

Faghæfte 16

# Fysik/kemi

Klare  
Mål

FYS

Uddannelsesstyrelsens håndbogsserie nr. 9 - 2002  
Grundskolen

**Denne bearbejdelse af Klare Mål er lavet  
på begrund af word dokumenter fra  
undervisningsministeriet, og indeholder  
den samme tekst som de trykte udgaver.**

**Den eneste undtagelse er billeder, som ikke kunne  
bruges på grund af ophavsret.**

# Forord

Regeringen ønsker at styrke det faglige niveau i folkeskolen samtidig med, at undervisningen bliver differentieret og dermed målrettet den enkelte elev. En styrket faglighed i undervisningen går hånd i hånd med udviklingen af elevernes alsidige personlige kompetencer. Valget står ikke mellem, på den ene side, en faglig stærk skole - hvor eleverne ikke bryder sig om at være - eller på den anden side, en skole, hvor eleverne trives godt, fordi der ikke stilles krav.

De nye fagbeskrivelser indeholder mere præcise centrale kundskabs- og færdighedsområder (CKF) samt vejledende delmål og udgør rygraden i initiativet Klare Mål, som understøtter regeringens politik om øget åbenhed og gennemsigtighed i uddannelsessektoren.

Hensigten er, at de nye centrale kundskabs- og færdighedsområder og de tilhørende delmål skal give lærerne et mere klart og tydeligt billede af, hvad børnene skal lære, uden at der tages stilling til hvordan. Der er tale om en hjælpende hånd til den enkelte lærer i tilrettelæggelsen af undervisningen. Samtidig vil de nye CKF'er og delmål kunne forenkle den løbende evaluering af undervisningen. Det er ligeledes hensigten, at de nye CKF'er og delmål skal give både lærere og forældre mulighed for langt tidligere i skoleforløbet at tage hånd om de elever, der lærer i et andet tempo end gennemsnittet.

Endelig forestiller jeg mig, at Klare Mål i fremtiden bliver et centralt element i undervisningen på lærerseminarierne, så de studerende allerede tidligt i deres uddannelsesforløb får et klart kendskab til og overblik over, hvad målene med undervisningen er i skolen.

Jeg betragter Klare Mål som et dialogredskab, der giver lærere, elever og forældre mulighed for sammen at vurdere undervisning og dermed få rettet op, hvis skolen, og dermed eleverne, har vanskeligt ved at leve op til kravene.

Klare Mål handler også om trivsel og elevernes alsidige personlige udvikling. Derfor vil Undervisningsministeriet i sammenhæng med Klare Mål for fagene udsende et vejledningsmateriale, som kommuner og skoler kan bruge, når de beskriver, hvordan skolen arbejder med elevernes alsidige personlige udvikling.

Det er et led i regeringens politik, at skolen skal åbne sig mod omverdenen. Forældrene og det øvrige omgivende samfund skal have et mere klart billede af, hvad der sker i skolen. Initiativet Klare Mål er derfor en relevant forlængelse af regeringens ønske om en mere åben og gennemsigtig uddannelsessektor.

Folkeskolen er en af demokratiets nøgleinstitutioner, som jeg mener kan vinde i kvalitet og renommé, hvis det daglige arbejde bliver gjort mere synligt for alle.

Ulla Tørnæs

Undervisningsminister

# Indledning

Klare Mål erstatter folkeskolens tidligere faghæfter. De nye "hæfter" indeholder et uændret formål for faget/emnet, nyformulerede centrale kundskabs- og færdighedsområder (CKF'er), nye vejledende delmål, uændrede læseplaner og en uændret vejledning.

De nye CKF'er beskriver slutmålet for undervisningen i faget og er bindende for alle kommuner. De vejledende delmål udsendes til inspiration for kommunerne, som skal fastlægge de bindende mål for undervisningen på forskellige klassetrin.

Som et særligt aspekt af Klare Mål stilles der fremover krav til kommunerne og skolerne om nærmere at beskrive, hvordan arbejdet med udviklingen af elevernes alsidige personlige udvikling indgår i skolens virksomhed. Det kan fremgå af læseplanerne eller på anden måde. Undervisningsministeriet har udarbejdet et materiale, som kan bruges af kommunerne i arbejdet hermed.

En række fagfolk fra skolens verden, Danmarks Pædagogiske Universitet, Danmarks Lærerforening og faglige foreninger har medvirket til udformningen af teksterne. Andre har læst med og givet gode råd og ideer. Tak til alle for konstruktiv medvirken undervejs. Undervisningsministeriet står for den endelige udformning af materialet.

Kim Mørch Jacobsen

Uddannelsesdirektør

## Indhold

Formål for faget Fysik/kemi .....	2
Centrale kundskabs- og færdighedsområder for faget Fysik/kemi .....	3
Delmål for faget Fysik/kemi .....	5
Efter 8. klassetrin .....	5
Efter 9. klassetrin .....	6
Efter 10. klassetrin .....	7
Læseplan for faget Fysik/kemi .....	9
Undervisningens indhold 7.-9. klasse .....	9
Undervisningens indhold 10. klasse.....	11
Vejledning for faget Fysik/kemi .....	12
Indhold i undervisningen .....	17
Elevforudsætninger og læring.....	19
Om undervisningens tilrettelæggelse .....	26
Lokaler og samlinger .....	35
10. klasse.....	36

## Formål for faget Fysik/kemi

Formålet med undervisningen i fysik/kemi er, at eleverne tilegner sig viden og indsigt om fysiske og kemiske forhold. Undervisningen skal medvirke til udvikling af naturvidenskabelige arbejdsmetoder og udtryksformer hos den enkelte elev med henblik på at øge elevernes viden om og forståelse af den verden, de selv er en del af.

Stk. