi ikke kan opstå eller forsvinde, men kun ændre fremtrædelsesform. Dette kaldes energibevarelsessætningen.

På tilsvarende måde siges der at gælde bevarelsessætninger for impuls, for elektrisk ladning og for visse arter atomkernepartikler.

3) Endvidere er det i det valgte beskrivelsessystem sådan, at vekselvirkninger i visse tilfælde ledsages af energioverførelse, i andre ikke.

4) Det har vist sig muligt at reducere det meget store antal vekselvirkninger, hvis resultater vi iagttager i omgivelserne, til kun 4 arter: gravitationelle vekselvirkninger (tyngdekraft), elektromagnetiske vekselvirkninger, stærke vekselvirkninger og svage vekselvirkninger.

De stærke og de svage vekselvirkninger har kun betydning, når atomare partikler er meget tæt ved hinanden. De stærke vekselvirkninger bruges som forklaring på, at protoner og neutroner holdes sammen i atomkerner, de svage vekselvirkninger som forklaring på, at en

neutron kan omdannes til en proton plus to andre partikler (betahenfald).

Næsten alle ændringer, vi iagttager omkring os, kan forklares ved elektromagnetiske vekselvirkninger, for eksempel kemiske reaktioner, gnidning, lysudsendelse, varmetransport.

5) Inertiens lov: En ændring af sted i form af en bevægelse med konstant hastighed opfattes ikke som tegn på vekselvirkning.

6) Det har vist sig muligt at beskrive stoffet som opbygget af smådele – atomer og molekyler. Disse bevægelse og vekselvirkninger afgør stoffets tilstandsform. Grundstofbegrebet, grundstofferne konstante masseforhold i rene stoffer samt massens konstans ved kemiske reaktioner er indeholdt heri eller kan opfattes som en konsekvens heraf.

7) I følge det beskrivelsessystem, som kaldes relativitetsteorien, er samtidighed og længde relative, hvilket medfører, at energi og masse sammenknyttes, og at der findes en maksimal fart for stof og signaler (nemlig lysets fart).

8) Et beskrivelsessystem, der kun delvis er i overensstemmelse med relativitetsteorien, er kvantemekanikken, der især benyttes i beskrivelsen af atomare fænomener. Efter denne må det samme system beskrives ved en bølgemodel eller en partikelmodel alt efter de fænomener, man er interesseret i, ligesom visse fysiske størrelser under nogle omstændigheder kun kan antage bestemte (såkaldte diskrete) værdier. Størrelserne siges at være kvantiserede.

9) Endelig er det en meget vigtig fysisk-kemisk erkendelse, at hvis et system frivilligt gennemløber en proces fra én til-

stand til en anden, er det ikke muligt at bringe systemet tilbage i den oprindelige tilstand, uden at der sker uoprettelige ændringer i omgivelserne. Verden kan aldrig som helhed bringes tilbage i den tilstand, den havde inden processens start.

10) Fysik og kemi har som basisfag defineret sig gennem en række af de fundamentale erkendelser, der ovenfor er opregnet. Det er imidlertid i en vurdering af fagenes rolle nødvendigt at stille spørgsmål om, hvorledes fagene eller dele heraf har bidraget til begreber og teoridannelser i andre fag. I denne sammenhæng bør det understreges, at begreber, teorier og arbejdsmetoder fra kemien har fået større og større betydning i de biologiske fag. Som eksempel herpå kunne nævnes

- at man i disse år nærmer sig en forståelse på molekylær-biologisk grundlag (d.v.s. kemiske grundlag) af »den genetiske kode«, som rummer de grundlæggende arvelighedsprincipper.
- at man erkender den biologisk-kemiske årsag til mange sygdomme, hvorved der er skabt mulighed for iværksættelse af bekæmpelsesforanstaltninger (heri indbefattet konstruktion og anvendelse af lægemidler)
- at man på kemisk grundlag har fået dybtgående indsigt i spørgsmål vedrørende levnedsmidler og ernæring.
- at man er i stand til at erkende forureningen, dens årsager og nogle af dens virkninger, samt at man besidder et potentiel af viden, der i princippet gør det muligt at løse mange eksisterende problemer og undgå mange nye.

Man lægger mærke til, at ord som »beskrivelsesform«, »beskrive« og »beskrivelsessystem« er brugt flere gange ovenfor. Endvidere ser man, at de anførte udsagn handler om menneskeskabte beskrivelser, og at de er tidsbundne, idet de er knyttet til den i øjeblikket disponible mængde af forsøg og af menneskelig skaberevne.

Man må også fremhæve, at fagenes beskrivelse af den materielle verden stadig er blevet ændret og formentlig fortsat vil blive ændret, også hvad angår grundlæggende træk.

Med disse forbehold kan der dog stadig tales om særligt fundamentale erkendelser, der er opnået inden for fagene eller i fagenes grænseområde, og ovenstående liste kan således tjene som støtte ved valget af pensum for undervisningen i fysik og kemi.

Det skal dog udtrykkeligt fremhæves, at man ikke med ovenstående opremning har afgjort valget af emner, idet indblik i væsentlige erkendelser som de omtalte kan opnås ud fra flere forskellige emnevalg. Der er heller ikke taget stilling til, i hvilket omfang og på hvilken måde elementer af det ved listen fremdragne kan berøres inden for den tid, der er til rådighed.

På trods af denne åbenhed må det imidlertid fremhæves, at det må anses for at være et mål for undervisningen at give eleverne mulighed for indblik i, hvilke arter af erkendelser der i dag må anses for særlig væsentlige. Her kan listen i kraft af sin eksemplificerende karakter være til nytte. Endvidere kan det allerede nu i lys af ovenstående siges, at det må anses for et mål for undervisningen, at eleven:

stifter bekendtskab med en eller flere bevarelsessætninger og helt enkle kvantefænomener, får mulighed for at erkende, at den klassiske kemi og fysik er deterministisk, hvorved forstås, at hændelser foregår på en lovbunden måde, som i princippet kan beregnes, får kendskab til helt enkle resultater fra relativitetsteorien, for eksempel at partikler ikke kan bevæge sig med større fart end lyset, og at energi og masse er sammenknyttede.

I det følgende skal der nu yderligere peges på nogle få særligt vigtige, almene mål vedrørende fagenes natur og rolle.

Det vil være et vigtigt alment mål for undervisningen at give den enkelte elev mulighed for at erkende fagenes uafsluttede karakter.

Naturvidenskaben er ikke et afsluttet bygningsværk, men heller ikke en bygning, hvor der blot hele tiden føjes til. De nye data, der indsamles, og de nye spørgsmål, der rejses, kan give anledning til, at dele af bygningen rekonstrueres, således at forstå, at selv omfattende teorier og beskrivelsesmåder forlades til fordel for andre.

Mange teorier er i tidens løb fremsat om, hvorledes atomer og molekyler holdes sammen i stof. I dag mener man i kvantemekanikken at have et redskab til beskrivelse heraf – omend dette redskab endnu ikke er udviklet til alle de formål, man kunne ønske. Kemien anvender derfor stadig sideløbende mange forskellige beskrivelsesformer, og der udvikles stadig nye, et forhold, der illustrerer fagets uafsluttede karakter.

Af en undervisning, der skal give eleverne mulighed for at erkende fagenes

uafsluttede karakter, må det derfor fremgå, at de ideer, tankegange og begreber, man i dag benytter, ikke repræsenterer nogen absolut sandhed, men blot det bedste, man for tiden har rådighed over. De kan virke godt en tid lang, hvorefter de på grundlag af nye observationer eller overvejelser bliver ændret eller måske forladt. Svarende hertil bør man nok undgå at give undervisningen en alt for afrundet form. Det bør være tydeligt, at man ikke i undervisningen har færdigbehandlet de udvalgte emner, men åbnet for dem, og at de behandlede områder netop er valgt, og at de er eksempler.

Et andet alment mål for undervisningen i fagene vil være at give eleven mulighed for at opleve sammenhængen mellem de enkelte grene af henholdsvis fysikken og kemien, opleve hvert fags enhed samt at opleve de to fags intime samspil. Tæt knyttet hertil er det ønskelige i at give eleverne overordnede begreber og illustrere brede sammenhænge, således at de får en viden, der er anvendelig i mange forbindelser, og hvori ny viden let kan indpasses.

Mål for undervisningen i forbindelse med »fagenes natur« vil endvidere være at give eleven mulighed for at erkende forskellen mellem beskrivelse af iagttagelser og beskrivelse, hvori der indgår ikke-iagttagne ting (skelne mellem beskrive- og forklare-aspekter), at give eleven mulighed for at opleve, hvorledes man i fagene bruger modeller dels til at holde sammen på sine erfaringer, dels til forudsigelser, samt at give eleven indtryk af, hvorledes man bruger generalisation og deduktion ved udvikling af fagenes teorier.

En kommentar vedrørende disse mål anføres her. Udgangspunktet tages i et

eksempel fra fysikken, og overvejelserne inddrager yderligere begrebet »black box«.

En dværglampe forbindes med et batteri. En beskrivelse, hvori kun indgår direkte iagttagelser, får man, når man siger: Den lyser. En beskrivelse, hvori også ikke-iagttagne ting indgår, fås, hvis man siger: Der går en elektrisk strøm fra batteriet gennem dværglampen og retur. Vi har her i forklaringsfasen betjent os af en model »der går en elektrisk strøm«. Vi sammenligner altså det, der sker, med noget strømmende. Det er en mere detaljeret model, når vi siger, at der går en elektrisk strøm fra plus til minus. Undertiden vil vi i stedet sige, at der går en elektronstrøm fra minus til plus, eller at der går to strømme af modsat ladede partikler hver sin vej. Disse modeller kan forfines, for eksempel ved at man prøver at give en mere detaljeret beskrivelse af, hvordan elektroner bevæger sig i en ledning. Denne forfinelse kan fortsættes så langt, som den øjeblikkelige viden rækker, uden at vi derfor når til en endelig model. Ofte vil vi bruge den enkleste model: Der går en elektrisk strøm.

Det bør af undervisningen i fysik fremgå, at vi selv vælger vore modeller, endvidere at vi har lov »at vælge om«, og at væsentlige ændringer i fysikkens verdensbillede er sket ved, at man har forladt én model og valgt at bruge en anden i sin beskrivelse, for eksempel fordi den første var i modstrid med udfaldet af nye eksperimenter.

Imidlertid er det langt fra altid, at man forlader en model, selv om den i visse situationer er i modstrid med iagttagelser. Man præciserer i stedet blot, at modellen kun er anvendelig i visse sammen-

hænge og ikke i andre. Modellen har altså et begrænset gyldighedsområde. For eksempel er det en god og nyttig model at beskrive en stangmagnet ved, at den har en nordpol i den ene ende og en sydpol i den anden. Brækker man den over, får man imidlertid ikke et stykke med sydpol og et stykke med nordpol, men derimod to magneter med hver både nordpol og sydpol, alligevel er 2-pol modellen for stangmagneten en god model i mange sammenhænge.

Det vil være rimeligt, om det af undervisningen fremgår, at et fænomen kan beskrives ved hjælp af flere modeller, der hver især fremhæver bestemte træk ved det betragtede fænomen.

Der er ikke i dansk fysikundervisningstradition stærke kriterier for, hvornår man holder sig til den rene beskrivelse (metaller udvider sig ved opvarming), hvornår man benytter enkle modeller (der findes noget, der hedder magnetpoler, og to ens poler frastøder hinanden), og hvornår man forlanger mere komplicerede, »dybere«, forklaringer for at føle sig tilfreds.

Under diskussionen af fysiske data kan man med fordel anvende matematiske udtryk til beskrivelse af iagttagne sammenhænge. Hver gang man på grundlag af forsøgsdata opstiller en sådan veldefineret matematisk relation, udbygger man i virkeligheden den fysiske model, ved hjælp af hvilken man søger at få indsigt i det iagttagne fysiske fænomen. Man forlanger, at den opstillede matematiske relation skal holde for den fysiske model, og kan fremover anvende den opstillede relation til at forudberegne, hvilket udfald nye eksperimenter vil få i henhold til den udbyggede model. Den fysiske model kan udbygges så

stærkt ved hjælp af veldefinerede matematiske relationer, at man til sidst ikke længere behøver de anskuelige fremstillinger, ved hjælp af hvilke man startede opbygningen af modellen, idet de matematiske udtryk, man har opstillet, kan anvendes til at forudberegne resultatet af nye forsøg i enhver veldefineret fysisk situation. I sådanne tilfælde taler man undertiden om, at man beskriver naturen ved hjælp af en matematisk model.

Da Maxwell i det 19. århundrede opstillede en teori for elektromagnetiske bølgers udbredelse, gik han ud fra en anskuelig fysisk model, der byggede på forestillingen om eksistensen af et usynligt medium, som han kaldte æteren, og som han tillagde bestemte elastiske egenskaber. På baggrund af den fysiske model opstillede han en matematisk model, som bygger på 4 grundlæggende ligninger. Senere viste det sig, at Maxwells æterforestilling ikke kunne stå for en nærmere efterprøvning, men den matematiske model blev ikke anfægtet heraf. Den gav stadig resultater i fuld overensstemmelse med erfaringerne.

Vi har her et eksempel på, hvorledes naturbeskrivelsen med fordel kan baseres på en matematisk model. Nu kan man naturligvis i en sådan situation forsøge at opbygge en ny anskuelig fysisk model, som stemmer overens med den frugtbare matematiske model, og det er i nogen grad netop det, man gør ved behandlingen af elektromagnetiske fænomeners udbredelse, idet man har søgt at beskrive disse ved hjælp af begreber som vandrede elektromagnetiske felter.

Ved udforskningen af lysets egenskaber har man oplevet den situation, at man ikke har kunnet sammenfatte den indhøstede viden om lys i én fysisk mo-

del, som stemte overens med de klassiske forestillinger om henholdsvis partikler eller bølger; men man har kunnet opstille en matematisk model, som har indbygget såvel partikel- som bølgeaspekter i de grundlæggende ligninger.

I skolens fysikundervisning vil man naturligt i den indledende undervisning gøre brug af anskuelige fysiske modeller, som gradvis præciseres mere og mere ved opstilling af matematiske relationer. Eksempelvis kan kvalitative forestillinger om, at luft er opbygget af molekyler i hurtig bevægelse, udgøre den første begyndelse til opstilling af en detaljeret model for ikke blot luftarter, men også for væsker og faste stoffer.

Så længe man holder sig til en kvalitativ beskrivelse, er det som oftest let at få iagttagelserne til at stemme overens med den opstillede models forudsigelser. Som eksempel kan nævnes beskrivelsen af mange fysiske fænomener ved hjælp af en grov molekylemodel. Dette medfører imidlertid, at eleverne tit får det indtryk, at man altid kan finde en simpel model, som gør rede for alle iagttagelser. Det vil derfor være et ønskeligt mål for undervisningen på de højere klassetrin, om eleverne kunne føres så vidt, at de erkender, at der findes fysiske fænomener, som ikke uden videre lader sig beskrive på denne måde. Et godt eksempel, som kunne anvendes til dette formål, udgør studiet af lysets natur, der kan tilrettelægges, så eleverne får et indtryk af, at hverken en partikelmodel for lys eller en bølgemodel for lys hver for sig giver en udtømmende beskrivelse.

En vigtig funktion for en model er at holde sammen på vore iagttagelser, men en nok endnu vigtigere funktion er, at modellen kan bruges til at forudsige

med. Der kan her være tale om umiddelbare og nære forudsigelser som for eksempel: »Denne sten falder til jorden, når jeg giver slip, det har alle de andre sten gjort«, men der kan også være tale om en lang slutningskæde fra overordnede og almene principper og love ned til den konkrete forudsigelse.

Det kan være en stor tilfredsstillelse at tilegne sig systematiseret viden på denne form og at prøve at udlede, at et bestemt fysisk sagforhold må forholde sig sådan, idet man tror på de grundlæggende antagelser. Brugen af sådanne deduktioner bliver imidlertid først meningsfyldte i faglig forstand, når man har et rimeligt indblik i fysikkens arbejdsmetode og er klar over, at forudsigelsernes gyldighed afhænger af de grundlæggende antagelsers sandhed henholdsvis begrænsninger.

I forbindelse med »fysikkens natur« skal endelig nævnes, at man i fysikken ofte benytter sig af funktionsbeskrivelser, når man står over for noget (genstande, apparater), som man ikke kan eller ikke ønsker at skille ad. I stedet for undersøger man, hvorledes den pågældende ting reagerer over for ydre påvirkninger, og opnår på denne måde en viden om og fortrolighed med tingen. Tingen kan for eksempel være en kobbertråd – vi lukker den ikke op for at se, hvad der »i grunden« sker i den, når den indskydes i et elektrisk kredsløb. »Tingen« kan også være en elektronisk komponent eller et viserinstrument. Betragtet på denne måde omtales »tingen« som en »black box«.

Funktionsbeskrivelser – dette at vide, hvordan noget reagerer, når man gør sådan og sådan – kan være særdeles nyttige, og det må anses for at være et mål for undervisningen at give eleverne mu-

mulighed for at erkende nytten af funktionsbeskrivelser.

I undervisningen bruges »black boxes« ofte som et pædagogisk hjælpemiddel ved opbygning af fysiske begreber. For eksempel er det meget almindeligt at opbygge forestillinger om den elektriske strøms styrke ud fra iagttagelser af, hvor stærkt en elektrisk pære lyser, senere påvises, at et amperemeter, som indskydes i serie med pæren, giver desto større udslag, jo kraftigere pæren lyser. Denne funktion af amperemeteret, der altså her anvendes som black box, anvendes nu videre til definition af begrebet strømstyrke, idet man simpelthen lader amperemeterets udslag være et mål for strømstyrken.

En sådan indføring af begrebet strømstyrke giver naturligvis ikke eleverne nogen dybtgående forståelse af de lov-mæssigheder, der ligger til grund for dette begreb. Hvis man i en senere uddybende behandling af elektricitetslæren ønsker at bibringe eleverne en dyberegående forståelse af begrebet strømstyrke, er det nu vigtigt, at man gør rede for, at »black box«-definitionen stemmer overens med den mere grundlæggende definition på strømstyrke. Dette medfører almindeligvis, at man må gå ind på de fysiske principper, der ligger til grund for amperemeterets konstruktion.

3.2. Mål vedrørende elevernes arbejdsformer, viden og færdigheder

Arbejdet med fagene giver eleverne anledning til at benytte bestemte arbejdsformer. Disse arbejdsformer kan være

midler, hvormed eleven senere hen i sin tilværelse har mulighed for at erhverve sig yderligere viden på områder, hvor faget direkte eller indirekte spiller ind. I kraft heraf er det et mål for fysik- og kemiundervisningen, at eleverne erhverver sig bestemte arbejdsformer.

Det må i denne forbindelse anses for at være et hovedmål, at den enkelte elev kommer til at indtage en eksperimenterende holdning ved indlevelsen i faglige områder, som er nye for ham.

Et fagsprog opbygges under brug af dagligsproget. Fagsproget er blandt andet karakteristisk ved dets brug af en særlig terminologi og særlige symboler. Dette fagsprog kan opbygges – og udnyttes – med forskellige krav til skarp-hed og præcision. Centralt er det dog, at fagsproget i sin hele karakter er mere forenklet og derved skarpere end dagligsproget, samt at brugen af det nuancerede dagligsprog er uundværlig ved opbygningen og udnyttelsen af fagsprogene. Kendskab til disse kan tjene til forberedelse til senere selvstændig viden og indsigt. Det er derfor et mål, at eleverne kan kommunikere i og om faget. Et andet mål for fysik- og kemiundervisningen er at inspirere den enkelte elev til – og give ham baggrund for – at søge ny viden.

En sådan søgen vil normalt ske på grundlag af læsning, lytning og ved samtaler og diskussioner. Undervisningen må derfor give den faglige baggrund herfor.

Undervisningen må også give eleverne mulighed for at opnå færdighed i at:

formulere et problem, for eksempel på grundlag af en iagttagen hændelse,

opstille og præcisere hypoteser, det vil

sige forslag til løsninger eller forklaringer,

foreslå forsøg til afprøvning af opstillede hypoteser,

gennemføre forsøg og optage data,

ordne og præsentere data på hensigtsmæssig form,

tolke og kritisere data,

foreslå kontrolforsøg til afprøvning af hypoteser, der er fremkommet på grundlag af data fra tidligere forsøg.

4 Hovedområder for undervisningen

4.1. Fra almene fagmål til mål vedrørende indholdet

I de foregående afsnit 2 og 3 er en lang række almene mål anført for fagene fysik og kemi.

Spørgsmålet om, hvilket fagligt indhold undervisningen skal have, har hidtil kun været berørt perifert, idet selve emnevalget spiller en anden rolle end tidligere. Ved kommentarerne vedrørende naturvidenskabelig oplysthed blev det dog fremhævet, at kendskab til bestemte emner kunne være af afgørende betydning, eksempelvis i tilknytning til færemomenterne i det daglige liv i tilknytning til udnyttelsesmulighederne af dagligdagens tekniske hjælpemidler.

I afsnittene 4.3 og 4.4 er de faglige hovedområder for henholdsvis fysikundervisningen og kemiundervisningen angivet. Overvejelserne, som har ført til udskillelsen af disse stofområder, har taget deres udgangspunkt i følgende spørgsmål:

Hvilken viden og hvilke færdigheder er centrale og karakteristiske for fagene fysik og kemi?

Hvorned kan fagene bidrage til at dække den enkelte elevs behov såvel i

den individuelle tilværelse som under samværet med andre?

4.2. Om samspil mellem fagene fysik og kemi og mellem deres discipliner

Det er tidligere blevet påpeget, at det vil være et overordnet mål for undervisningen i fagene at give eleven mulighed for at se sammenhængen mellem de enkelte grene af henholdsvis fysikken og kemien (opleve hvert fags enhed) samt fornemme de to fags samspil.

Da nu undervisningen i fagene i bogstavelig talt alle tilfælde vil foregå ved samme lærer i samme klasse, må det på forhånd anses for at være en ret lettilgængelig opgave at vise fagenes samspil. Hertil kommer imidlertid, at man også bør lade eleverne opleve netop fagenes egenart. I tilknytning til menneskets erkendelse af omverdenen er der gennem historien blevet udskilt særlige områder for denne erkendelse. I denne forbindelse har fysikken og kemien hver for sig tegnet sig som afgørende basisfag af betydning for menneskets opfattelse af omverdenen og for vore tanker om denne.

Hvert af fagene har udviklet sit særlige begrebsapparat, sin særlige terminologi og sine særlige teorier.

Ved fysikundervisningen vil det ofte være nødvendigt at arbejde med begreber fra kemien, uden at man har behov for at benytte den dybde eller bredde, som ville være ønskelig eller hensigtsmæssig i en kemiundervisning. Læreren har i sådanne tilfælde mulighed for under arbejdet med den del af undervisningen, som primært sigter på fysikken, at tilrettelægge arbejdet med de kemiske begreber på en sådan måde, at disse, dels integreres naturligt i fysikundervisningen, dels direkte udnytter eller forbereder en særskilt del af undervisningen, hvor kemien præsenterer sig – begrunder sig – som et særskilt fag.

Til fremme af denne præcisering af kemien som et selvstændigt fag tjener placeringen af en egentlig kemiundervisning på 8. klassetrin, således som det bliver beskrevet nærmere i afsnit 6.4.

F 4.3. Hovedområder for fysikundervisningen

Ved de nedenfor anførte hovedområder for fysikundervisningen har en række synspunkter og overvejelser gjort sig gældende. Områderne skal være af en sådan beskaffenhed, at undervisningen i dem kan muliggøre en opfyldelse af de mange mål, hæftet har beskrevet:

Hovedområderne skal vise fagets natur, så man både kan behandle karakteristiske emner og samtidig få fagets enhed belyst.

Endvidere skal hovedområderne vælges, så den basisviden og den terminologi, eleverne erhverver, er hensigtsmæssig for den enkelte.

Hovedområderne skal være velegnede til såvel en eksperimentel som en teoretisk behandling på en sådan måde, at stoffet forekommer eleverne relevant.

Ud fra disse betragtninger vælges følgende hovedområder:

Elektricitet og magnetisme	} Elementær behandling af energi
Stofopbygning og stofegenskaber	
Bevægelse	
Atom- og kernefysik	
Svingninger og bølger	

Ved behandlingen af disse hovedområder skal der, hvor det er muligt, ske *en elementær behandling af energi*, så der gives eleverne mulighed for at opleve sammenhængen i faget.

Hovedområderne er valgt meget omfattende ud fra den betragtning, at det ved en mere detaljeret udvælgelse af emner skal være nemmere at kunne tilgode-se de ovenfor anførte synspunkter.

K 4.3. Hovedområder for kemiundervisningen

Når man søger at finde frem til, hvad der bør være hovedområder for faget kemi i skolen, vil det være hensigtsmæssigt at gøre sig klart, hvilke områder der dækkes af videnskabsfaget kemi, med andre ord: Hvad kan faget kemi byde på, og hvilket af dette hører hjemme i en begynderundervisning i skolen?

Opfattelsen af, hvad kemi er, har ændret sig gennem tiderne, og det har betydet, at afgrænsningen til det beslægtede fag fysik er blevet justeret. Da kemien skilte sig ud fra de øvrige naturvidenskaber, var dens centrale emne de kemiske reaktioner, altså stoffernes om-

omdannelser til andre stoffer. Man førtes herfra til at interessere sig for opbygning af stofferne, fordi man heri kunne finde forklaringen på deres reaktionsmuligheder, det vil sige deres kemiske egenskaber.

Det bliver nu centralt at spørge: Hvad er det for partikler, der optræder som grundelementer, og hvad er det for en struktur, de indgår i? Hvis dette kan beskrives tilstrækkelig detaljeret, vil man heraf kunne slutte, hvilke fysiske og kemiske egenskaber stoffet har. Hvis man ved nøjagtigt, hvilke bølgelængder lys et stof absorberer, kan man sige, hvilken farve stoffet opleves med. Hvis man ved, at et stof er således opbygget, at det kan afgive protoner, siger man, at stoffet er en syre. Der ligger imidlertid en vanskelighed i, at partiklerne og strukturen ikke kan erkendes direkte med sanserne. De partikler, der opereres med, kan man ikke se, end ikke i det bedste mikroskop, og man har derfor måttet skabe sig partikkelmodeller. I det videre arbejde må man se, hvor godt disse modeller fungerer, og om nødvendigt lave om på dem. Daltons modeller var atomer og molekyler. Senere blev man tvunget til også at regne med eksistensen af ladede partikler, ioner. Atomteoriens opfattelse af atomer som bestående af kerne og elektroner har været en stor hjælp for kemien i udviklingen af teorier om den kemiske bindings natur. Der er heraf udviklet forskellige opfattelser, som dog har mange fælles træk. I alle tilfælde arbejdes der med modeller, og

om disse og teorien er rimelige, må afgøres gennem forsøgsresultater, altså gennem undersøgelser af stoffernes fysiske og kemiske egenskaber.

I faget kemi hører teori og eksperiment således nøje sammen, og det er for enhver kemiundervisning et problem af afgørende betydning, hvorledes samspillet mellem disse to skal være. De formulerede overordnede fagmål vedrørende fagets natur og rolle opfyldes fortrinsvis ved at beskæftige sig med fagets teorier, og herved kan tillige erhverves en vis mængde indlært viden. De fagmål, der vedrører elevernes arbejdsformer og elevernes viden og færdigheder, opfyldes fortrinsvis gennem eksperimentelt arbejde.

Ved valget af hovedområder for kemiundervisningen er der en række hensyn at tage. Hovedområderne skal repræsentere noget alment inden for faget kemi. De skal kunne behandles såvel teoretisk som eksperimentelt i undervisningen, og de skal i rimelig grad kunne medvirke til opfyldelsen af de formulerede hovedmål og de overordnede fagmål. Når alle disse hensyn skal tages, og der samtidig må tænkes på den korte tid, der er til rådighed, er det klart, at der ikke kan vælges nogle fagligt mere specielle områder, som for eksempel syrer og baser, metaller eller lignende, men at hovedområderne må være helt almene, for eksempel formuleret således:

Stoffernes opbygning og egenskaber.

Stoffernes omdannelse til andre stoffer.

5.1. Om indlæring og undervisning

5.1.1. Om begrebsudvikling

Begrebsdannelse og -tilegnelse tager ofte sit udgangspunkt i en række oplevelsessituationer. Disse oplevelsessituationer kan enten være elevforsøg eller demonstrationsforsøg eller kan være situationer og hændelser i dagligdagen, man genkalder. På grundlag af disse situationer sker en afgrænsning af begrebet. Afgrænsningen sker ved, at eleven bliver opmærksom på – eller bliver gjort opmærksom på – de fælles træk i situationerne, der kendetegner begrebet. Samtidig vil det ofte være hensigtsmæssigt at gøre opmærksom på situationer eller træk ved situationer, der ikke kendetegner begrebet.

På denne måde skabes der i eleven en eller anden repræsentation af begrebet.

Det må her understreges, at denne indledende fase i begrebsudviklingen ikke alene har betydning for indlæringen af begrebet. Den understreger også at fysikkens begrebsdannelse tager sit udgangspunkt i iagttagelse af naturen. Først når der er sket en rimelig afgrænsning af begrebet, vil en nøjere de-

inition være på sin plads. Idet begrebet er repræsenteret i eleven, vil eleven kunne forbinde navn og definition med noget, der for ham er meningsfyldt.

Ved at eleven får lejlighed til at benytte begrebet i en lang række situationer, bliver han i højere og højere grad i stand til at genkende begrebet selv i komplicerede sammenhænge.

Elevens begreber bruges mere og mere generelt, og kriterierne for, i hvilke situationer begreberne kan benyttes, bliver skarpere. – Selve den formelle definition af begrebet vil ikke være tilstrækkelig til, at eleven kan benytte begrebet i situationer, der afviger fra de situationer, der benyttedes ved præsentationen. En begrebsdefinition eller en relation mellem begreber vil derimod være en hjælp for mange elever til at præcisere kriterierne for, i hvilke situationer begrebet kan anvendes.

Eksempel: Newtons 2. lov siger, at kraft er lig masse gange acceleration.

I en situation, hvor et legeme accelereres, vil eleven således kunne slutte, at det må være påvirket af en kraft.

I fysikundervisningen benytter man sig

af definitioner på flere niveauer. Dette er ofte hensigtsmæssigt af hensyn til begrebets anvendelse i den videre undervisning. Sådanne definitioner vælges efter såvel faglige som pædagogiske overvejelser, hvor der tages hensyn til børnenes forudsætninger. De indeholder i regelen en direkte måleforskrift, som så kan benyttes, når begrebet anvendes i eksperimenter, hvor der skal foretages målinger.

Eksempel: Kraft defineres ud fra strækningen af en fjeder. Eller: Spændingsforskel defineret som et udslag på et måleinstrument.

Disse definitioner er blevet kaldt operationelle definitioner. De faglige grunddefinitioner vil i den elementære undervisning ofte være for vanskeligt tilgængelige for eleverne, der ikke har fagmandens overblik og begrebsmasse.

Det er vigtigt, at læreren sikrer sig, at disse definitioner er fagligt forsvarlige.

Der har i det foregående flere gange været henvist til et begrebs anvendelse i situationer, der er nye for eleven. For at en sådan overførsel er mulig, må elevens repræsentation af begrebet være af en generel karakter, det vil sige til en vis grad abstraheret fra enkeltsituationer. En sådan repræsentation har ikke blot betydning for, at eleven kan genkende begrebet i en given situation, men også for udviklingen af nye begreber og begrebssammenhænge. En vis grad af generalitet er med andre ord en forudsætning for, at de fysiske begreber kommer til at danne en sammenhængende struktur, en helhed, for eleven.

Eksempel: Kraftbegrebet må for eleven være af en vis generel karakter for at kunne indgå i definitionen af begrebet mekanisk arbejde.

Som allerede nævnt er en definition af et begreb ikke tilstrækkelig til at sikre en sådan generel repræsentation i eleven. Det er den enkelte elevs oplevelse i situationer, hvor begrebets karakteristiske træk er til stede, der er afgørende. Det er derfor vigtigt at give eleverne lejlighed til at opleve så mange relevante situationer som muligt. Udgangspunktet bør som regel tages i konkrete situationer, elevforsøg, demonstrationsforsøg, diskussioner af hændelser fra dagligdagen og lignende. Når en vis afgrænsning på denne måde er nået, vil man senere kunne udføre mere systematiske undersøgelser, foretage målinger, regne opgaver og så videre.

Endelig må begrebet benyttes i den senere undervisning ved, at man udnytter alle situationer, hvor det kan anvendes. Ligeledes er det væsentligt at pege på begrebets sammenhæng med andre begreber.

Begrebsindlæring er ikke en afsluttet proces. Enhver elev vil have sin egen repræsentation af begrebet, og hver ny erfaring vil føje et nyt aspekt til hans begrebsopfattelse. Således bliver den enkelte elevs begreber og begrebssammenhænge mere og mere generelle og dermed mere og mere anvendelige.

5.1.2. Om stoffets organisering

Stoffets organisering, det vil sige den rækkefølge, i hvilken læreren vælger at undervise i de forskellige emner, må tage hensyn til de i afsnit 5.1.1. nævnte betragtninger over begrebsindlæring. Den måde, undervisningen i et emne gennemføres på, får betydning for den opfattelse, eleverne får af fysikken.

De senere års faglig-pædagogiske forskning har vist, at elever selv på 9.-10. klassetrin i langt mindre grad, end man i den traditionelle undervisning forventer, er i stand til at gennemføre formelle ræsonnementer. De er ikke i stand til at anvende begreberne i konkrete opgaver og situationer, hvor der til opgavens løsning kræves en mere generel repræsentation af begrebet. Dette er også mange fysiklæreres erfaring. Derimod har det altid været lettere for eleverne at fremsætte begrebsdefinitionerne på verbal form, det vil sige lære dem udenad.

Udgangspunktet for organisering af stoffet må være, at læreren vælger situationer, der sætter eleven i stand til at afgrænse begrebet. I og med denne afgrænsning kan begrebet navngives og benyttes i andre sammenhænge og i forbindelse med andre emner. Dermed er behandlingen af det første emne ikke udtømt, men man går så langt, som elevernes forudsætninger rækker til. Senere i skoleforløbet kan man så vende tilbage til emnet. Man genkalder karakteristiske træk ved begrebet og giver det måske en definition, som er nødvendig for den følgende undervisning. Der kan nu gennemføres mere systematiske eksperimenter – ved hjælp af operationelle definitioner – og løses opgaver. En sådan spiral eller koncentrisk organisering af stoffet tilgodeser børnenes udvikling, idet de mere formelle ræsonnementer, anvendelse af definitioner og lignende først kan gennemføres på folkeskolens sidste trin.

Det må særligt understreges, at fysikken ikke skal betragtes som et eksklusivt fag, der intet har med andre fagområder at gøre. Tværtimod bør man understrege fagets almene karakter netop ved at drage mange dagligdags situationer – også

fra andre fagområder – ind i undervisningen.

5.1.3. Om undervisningsforløb

Det har i det foregående afsnit været omtalt, hvordan undervisningsstoffet kan organiseres hen gennem skoleforløbet (altså en tilrettelæggelse på længere sigt). Der er redegjort for, at man bør tage hensyn til børnenes forudsætninger og til begrebsudvikling i almindelighed. Her skal der nu ses på nogle faktorer med betydning for tilrettelæggelsen af den daglige undervisning.

Læreren har en lang række muligheder for gennem den daglige undervisning at skabe oplevelsessituationer som grundlag for begrebsindlæringen og at give eleverne mulighed for at udvikle *færdigheder* i faget. Udførelsen af konkrete forsøg er i høj grad medvirkende til at levendegøre stoffet og danne grundlag for beskæftigelse med fagets teoretiske sider gennem diskussioner, læsning af litteratur og løsning af opgaver. Også her er det vigtigt at erindre, at især på 7.-8. klassetrin vil begrebsudviklingen og udviklingen af færdigheder i høj grad være knyttet til elev- og demonstrationsforsøg. Derfor vil det være hensigtsmæssigt at centrere undervisningen omkring forsøg. Man kan betragte undervisningen ud fra to synsvinkler:

Er der tale om en form, hvor læreren meddeler viden?

Er der tale om en form, hvor eleverne søger viden ved eget arbejde?

I den daglige undervisning vil disse to sider af undervisningen findes med forskellig vægt. Læreren vil ofte ved en forklarende undervisning for eksempel i

forbindelse med demonstrationsforsøg give eleverne forudsætninger for gennem elevforsøg selv at finde ud af noget, selv at søge viden.

Omvendt vil læreren ofte benytte lejligheden til på grundlag af elevernes forsøg at sammenfatte elevernes erfaringer og føre eleverne frem til en ny indsigt.

Især i 7.–8. klasse vil det være hensigtsmæssigt at lade en *problemstilling* danne oplægget til beskæftigelse med et emne. En omhyggelig problemformulering vil i høj grad medvirke til ikke alene at motivere eleverne, men også til at styre undersøgelserne i hensigtsmæssige baner.

Elever vil ofte opfatte en hændelse ved for eksempel et demonstrationsforsøg som en helhed, det vil sige, de vil ikke altid opfatte, hvilke *variable* der er væsentlige for forsøgsudfaldet. Det kan derfor være nødvendigt, at det er læreren, der formulerer problemet, ligesom det er vigtigt, at han henleder elevernes opmærksomhed på de væsentlige variable. Ved elevforsøg vil en forsøgsvejledning ofte tjene de samme formål. På lignende måde kan læreren føre eleverne frem til at fremsætte forklaringsforslag, hypoteser og modeller, på grundlag af hvilke man kan forudsige nye forsøgsudfald.

En sammenfatning af forsøgsresultater kan være såvel kvalitativ som kvantitativ. Elever i 7.–8. klasse må nok have en del hjælp til kvantitative fremstillinger som tabeller, grafer og algebraiske udtryk i forbindelse med indsamling af data. Her må måling komme til at stå som et centralt begreb for eleverne (hvad forstår vi ved en måling, hvorfor måler vi overhovedet?), og *usikkerhed* på data, *måleusikkerhed* (data fra fysiske og ke-

miske målinger er altid behæftet med usikkerhed, og måleusikkerhed er noget andet end regulære målefejl). Grundlaget for et måleusikkerhedsbegreb bør lægges allerede i den indledende undervisning under beskæftigelsen med usammensatte størrelser, og på de ældste trin bør begrebet være til rådighed til enkle skøn over usikkerhederne på sammensatte størrelser. Det vil være hensigtsmæssigt at benytte sig af de forudsætninger, eleverne får i matematikundervisningen, idet eleverne derved kan blive langt mere fortrolige med sådanne fremstillingsformer til gavn for begge fag.

I det ovenfor beskrevne er der ikke præciseret, om det er læreren, der forklarer, eller eleverne, der selv »finder ud af«. Vægtningen af disse to sider af undervisningen vil for det enkelte undervisningsforløb bero på et skøn hos den enkelte lærer og vil afhænge af elevernes forudsætninger, emnets art, muligheder for at udføre forsøg og andet. Læreren må blot være klar over, at den valgte undervisningsform har betydning for elevernes indlæring og for den funktion, det indlærte får hos eleverne. Det må for eksempel anses for uheldigt, hvis det hver gang er læreren, der i detaljer styrer undervisningsforløbet (for eksempel ved såkaldte »køgebogsopskrifter« til elevforsøg). Er det for eksempel hver gang læreren, der udpeger de relevante variable i et forsøg, vil eleverne formentlig ikke udvikle færdigheder i selv at strukturere en hændelse ved at finde ud af, hvilke variable der indgår. Det vil derfor af hensyn til udviklingen af elevernes færdigheder være væsentligt, at de selv får lejlighed til at gennemføre undersøgelser ved, at elevforsøgene lægges op som små »forskningsprojekter«, der

giver plads for elevernes opfindsomhed og skabende evner. Undervisningsformer af denne art vil ofte medføre en ret betydelig spredning blandt eleverne og vil naturligt medføre, at læreren må acceptere ikke blot spredningen, men også en ret bred margin for de undersøgelsesmetoder, eleverne benytter sig af, og de ideer, de ønsker at forfølge. Ved en sådan undervisningsform er det med andre ord i højere grad *undersøgelsen* end *undersøgelsesresultatet*, der er væsentligt, idet det drejer sig om at udvikle færdigheder. Mens det i 7.–8. klasse i udstrakt grad vil være hensigtsmæssigt at bygge undervisningen på konkrete forsøg, vil læreren senere i skoleforløbet i højere grad kunne benytte sig af en meddelende undervisningsform. For eksempel kan læreren fremsætte en teori, der så benyttes til at løse en række for teorien relevante problemer. Det vil være naturligt, når emnet indbyder til det, at læreren fortæller om et emne, eller at eleverne læser om et emne. Herved trænes elevernes færdigheder i at forstå viden, der fremsættes i systematiseret form. En væsentlig forudsætning for, at eleverne på denne måde kan tilegne sig viden, så den kan anvendes (for eksempel i problemløsningsituationer), er, at eleverne har tilegnet sig viden ved eget arbejde i laboratoriet.

5.1.4. Om basisstoffet for 7. og 8. klasse

I nærværende afsnit skal nu fremsættes nogle almindelige bemærkninger med særligt henblik på begrebet sideløbende kurser. Disse bemærkninger, som i en vis forstand også angår undervisningens tilrettelæggelse, anføres for de to fag under et.

De faglige mål er angivet på en ret overordnet måde. Således er der for eksempel for 7. klassetrin angivet følgende emner under hovedområdet »*Elektricitet og magnetisme*«:

Elektriske kredsløb
 En model for den elektriske strøm
 Strømstyrke
 Spændingsforskel
 Resistans (modstand)
 Sammenhænge mellem strøm, spænding og resistans (Ohms lov)
 Elektrostatik
 Elektriske ladninger
 Vekselvirkning mellem elektrisk ladede legemer

Ved den samlede tilrettelæggelse af undervisningen på 7. klassetrin bør det tilstræbes, at rigelig tid afsættes til behandlingen af de *grundlæggende* begreber inden for hvert enkelt af de anførte emner. Dækning af hvert af disse emner må opfattes som et overordnet fagmål for undervisningen. Den grad, hvortil dette mål opfyldes, vil være afhængig af den opnåede forståelse af emnets grundlæggende begreber og begrebssammenhænge, såvel som af den mængde af *detaljer*, som dækkes ved undervisningen. Det vil her være lærerens opgave at sikre, at *alle* elever i klassen opnår en bærekraftig indlevelse i de grundlæggende begreber og begrebssammenhænge, som hører til emnet. For hvert emne må læreren således søge at afklare begreber og begrebssammenhænge, der har særlig betydning for det efterfølgende arbejde, i faget eller uden for dette. Læreren må dernæst tilstræbe, at hver enkelt elev får lejlighed til at arbejde med grundlæggende begreber i et omfang, der for den pågældende kan sikre, at han

kan bygge videre på dem. Naturligvis vil dette kun kunne ske skønsomt, og man kan næppe foretage den her nødvendige individualisering af undervisningen, med mindre man råder over særlige supplerende undervisningsmaterialer.

Det ønskelige basisstof består af de emner, der er anført i afsnit 7, tillige med den viden og de færdigheder, som de foranstående betragtninger rejser krav om.

Basisstof kan behandles i forskellig grad af detaljering. Jo flere detaljer man inddrager, desto større bliver naturligvis undervisningens omfang. Hver enkelt elev skal have mulighed for at dække basisstoffet i det for *ham* passende omfang. Vigtigst vil derfor være, at *alle* elever får hensigtsmæssig magt over *centrale dele af basisstoffet* – hvilket indebærer forståelse af grundbegreber og sammenhænge, indlevelse i arbejdsmetoder og tilegnelse af færdigheder. Læreren kan i nogen grad sikre dette, såfremt han i sin meddelende og forklarende undervisning lægger hovedvægten på arbejdet med disse centrale dele af stoffet. Eventuelt kan en sådan meddelende og forklarende undervisning knyttes til et fælles grundmateriale – en fælles lærebog –, medens man ved det tilhørende forsøgsarbejde – eller den tilknyttede selvstændige læsning – lader grupper af elever – og i visse tilfælde enkeltelever – følge hver sin særlige arbejdsangang.

Man kan altså forestille sig, at undervisning i den centrale del af basisstoffet for 7. klassetrin udfylder den samlede undervisningstid for de elever, som man i traditionel forstand ville betegne som »svage« inden for faget. Disse elever vil da ved undervisningen på 8. klassetrin formentlig have en bedre baggrund for

arbejdet der, end hvis de var blevet tvunget til at følge de »bedre« elever ved en mere klassepræget tilrettelæggelse af det samlede arbejde. Man kan stræbe efter at tilrettelægge undervisningen således, at en »gennemsnitselev« kommer til at deltage dels i et grundigt arbejde med de centrale dele af basisstoffet, dels i en passende udfyldning af det samlede basisstof. Man må samtidig tilstræbe, at elever med særlige faglige interesser får mulighed for at nå lige så langt ud over det for klassetrinnet passende ved behandling af basisstoffet, som elevens evner gør det muligt. Her tænkes på muligheder i forbindelse med selvstændig læsning og selvstændig brug af det apparatur, som hører til de i klassen brugte forsøgsopstillinger.

Ved arbejdet på 8. klassetrin vil det nu være vigtigt, at man ved alle situationer, hvor der bygges på stoffet fra 7. klasse, begrænser sig til at bygge på de centrale del af basisstoffet for 7. klassetrin. En sådan tilrettelæggelse af undervisningen vil passe særlig godt, hvis denne er spiralt organiseret. Ved arbejdet med hvert emne går man da så at sige indledningsvis et skridt tilbage i forhold til den forrige behandling af emnet. Man begrænser sig altså til at bygge på, hvad man kunne kalde det centrale begrebsområde for det pågældende emne. Her ved giver man den elev, der ved forrige møde med emnet ikke fik lejlighed til at se det i en rimelig klarhed, mulighed for at indhente det manglende og at følge med til det nye inden for emnet.

Det er åbenbart, at der ikke ovenfor er givet – og at der ikke kan gives – klare oplysninger om, hvad »de centrale dele« af basisstoffet er. Heller ikke kan der gives klare oplysninger om, hvad der er

en passende udfyldning af basisstoffet for klassetrinnet. Det er her – som almindeligt ved pædagogisk planlægningsarbejde – nødvendigt at bygge på lærerens erfaring og indfølelse. Det vil imidlertid være af afgørende vigtighed, at man begrænser sine krav til passende dækning af basisstoffet i en sådan grad, at der bliver bedst mulig tid til at arbejde med det stof, der skønnes at være af særlig betydning. Utvivlsomt vil der i tilknytning til fysik- og kemiundervisningen blive udarbejdet undervisningsmaterialer, hvor lærebogsforfattere vil give udtryk for deres skøn med hensyn til basisstoffet og dets særligt centrale grundbegreber. Sådanne undervisningsmaterialer vil være til støtte for læreren, men de vil principielt ikke fritage ham for ansvaret for at foretage den tilrettelæggelse af arbejdet, som svarer til hans klasse og til de enkelte elever i denne.

5.1.5. Om sideløbende kurser på 9. og 10. klassetrin

På 9. og 10. klassetrin er der mulighed for at tilrettelægge undervisningen i to sideløbende kurser af forskelligt omfang. I denne forbindelse skal der peges på, at en elevs placering på det ene eller andet kursus ikke i sig selv må tillægges betydning for elevens videre uddannelse og beskæftigelse.

Ved en undervisning på 9. og 10. klassetrin, ved hvilken man *ikke* udnytter muligheden for at oprette sideløbende kurser, vil de bemærkninger, der er anført for 8. klasse, fremdeles være relevante. Også her vil det være hensigtsmæssigt, om læreren af basisstoffet for det pågældende kursus søger at udskille sådanne grundlæggende begrebsdannel-

ser, som er af central betydning ved det videre arbejde.

I tilfælde, hvor man vælger at indrette to sideløbende kurser af forskelligt omfang, vil man normalt forvente på hvert kursus at have et elevmateriale med mere ensartede interesser og evner end ved undervisningen i en klasse, hvor eleverne ikke har haft lejlighed til at vælge kursus. Her må man imidlertid gøre sig klart, at valget af kursus overlades til eleven – og elevens forældre –, således at placeringen ikke foretages af skolen på baggrund af for eksempel en bedømmelse, men nok i forbindelse med rådgivning.

Når undervisningen gennemføres på to kurser af forskelligt omfang, er det et krav, at der skal være fælles overordnet formål for de to kurser. Dette formål dækkes imidlertid i forskellig grad ved hvert af kurserne, idet såvel dybde som bredde vil være forskellig. Men det vil ikke være tilladeligt at reducere det mindst omfattende kursus til udelukkende at bestå i praktisk orientering inden for de behandlede emner.

På side 49 er angivet et eksempel som skal tjene til at belyse forskellen i udfyldningsgrad ved behandlingen af de enkelte detaljer på kursus med mindre omfang (M) og på kursus med større omfang (S). Man må da opfatte sagen således, at målene for arbejdet med basisstoffer for klassetrinnet skal være ens for to sideløbende kurser M og S. I denne forbindelse mindes der om, at de centrale dele af basisstoffet ikke kan angives blot ved en emneliste, idet ordet »stof« skal tages i bred forstand og således dække såvel forståelse og viden vedrørende grundbegreber som færdigheder

med hensyn til særlig væsentlig udnyttelse af disse grundbegreber og endelig videre udvikling af arbejdsmetoder og af arbejdsstillinger. Forskellen i kursernes omfang fremkommer ved, at man ved hvert kursus stræber efter en til kurset hørende »gennemsnitlig« udfyldningsgrad (med hensyn til såvel fordybelse som detaljering). Forventningerne til »gennemsnitseleven« på kursus M vil således være mindre end til »gennemsnitseleven« på kursus S.

En elev, der har fulgt kursus M, kan udmærket have udnyttet muligheden for divergens fra det »gennemsnitlige« i en sådan grad, at den pågældende har udfyldt basisstoffet for klassetrinnet på en måde, der svarer til – eller går ud over – forventningerne i relation til kursus S. En anden elev på M (eller eventuelt på S) kan have indlevet sig blot i de centrale dele af basisstoffet. Den sidstnævnte elev vil imidlertid ikke være udelukket fra at følge fysikundervisning i eksempelvis gymnasiets matematisk-fysiske linie. Han eller hun har nemlig rådighed over det elementære stofs begreber, og princippet ved al efterfølgende uddannelse bør være, at en sådan uddannelse tager sit udgangspunkt i den centrale del af basisstoffet for det foregående undervisningstrin. Altså vil elever, der har tilegnet sig dette stof, have baggrund for at følge undervisningen sammen med elever, der er nået ud over dette, såfremt evner og specielt interesse er til stede. Helt afgørende for tilrettelæggelsen af de sideløbende kurser vil det være, at man afstår fra at tilstræbe, at alle elever på samme kursus når det samme. Der bør på begge kurser være lejlighed til individuelle indlæringsløb. En elev på S kan derfor meget vel have specialiseret sig i

ganske enkelte retninger, men i øvrigt blot have udfyldt de centrale fag-mål (have tilegnet sig det centrale basisstof), og en elev på M kan – ved selvstændig læsning og intensiv udnyttelse af undervisningstilbuddene – udmærket have opnået en indsigt, som ikke blot på enkelte områder, men på det samlede emnefelt går ud over basisstoffet.

F 5.2. Om undervisningsformer i fysik

F 5.2,1. Om metoder

Folkeskolens undervisning i fysik skal fra første færd gribe, fastholde og udbygge den forhåndsinteresse, eleverne møder med. Valg af metoder bør derfor foretages således, at eleverne motiveres for at beskæftige sig med et problem inden for faget, som man i den givne situation har lagt op til.

Nedenfor anføres eksempler på anvendelige arbejdsmetoder.

Eksempel 1.

Gennem samtale mellem klassen og læreren styres der mod en afdækning af problemer og spørgsmål, der står uløste eller ubesvarede. Ved fortsatte drøftelser findes i fællesskab frem til egnede undersøgelsesmetoder. Den valgte metode kan opbygges omkring følgende punkter:

1. Begrundelsen for at udføre undersøgelsen (forsøget).
2. Beskrivelsen af fremgangsmåden ved undersøgelsen.
3. Udførelsen af undersøgelsen.
4. Uddragelse af det umiddelbare udbytte af undersøgelsen.
5. Bearbejdelse af forsøgsudbyttet.

6. Uddragelse af forsøgsresultatet.
7. Eventuel vurdering af forsøgsresultatet.

Eksempel 2.

Læreren foreslår direkte en forsøgsopstilling, der belyser et diskuteret problem. Fortsættelsen kan nu være, at der enten gives en forsøgsvejledning eller ikke gives en sådan – eventuelt at vejledningen er meget summarisk, således at der åbnes mulighed for eleverne til selv at finde nye eksperimenter, der kan foretages med den givne forsøgsopstilling.

Når eksperimentet har fundet sted, kan man rekapitulere og eventuelt nedfælde de observerede hændelser. Såfremt eleven ikke forlanger en forklaring på forløbet, går man blot videre til næste emne. Ofte vil der senere kunne drages paralleller til eller linier tilbage til tidligere forsøg, som man forlod uden nogen endegyldig forklaring. På det tidspunkt, man vender tilbage til dem, vil måske elevens behov for en forklaring eller mulighed for at kunne give den og forstå den være blevet større, og da er det naturligt at genoptage emnet og uddybe det, så langt som interesse og evner nu gør det muligt og rimeligt.

Begrundelsen for at undlade en forsøgsbeskrivelse eller gøre den meget kortfattet er, at man ønsker at lægge op til elevernes frie eksperimentering (»gå på opdagelse«) og lade dem opleve glæden ved selv at finde ud af noget. Denne undervisningsform lægger i høj grad op til, at spørgsmål fra eleverne så vidt muligt ikke besvares af læreren, der i stedet henviser eleverne til at »stille spørgsmålet til naturen«, altså at variere eksperimentet – eller udtænke et nyt –,

således at svaret vil komme frem ved elevens eller gruppens egen indsats.

Eksempel 3.

I folkeskolens ældste klasser kan det være naturligt at anvende forsøg, der direkte efterprøver en teoris holdbarhed. Dette gøres ved, at en fysisk lovmæssighed eller teori forelægges eller udledes teoretisk af læreren, hvorpå teorien efterprøves praktisk. Metoden er egnet til ved sammenligning mellem et antal forsøgsresultater at give et indtryk af, at man ikke ud fra et enkelt forsøg kan slutte sig til en fysisk lovs gyldighed. Samtidig fås et godt grundlag for diskussion vedrørende fejl og usikkerhed i forsøg og måleresultater.

Eksempel 4.

Metoden består i anvendelse af selvinstruerende og selvkontrollerende arbejdsvejledninger. Den stiller store krav til elevernes modenhed og evner for selvvirksomhed.

Eksempel 5.

En rent meddelende metode (forelæsningsform) kan være velegnet ved emner, der unddrager sig forsøg (historisk fysik, rumforskning og lignende). Her benyttes forskellige audiovisuelle hjælpemidler (film, plancher, lysbilleder, overhead transparenter, lydbånd med videre) og i stort omfang modelforsøg. I tilknytning til denne undervisningsform vil eleverne kunne trænes i notatteknik, og efterfølgende diskussion vil foruden at virke elevaktiviserende konkretisere det emne, der har været behandlet.

Eksempel 6.

En elev eller en gruppe af elever vælger et emne, der ønskes behandlet ved selv-

studium. Ved denne metode er gruppearbejdsformen velegnet. Eleverne opsøger nu selv – om nødvendigt med lærerens bistand – den litteratur og andet materiale, der knytter sig til emnet. Efterbehandlingen kan for eksempel ske gennem elevforedrag, fremlæggelse af billedmateriale, demonstrationsforsøg, udarbejdelse af dupliserede oversigter og så videre, og en efterfølgende klassediskussion er i mange tilfælde nødvendig.

Op gennem klasserne bør den eksperimentelle del af undervisningen, som på begyndertrinnet bør være absolut fremherskende, gradvis reduceres, samtidig med at den teoretiske behandling af stoffet forøges, og eksperimenterne i højere grad overlades til eleverne, der på dette tidspunkt er mere selvstændige og fortrolige med apparaturet.

Uanset hvilke arbejdsmetoder der anvendes i undervisningen, vil der være brug for de to begreber »model« og »black box«. Disse begreber er nærmere beskrevet i afsnit 3.1.

F 5.2.2. Om forsøg

I fysikundervisningen vil man i høj grad betjene sig af forsøg, hvormed menes, at man ved egnede opstillinger af apparatur fremkalder en begivenhed eller en række begivenheder for derigennem at afæske naturen et svar på et opstillet problem eller for at få bekræftet eller afkræftet en tidligere opstillet teori. Man kan også udføre et forsøg for at lede opmærksomheden hen på et problem. Forsøg må på forhånd antages at fange elevernes interesse, enten ved forventningen om en ny og eventuel overraskende oplevelse eller ved glæden over at konstatere rigtigheden af en formodning.

Elevforsøg er erfaringsmæssigt en sær-

lig aktiviserende undervisningsform. Den indebærer desuden, at eleverne lettere kan iagttage hændelsesforløbet, og den er en væsentlig støtte for hukommelsen.

Ved lærerens afgørelse af, om et forsøg skønnes egnet som elevforsøg, må en række kriterier tages i betragtning, særlig på begyndertrinnet:

1. Forsøgsopstillingen må være enkel og let overskuelig.
2. Problemstillingen bør være enkel og resultatet let at iagttage.
3. Risikomomenter skal udelukkes i så vidt omfang, det overhovedet er muligt.

Den pædagogiske tilrettelæggelse af forsøgene må overlades til læreren. Det skal dog bemærkes, at der alt efter emnets art kan varieres mellem de rent lærerstyrede forsøg med grundig forudgående instruktion og mere frie forsøg.

Efter forsøget bør resultaterne tages op til diskussion og bearbejdning, og mulige konklusioner drages.

Demonstrationsforsøg

Selv om det er anbefalingsværdigt, at en væsentlig del af stoffet belyses gennem elevforsøg, vil der dog være en betydelig stofmængde tilbage, der bedst kan gennemgås i forbindelse med lærerens demonstrationsforsøg. Dette gælder især, hvor forsøget kræver en mere kompliceret opstilling, end eleverne magter at udføre selv, eller rummer en ikke ubetydelig risiko eller kræver anvendelse af apparatur, som ikke forefindes i tilstrækkeligt omfang.

Ved tilrettelæggelsen og udførelsen af demonstrationsforsøg bør man være opmærksom på, at elevernes udbytte heraf ofte forringes på grund af vanskelighe-

den ved at følge med i, hvad der egentlig foregår. Denne væsentlige ulempe kan i mange tilfælde imødegås ved, at læreren gradvis opbygger forsøgsopstillingen for eleverne, idet der samtidig gøres rede for funktionen af de forskellige anvendte komponenter. Opstillingen kan endvidere tydeliggøres ved samtidig tegning på tavlen eller ved brug af overhead-projektor. Denne fremgangsmåde udelukker naturligvis ikke, at det i andre tilfælde kan være værdifuldt at demonstrere den færdige opstilling og ved samtale lede eleverne ind på forståelse af opstillingens funktion og derved sikre, at elevernes opmærksomhed samler sig om de relevante træk ved forsøget.

K 5.2. Om undervisningsformer i kemi

K 5.2.1. Om metoder

Ved undervisningens tilrettelæggelse må der vælges mellem forskellige muligheder, der i den følgende opstilling står som modsatte yderpunkter:

- 1) lærercentreret eller elevcentreret undervisning?
- 2) teoretisk eller eksperimentel undervisning?
- 3) induktiv eller deduktiv metode?

Valget mellem mulighederne, eller valget af en passende mellemvej, hvor man veksler mellem dem, må træffes på baggrund af de forhåndenværende ydre betingelser – den til rådighed værende tid, kvaliteten af lokalet og apparatsamlingen – med stadigt henblik på, at man ønsker at opnå følgende:

- 1) at skabe og stimulere interesse for faget hos eleverne,

- 2) at øve dem i anvendelsen af den naturvidenskabelige metode,
- 3) at opbygge en række elementære kemiske begreber hos dem.

Det må forekomme helt oplagt, at man i ingen af tilfældene kan vælge det ene yderpunkt. En rent lærercentreret undervisning vil hensætte eleverne i uvirksomhed og gøre undervisningen kedelig, med mindre læreren er en meget inspirerende person med stort skuespillertalent, og den vil ikke kunne bibringe eleverne praktiske færdigheder, endsige øve dem i anvendelse af den naturvidenskabelige metode. Der er dog grænser for, i hvor høj grad undervisningen kan gøres elevcentreret, – både faglige og sikkerhedsmæssige grænser. Undervisningen må i alle tilfælde blive et samspil mellem lærervirksomhed og elevvirksomhed, idet læreren, i det omfang det er muligt, virker som rådgiver og igangsætter for eleverne.

Ser man på valget mellem teoretisk og eksperimentel undervisning, er det igen tydeligt, at man må gå en mellemvej. En rent teoretisk undervisning vil blive virkelighedsfjern og vil gøre læreren til hovedperson, mens eleverne let vil føle sig henvist til udenadslæren. En teoretisk undervisning udelukker ganske vist ikke selvvirksomhed hos eleverne, idet der kan arbejdes med teori- og regneopgaver, men selv om dette nok kan være af stor værdi i en kemiundervisning, er det næppe hensigtsmæssigt at bringe det i forgrunden i en begynderundervisning, hvor det drejer sig om at præsentere faget kemi, ikke om at belaste eleverne med mere uvedkommende regnemæssige problemer. Det eksperimentelle arbejde må imidlertid heller ikke blive alt for

dominerende. Det er ganske vist kemi-kerens naturlige arbejdsform, men eksperimenter resulterer i enkeltiagttagelser, som først får egentlig værdi, når de indgår i en større sammenhæng og for eksempel medvirker til opstilling og evaluering af en teori. Man må heller ikke glemme, at selv om det eksperimentelle arbejde i høj grad har den rolle at stimulere interessen hos eleverne ved selvvirksomhed, vil også det kunne blive trivielt, hvis det ikke fører til løsning af problemer, og desuden vil mindre praktisk anlagte elever måske ikke føle sig tiltalt i særlig grad af arbejdet med apparatur og kemikalier.

Anvendelsen af den induktive metode i kemiundervisningen begynder med forsøg og iagttagelser, og efter indsamling af et stort antal data stilles en teori op, som yderligere kan søges bekræftet. Denne metode har været karakteristisk for kemiens historiske udvikling. Denne har imidlertid strakt sig over hundreder af år, og med det timetal, der er til rådighed for kemiundervisningen, ville man ikke nå langt. Metoden rummer dog meget værdifuldt, idet den opøver iagttagelsesevne, kritisk sans og evnen til en samlet vurdering og ordning af et større antal iagttagelser. Den bør derfor tages i brug på begrænsede områder af undervisningen.

I den deduktive metode går man fra det almene til det specielle, og dette vil ofte være en hensigtsmæssig vej i en begynderundervisning i kemi, hvor elevernes erfaringsmateriale ikke kan blive stort. En teori, for eksempel stoffernes opbygning af atomer, molekyler og ioner, præsenteres, og derefter belyser man den ved forskellige forsøg og drager forskellige slutninger ud fra den.

Det vil ofte i undervisningen være hensigtsmæssigt at tage sit udgangspunkt i et fænomen, der kan iagttages, og som måske endda er kendt fra dagliglivet. Det vil for eksempel være kendt af eleverne, at jern er tilbøjeligt til at ruste, og man kan da opstille spørgsmålet: Hvorfor ruster jern, og hvad er det, der herved dannes? Man starter med en samlet diskussion, hvor eleverne opfordres til at foreslå forklaringer, der synes dem rimelige. Det vil måske blive foreslået, at det er luften, der får jern til at ruste, at det er vand, for eksempel regn, at jern ruste i kulde eller andre mulige forklaringer. Forskellige forklaringer opskrives, og man enes om forsøg, der kan belyse, om de er rigtige eller ej. Eleverne sættes til at udføre disse forsøg, mens læreren optræder i baggrunden som vejleder, når det er nødvendigt. De opnåede resultater drøftes i fællesskab, og man overvejer, om problemet er tilstrækkelig belyst, eller om supplerende forsøg er nødvendige. Man vil komme frem til det resultat, at det er vand og luft i forening, der får jern til at ruste, at det kan gå temmelig hurtigt, og at temperaturen ikke synes at være afgørende. Kvantitativt kan man undersøge, hvor meget rust der dannes af en vis mængde jern, og hvor stor en del af luften der bruges ved processen. Man kan derefter spørge, hvad rust er, og om man på ny kan omdanne det til jern. Visse oplysninger og forklaringer må måske gives af læreren, hvis de er for vanskelige at ræsonnere sig til. Diskussionen kan føre over i en omtale af industriel fremstilling af jern, læreren kan give nogle historiske oplysninger og nævne, at myremalm er omtrent det samme som rust. Man kan tale om, hvilke foranstaltninger man kan træffe for

at hindre jern i at ruste, og man kan drage sammenligninger med andre metaller. Undervejs præsenterer læreren simple kemiske formler og viser, hvordan de kan bruges til beskrivelse af de kemiske processer.

For at komme ind på stoffets opbygning vil man undersøge en række stoffers fysiske og kemiske egenskaber og søge at klassificere dem derefter. Herefter kan man spørge: Hvad er det, der er fælles for de stoffer, der kommer i samme gruppe? Kan det henføres til noget ensartet i deres opbygning? På et tidspunkt må læreren præsentere teoretisk stof, for eksempel omtale atomer, ioner og molekyler, men det vil være mere virkelighedsnært for eleverne at høre om dette, når det kan sættes i relation til stofegenskaber, de selv har iagttaget.

Et stofs fysiske egenskaber kan give en ide om dets opbygning, men for at finde frem til et stofs sammensætning vil det dog i almindelighed være nødvendigt at underkaste det kemiske omdannelser, ved spaltning eller ved reaktion med andre stoffer. Resultatet af en sådan kemisk reaktion vil ofte være for kompliceret til, at eleverne med deres begrænsede kemiske viden kan vurdere det, så det gælder om at finde eksempler, hvor en simpel behandling kan føre til brugbare resultater. Det er for eksempel en interessant og for kemisk arbejde meget karakteristisk opgave at spørge, hvilke grundstoffer der opbygger en foreliggende kemisk forbindelse.

Som eksempel kan tages det grønne mineral malachit, der er et cupricarbonat. Den simpleste måde, man kan tænke sig at spalte en kemisk forbindelse på, er ved at ophede den, og det viser sig nu, at

ved ophedning af malachit bortgår der en gas, som eleverne ved en simpel analysemetode kan vise er carbondioxid. Tilbage bliver et mørkt pulver, og da mineraler for det meste er salte, må man formode, at det indeholder et metal. Man kan da forsøge en reduktion på den sædvanlige måde med carbon, og det viser sig, at der kommer et metal frem, som umiddelbart kan erkendes som værende kobber. Man har altså nu konstateret, at malachit indeholder kobber, carbon og oxygen. Om man kan komme videre med en opskrivning af kemiske formler og reaktionsskemaer, afhænger nu af, hvor langt man er fremme i undervisningen – måske må det vente til en senere lejlighed.

Når kemi dyrkes som eksperimentelt fag, er visuelle hjælpemidler naturligt indbygget i undervisningen: stofferne selv, apparaturet, de kemiske reaktioner, modeller. Der er dog ting, man kunne ønske at vise, som af forskellige grunde ikke lader sig gennemføre i skolelaboratoriet. I sådanne tilfælde vil audio-visuelle hjælpemidler være anvendelige.

K 5.2.2. Om forsøg

Det eksperimentelle arbejde spiller en vigtig rolle i bestræbelserne på at opfylde praktisk taget alle de mål, der i foregående afsnit har været formuleret for kemiundervisningen. Hos de fleste elever kan det medvirke til at skabe og stimulere interesse for faget, fordi det rejser faglige problemer, er afvekslende og giver muligheder for selvstændig virksomhed. Eksperimentelt arbejde spiller en stor rolle, når det drejer sig om erhvervelse af viden, færdigheder og opbygning af fagets begreber. Kendskabet til stof-

navne, stofegenskaber, formelsprog og så videre understøttes meget stærkt af, at man har set disse stoffer og arbejdet med dem. Ellers kan den kemiske viden blive til en ophobning af navne, som eleverne ikke forbinder med nogen virkelighed, og som de derfor let sammenblander eller glemmer. Det er ikke hensigten i folkeskolens kemiundervisning, at eleverne skal erhverve sig stofkendskab i større omfang, og det vil være rimeligt at knytte stofkendskabet så nært til det eksperimentelle arbejde, at man stort set kun forventer, at eleverne skal kende de stoffer, de selv har set i laboratoriet.

Tilegnelsen af færdigheder er nært knyttet til elevernes eget eksperimentelle arbejde. Nogle af disse færdigheder kan være specielle for faget kemi: færdighed i at udføre en destillation eller gennemføre en bestemt type kemisk proces; men de kan også være af mere almen art: Færdighed i at behandle apparatur forsigtigt og sammensætte det solidt og stabilt, holde på et reagensglas, hælde af en flaske, ordenssans, omhu og renlighed er egenskaber, som kan udvikles gennem det eksperimentelle arbejde i kemiundervisningen.

Det eksperimentelle arbejde vil bidrage til at fremme elevernes selvstændighed, idet de selv skal forberede og gennemføre eksperimenter, gøre iagttagelser og vurdere dem og planlægge det videre arbejde ud fra de opnåede resultater. Også evnen til samarbejde opøves gennem det eksperimentelle arbejde – den enkelte elevs eksperiment vil ofte være en lille del af klassens samlede opgave og skal give sit bidrag til det fælles resultat. Ved forsøg af lidt større omfang vil eleverne hensigtsmæssigt arbejde i

små hold, oftest vel blot to og to, hvor planlægningen sker i fællesskab, og hver yder sit bidrag til arbejdets gennemførelse.

Hensigten med et forsøg kan være at vise noget ganske bestemt, en illustration til det gennemgåede emne. Læreren må have gennemprøvet forsøget, så han er forberedt på de eventuelle vanskeligheder, der kan dukke op under dets udførelse, og have gjort sig klart, hvordan eleverne bedst får lejlighed til at iagttage det pågældende fænomen. Han må have overvejet de eventuelle risikomomenter ved forsøget og have taget de nødvendige forholdsregler.

I andre tilfælde vil der være tale om mere åbne forsøg, hvor det fortsatte arbejde bestemmes af de allerede gjorte iagttagelser, oftest efter elevernes egne forslag. Her vil læreren ikke i alle enkeltheder kunne forudse, hvorhen klassens arbejde kan føre. Men han vil have lagt en plan for behandlingen af undervisningens emne, og han vil i det store og hele være klar over, hvilke eksperimenter det under arbejdet kan vise sig hensigtsmæssigt at udføre. Eksperimenterne i kemiundervisningen bør normalt være så enkle som muligt og gennemføres i ukompliceret apparatur, idet det er hensigtsmæssigt, at interessen kan holdes samlet omkring det kemiske fænomen, man ønsker at iagttage, og ikke afledes af en indviklet apparaturopstilling eller en kompliceret udførelsesmetode.

Når læreren har fundet bestemte eksperimenter egnede til at indgå i undervisningen, må han afgøre, om de skal udføres som elevforsøg eller lærerdemonstrationer. Principielt er det ønskeligt, at så mange forsøg som muligt udføres af eleverne selv, men af forskellige grunde

vil det være hensigtsmæssigt eller nødvendigt, at nogle udføres af læreren. Tidsforbruget er vel her den vigtigste faktor, men også andre grunde har betydning: et forsøg kan være for kompliceret i apparatur eller udførelse til, at eleverne magter det, eller det nødvendige apparatur er måske ikke til stede i tilstrækkeligt antal. Et forsøg kan rumme så stor risiko, at det ikke bør overlades til eleverne at udføre det. Læreren kan ønske at give eleverne et instruktivt eksempel på forberedelse og gennemførelse af et forsøg. Endelig kan et forsøg være så simpelt, at det kan virke som tidsspilde at sætte eleverne i gang med det – læreren står for eksempel og omtaler fremkomsten af et bundfald, og samtidig med, at han taler, viser han ved et simpelt reagensglasforsøg, hvordan det ser ud. Når eleverne har fået at vide, at det og det bundfald skal fremkomme, er det af ringe interesse for dem selv at reproducere forsøget som blot og bar illustration, men de kan se læreren gøre det og så måske vende tilbage til det i forbindelse med en analytisk opgave.

Forsøg, der efter lærerens overvejelser skal vises som lærerdemonstrationer, kræver et særligt omhyggeligt forarbejde i detaljerne. Den normale situation er, at eksperimentet skal illustrere et emne, der netop har været omtalt, og det er da også af den største vigtighed, at eleverne er forberedt på, hvad det er, der skal ske. Forsøget kan rumme overraskende momenter for dem; men de må være klar over, hvad hensigten med det er, og forberedt på, hvad det er, de skal lægge mærke til. Læreren må sikre sig, at alle elever kan se, hvad der foregår, eventuelt udpege dele af opstillingen, som man skal lægge særlig mærke til.

For at spare tid kan han måske have stillet et kompliceret apparatur op på forhånd, men det kan også have værdi for forberedelsen til forsøget, at eleverne ser, hvordan opstillingen bliver til, og samtidig kan de lære praktiske finesser, som de selv kan få brug for senere.

Et demonstrationsforsøg bør altid være gennemprøvet af læreren i forvejen, så han ved nøjagtigt, hvordan det vil forløbe, og ikke risikerer, at det ødelægges af uventede vanskeligheder. Sker det alligevel, at et forsøg giver et uventet og i første øjeblik uforklarligt resultat (måske på grund af mangelfuld forberedelse), må læreren ikke slå det hen med, at »det skulle være gået sådan og sådan«, men han må søge at finde en forklaring på, at det ikke gik som ventet. Det iagttagne resultat er en følge af naturlovene og bør kunne forklares ud fra disse. Elevernes tillid til læreren rokkes, når hans forsøg for ofte mislykkes.

Lærerdemonstrationen er ofte forsøg, som rummer en vis risiko. Også af denne grund må de være omhyggeligt afprøvede og forberedte, og alle nødvendige sikkerhedsforanstaltninger må være taget: sikkerhedsskærm, stinkskab, advarsel mod lyd- og lyseffekter, jævnfør risikovejledningen. Især ved sådanne forsøg er det vigtigt, at man overholder den almene regel om at bruge mindst mulige kemikaliemængder – det er ved alle forsøg det mest økonomiske, og det begrænser ved risikofyldte forsøg følgerne af et eventuelt uheld. Læreren bør ikke lade sig overtale af eleverne til at vise spændende »knaldforsøg« alene for effektens skyld – han bør huske, at han ved et demonstrationsforsøg skal foregå eleverne med et godt eksempel og lære dem, at et veltilrettelagt og menings-

fyldt forsøg er interessant i sig selv uanset større eller mindre ydre effekt.

Ethvert eksperiment kan opdeles i 3 faser:

Klarlæggelsen af hensigten med forsøget, omhyggelig udførelse af selve forsøget, og efterfølgende diskussion af forsøget til sikring af, at eleverne har gjort de rette iagttagelser, og til samling af disse iagttagelser i et resultat af forsøget. Dette resultat bør derefter sammenholdes med hensigten med forsøget: Fik

man klarhed over det problem, der var opstillet? Førte iagttagelserne til en viden eller til en begrebsdannelse, som bragte eleverne et skridt videre? Hvis dette ikke i tilstrækkelig grad er tilfældet, må man spørge, om forsøget var fornuftigt valgt og tilrettelagt, om iagttagelserne kunne gøres med tilstrækkelig sikkerhed, om man bør gentage forsøget, eventuelt i en ny variation, eller om man bør anstille andre forsøg til belysning af det foreliggende problem.

6.1. Almene betragtninger for 1.-6. klassetrin

Ifølge loven optræder fysik og kemi først som selvstændige fag på timeplanen fra 7. klasse. Imidlertid vil det være ikke blot meget nærliggende, men også meget ønskeligt, om arbejde med fysiske og kemiske emner indgår i undervisningen på de tidligere trin.

Her tænkes især på, hvad en sådan undervisning i sig selv kan give eleverne på netop disse alderstrin, blandt andet ved at bidrage til deres almindelige intellektuelle udvikling gennem arbejde med konkrete genstande, ved at sætte dem i problemløsningssituationer, ved at give dem nogle overordnede begreber, der kan være en hjælp for dem til at holde styr på de mange indtryk, de møder i kontakten med den materielle omverden.

Barnet i 6–10 års alderen befinder sig i en periode, hvor det i sin tankevirksomhed er stærkt bundet til erfaringer fra den fysiske omverden. En stor del af dets forestillinger om omverdenen dannes netop i denne periode uden hensyn til, om barnet får støtte i en undervisning eller ej.

Ved en undervisning, hvor der arbejdes med konkrete genstande, kan man lære børnene at se på deres materielle omverden. Man kan give dem lejlighed til at eksperimentere og til at iagttage fænomener, som på et senere alderstrin kan virke for banale eller uinteressante, men som barnet her er meget optaget af, og som det sidenhen kan være nyttigt, at det kender. Man kan knytte oplevelser fra børnenes hverdag sammen via hensigtsmæssige begreber, man kan vise dem, at deres omverden er ikke-magisk, og man kan opøve deres evne til samarbejde og kommunikation. Endvidere kan man, i analogi med det, man gør i den moderne matematikundervisning, allerede tidligt bruge nogle af de samme ord, som benyttes i undervisningen på højere trin.

6.2. Almene betragtninger for 7.-10. klassetrin

Mens arbejde med naturvidenskabelige emner på de yngre klassetrin naturligt indgår i den øvrige undervisning, er det hensigtsmæssigt på de ældre klassetrin at lade fysik og kemi fremstå som selvstændige fag med egentlige laboratorier

og mere kompliceret udstyr til rådighed og at lade undervisningen blive varetaget af særligt kvalificerede lærere. Kun på denne måde kan målene angående viden, færdigheder og arbejdsmetoder opfyldes, og elevernes øgede manuelle og intellektuelle evner og anlæg tilgodeses.

I løbet af den egentlige fysikundervisnings første år bliver eleverne i stigende grad i stand til at tænke i abstrakte baner og til at forstå, hvordan teorier dannes og udvikles.

Laboratoriearbejdet ændrer karakter i denne periode, idet eksperimentet gradvis udvikles således, at man ikke blot spørger om, hvad der sker, men også om, hvorfor det sker.

Det bør af undervisningen i fysik og kemi på disse klassetrin tydeligt fremgå, at det fundamentale er begreber og metoder, ikke leksikalsk viden, selv om en vis detailviden er både nyttig og nødvendig, blandt andet for at give begreberne indhold. Ved at lægge vægt på overordnede begreber kan man fremhæve sammenhængen i fysikken og kemien, så fagene ikke kommer til at stå som en række løst sammenknyttede enkeltdiscipliner. Det bør endvidere klart fremgå, at fysikken og kemien er menneskeskabte beskrivelsessystemer.

Når man understreger betydningen af

begrebsopbygningen og systematiseringen på de ældre klassetrin, må det ikke glemmes, at undervisningen har rige muligheder for at give børnene eksperimentelle udfordringer. Opstillingen af tankebygninger er ikke nok, man må også have tilstrækkelig føling med apparater for at kunne finde på forsøg, og man må kunne udføre forsøgene. Det er således meget forskellige arter af evner, man trækker på hos eleverne.

6.3. Fagenes placering på 7.-10. klassetrin

7-8. klassetrin:

Fysik/kemi beskrives som obligatorisk fag på disse klassetrin. Af hensyn til elevernes eventuelle valg af kemi som valgfag på 9. klassetrin bør første halvdel af 8. skoleår anvendes til kemi-undervisningen.

9. klassetrin:

Fysik/kemi beskrives som tilbudsfag på to sideløbende kurser med samme basisstof.

10. klassetrin:

Fysik/kemi beskrives som tilbudsfag på to sideløbende kurser med samme basisstof.

F 7.1. Almindelige bemærkninger

I afsnit F 4.3 blev hovedområderne for fysikundervisningen i folkeskolen angivet således:

Elektricitet og magnetisme	} Elementær behandling af energi
Stofopbygning og stofegenskaber	
Bevægelse	
Atom- og kernefysik	
Svingninger og bølger	

Behandlingen af disse hovedområder sker gennem arbejdet med en række emner, som nedenfor anføres for hvert enkelt klassetrin. Det fremhæves, at basisstoffet for et klassetrin udgøres af de pågældende emner tilligemed de krav med hensyn til viden, færdigheder, arbejdsmetoder og udtryksmåder, som er blevet angivet gennem afsnittene 2 og 3.

Selv om der er en ide med rækkefølgen i den enkelte emneliste, er denne ikke bindende for arbejdet med stoffet. Ved behandlingen af det enkelte emne kan der i øvrigt blive tale om forskellig grad af fordybelse.

F 7.2. Hovedområder for 7.-8. klassetrin

På 7. og 8. klassetrin behandles hovedområderne:

Elektricitet og magnetisme
Stofopbygning og stofegenskaber
Bevægelse
Atom- og kernefysik.

Ved arbejdet på disse klassetrin inddrages alle de ovenfor nævnte hovedområder. Af hensyn til den foreslåede undervisningsorganisation med kemi i første halvdel af 8. klasse foreslås følgende opdeling på klassetrinnene:

F 7.2.1. Basisstof for 7. klassetrin

Elektricitet og magnetisme
Elektriske kredsløb
En model for den elektriske strøm
Strømstyrke
Spændingsforskel
Resistans (modstand)
Sammenhænge mellem strøm, spænding og resistans (Ohms lov)
Elektrostatik
Elektriske ladninger
Vekselvirkning mellem elektrisk ladede legemer.

Stofopbygning og stofegenskaber

Masse, kraft, atmosfærisk lufts tryk

Brownske bevægelser

Modelforestillinger om stoffers opbygning

Temperatur

Udvidelse ved opvarmning.

F 7.2.2. Basisstof for 8. klassetrin

Elektricitet og magnetisme

Magnetisme

Elektromagnetisme

El-energi

El-effekt.

Bevægelse

Kvalitativ behandling af mekanisk energi

Raketprincippet

Satelitter.

Atom- og kernefysik

Modelforestillinger om atomets opbygning

Modelforestillinger om kernens opbygning

Kerneenergi

Radioaktivitet.

F 7.3. Hovedområder for 9. klassetrin

På 9. klassetrin behandles hovedområderne:

Elektricitet og magnetisme

Bevægelse.

F 7.3.1. Basisstof for 9. klassetrin

Elektricitet og magnetisme

Induktion, vekselstrøm og vekselstrømsfrekvens

Transformation

Elektrisk energioverførsel og energiom-sætning

Simple egenskaber ved spole, kondensator, diode og transistor.

Bevægelse

Tid

Jævn og ujævn bevægelse

Hastighed og acceleration

Inertiens lov

Newtons 2. lov

Eksempler på anvendelse af Newtons 2. lov

Mekanisk energi

Energibevarelse.

F 7.3.2. Eksempel på et emnes behandling på to sideløbende kurser

Hovedområde: Bevægelse

Emne: Newtons 2. lov

M-kursus	S-kursus
<p>1) Elevforsøg med rulleskøjtevogn, snor bordtrisse, forskellige lodder.</p> <p><i>Konstatering ved iagttagelse:</i> Større lod (større kraft) giver større acceleration.</p>	<p>Samme forsøgsrække som på M-kurset, men accelerationen kan her måles i m pr. sek^2 (lært ved faldet), kraften måles i newton (evt. bestemt ved et newtonmeter), massen måles i kilogram.</p>
<p>2) Timer og timerstrimmel knyttes til ovenstående elevforsøg. Accelerationen måles ved trappetrinsmetoden.</p> <p><i>Konstatering ved måling:</i> Større lod (større kraft) giver større acceleration.</p>	<p>Ovenstående forsøgsrække udbygges nu, idet den resulterende kraft frembringes ved hjælp af newtonmeter eller gummi-bånd. Der anvendes sådanne værdier for kraft og masse, at de opnåede resultater giver mulighed for udledning af loven $f = m \cdot a$.</p>
<p>3) Med det større lod – der giver en i forvejen kendt acceleration med den pågældende vogn – fortsættes forsøget med en forøget masse på vognen. Dette kan ske i flere tempi med f. eks. et 200 g, et 500 g og 1 kg lod anbragt på vognen.</p> <p><i>Konstatering ved måling:</i> Større masse – samme kraft – giver mindre acceleration.</p>	<p>Formuleringen $f = k \cdot m \cdot a$ forelægges eleverne, hvorved definitionen af »1 N« kan anskueliggøres.</p>
<p><i>Konklusion:</i> Sammenhæng mellem <i>kraft</i>, <i>masse</i> og <i>acceleration</i>.</p> <p>Newtons 2. lov formuleres for eleverne som $f = m \cdot a$.</p>	<p>Regning af opgaver, hvor $f = m \cdot a$ bringes i anvendelse.</p>

F 7.4. Hovedområder for 10. klassetrin

På 10. klassetrin behandles hovedområderne: Svingninger og bølger

Elektricitet og magnetisme

Stofopbygning og stofegenskaber.

F 7.4.1. Basisstof for 10. klassetrin

Svingninger og bølger

Svingning, frekvens, amplitude, resonans

Bølge, bølgelængde, interferens

Stående bølger

Lydens opståen og udbredelse

Elementær bølgebeskrivelse af lys

Brydning.

Elektricitet og magnetisme

Elektriske svingninger

Dæmpede svingninger

Overføring af svingninger fra en kreds
til en anden. Resonans

Frembringelse af udæmpede svingninger.

Stofopbygning og stofegenskaber

Energiniveauer for atomer, lysudsendelse

Grundstoffernes periodiske system

Ioniserende stråling (alfa-, beta-, gamma- og røntgenstråling)

Atomkerneomdannelser.

F 7.4.2. Selvvalgte emner

Udover de under **F 7.4.1.** anførte emner kan der på 10. klassetrin vælges endnu et eller flere emner. Disse kan hentes såvel inden for som uden for det anførte basisstof.

K 7.1. Almindelige bemærkninger

I afsnit K 4.3. blev hovedområderne for kemiundervisningen i folkeskolen angivet således:

Stoffernes opbygning og egenskaber

Stoffernes omdannelse til andre stoffer

Denne opdeling skal forstås således, at man herved har defineret to helt væsentlige sider af faget, som man må tænke på under behandlingen af ethvert emne i kemiundervisningen.

De to områder vil i undervisningen gribe ind i hinanden: Et stofs omdannelsesmulighed vil altid stå i forbindelse med dets opbygning, som igen har betydning for dets egenskaber.

Det ville altså være urimeligt at dele emnelisten op i to hovedafsnit, svarende til hovedområderne. Hver gang man behandler et stof eller en gruppe af stoffer, vil man beskæftige sig såvel med dets opbygning og egenskaber som med dets omdannelsesmuligheder.

Det fremhæves, at basisstoffet udgøres af de anførte emner tilligemed de krav med hensyn til viden, færdigheder, arbejdsmetoder og udtryksmåde, som er blevet angivet gennem afsnittene 2 og 3.

K 7.2. Basisstof for 8. klassetrin

Partikelbegrebet i kemien

Atom, molekyler og molekylbevægelse. Atom- og molekylmodeller. Det kemiske sprog.

Stofegenskaber

Tilstandsformer og tilstandsændringer. Modelbetragtninger. Rene stoffer og blandinger. Adskillelse af blandinger ved destillation, krystallisation, chromatografi, etc. Karakteristiske egenskaber ved faste stoffer: Farve, hårdhed, ledningsevne, glans, etc.

Luftens bestanddele

Luftens sammensætning. Forbrænding i luft og i ren oxygen. Dannelse af carbonmonoxid. Principperne for brandslukning. Oxygens korroderende virkning. Oxygen i den biologiske forbrænding. Praktiske og tekniske anvendelser af oxygen. – Nitrogen, luftens inaktive bestanddel. Organiske nitrogenforbindelsers betydning i ernæringen. Planternes behov for opløselige nitrogenforbindelser (naturligt eller kunstigt fremstillet). Nitrogenkredsløbet i naturen. – Carbon-dioxid, fremstilling og påvisning. Grund-

stoffet carbons omsætning i naturen (ånding og fotosyntese).

Vandets bestanddele

Fremstilling af hydrogen. Fysiske og kemiske egenskaber. Anvendelser af hydrogen.

Atomernes opbygning. Elektronkonfiguration

Dannelse af simple positive og negative ioner. Det periodiske system. Edelgasregelen.

Ionforbindelser (salte)

Dannelse af salte ved reaktion mellem elektropositive og elektronegative grundstoffer. Saltes opbygning, modelbetragtninger. Saltes egenskaber: smeltepunkt, ledningsevne, opløselighed etc. Elektrolyse af smeltede salte og saltopløsninger.

Molekyler

Bindinger i simple molekyler, som for eksempel H_2 , Cl_2 , H_2O , CH_4 . Elektronprikformler og ædelgasregelen. Konstitutionsformler og andre molekylmodeller.

Metaller og metaloxider

Metallers karakteristiske egenskaber. En model for metallers ledningsevne. Metal-fremstilling. Metallers anvendelser. Ledninger.

Syrer og baser

Operationel definition af syre og base. Karakteristiske reaktioner: neutralisation, forhold overfor indikatorer, metaller, etc.

Risikomomenter i kemiundervisningen

Omtales overalt, hvor det er relevant – jvf. den udsendte risikovejledning.

Læseplanudvalgets fagudvalg

Fagudvalg 1

Formændene for de respektive fagudvalg og underudvalg

Fagudvalg 2

Skoleinspektør Mogens Andersen (*formand*)
Skoleinspektør Karl Brøcher
Lektor Hans Jørgen Schiødt
Viceinspektør L. Nabe Nielsen (*sekretær*)

Fagudvalg 3

Skolebestyrer B. Christensen-Dalsgaard
(*formand*)
Overlærer Anders Johansen
Afdelingsleder Tage Werner
Fagkonsulent F. Tommerup Jensen
(*sekretær*)

Fagudvalg 4

Overlærer Kaj Varming (*formand*)
Lærer Gunnar Hansen
Professor Kjeld Winding
Fagkonsulent Arne Sloth Carlsen (*sekretær*)

Fagudvalg 5

Undervisningsinspektør Jens Bach (*formand*)
Skoleinspektør Ann Jeppesen
Afdelingsleder Ole B. Larsen
Fagkonsulent Knud Hansen (*sekretær*)

Fagudvalg 6

Viceskoledirektør Emil Pedersen (*formand*)
Overlærer Kirsten Kjersgaard
Professor Gunnar Heerup
Fagkonsulent Chresten Skov (*sekretær*)

Fagudvalg 7

Overlærer Else Byrith (*formand*)
Skoleinspektør Karl Erik Jørgensen
Professor Poul Steller
Fagkonsulent Asger Byrnak (*sekretær*)

Fagudvalg 8

Skoledirektør mag. art. Kr. Thomsen Jensen
(*formand*)
Sektionschef Johan Engelhardt
Professor Carl Aage Larsen
Viceinspektør J. J. Christensen (*sekretær*)

Læseplanudvalgets underudvalg

Børnehaveklasser

Viceskoledirektør Ingolf Haubirk (*formand*)
Børnehaveklasseleder Gerda Christensen
Undervisningsinspektør Agnete Engberg
Viceskoledirektør Thorkil Holm
Viceskoledirektør Peter Vedde
Afdelingsleder Hans Vejleskov
Fagkonsulent Merete Rein (*sekretær*)

De to første skoleår

Overlærer Kirsten Kjersgaard (*formand*)
Lærer Bente Christiansen
Undervisningsinspektør Agnete Engberg
Professor Carl Aage Larsen
Afdelingsleder Hans Vejleskov
Afdelingsleder Tage Werner
Fagkonsulent Asger Byrnak (*sekretær*)

Prøver og deres anvendelse

Skoledirektør Poul Erik Jacobsen (*formand*)
Afdelingsleder Jørgen Gregersen
Undervisningsinspektør B. Kehlet Nørskov
Fagkonsulent F. Tommerup Jensen
(*sekretær*)

Specialundervisning

Overlærer Kaj Varming (*formand*)
Skoledirektør Niels Jørgen Bisgaard
Ledende skolepsykolog Kai Gjørtz-Laursen
Undervisningsinspektør I. Skov Jørgensen
Afdelingsleder Ole B. Larsen
Fagkonsulent Asger Byrnak (*sekretær*)

Undervisningsvejledning for folkeskolen . Udkast

Hidtil udkommet:

- 1 Dansk
- 2 Matematik
- 3 Fysik/Kemi
- 4 Kristendom/Religion
- 5 Historie
- 6 Geografi
- 7 Biologi
- 8 Musik
- 9 1.-2. klasse
- 10 Fremmedsprog
- 11 Undervisningsmidler
- 12 Børnehaveklasser
- 13 Psykologi/Sociologi
- 14 Drama
- 15 Sløjd
- 16 Idræt
- 17 Filmkundskab
- 18 Valgfaget Kemi
- 19 Valgfaget Elektronik

- 20 Barnepleje
- 21 Færdselslære
- 22 Maskinskrivning
- 23 Motorlære
- 24 Datalære
- 25 Håndarbejde
- 26 Hjemkundskab
- 27 Formning
- 28 P-fag
- 29 Samtidsorientering

Under forberedelse:

Uddannelses- og erhvervsorientering
Klasselærerfunktionen
Orienteringsfag
Økonomi
Virksomhedslære
Specialundervisning



Forhandles af:

LÆRERFORENINGERNES MATERIALEUDVALG
UPSALAGADE 6 — 2100 KØBENHAVN Ø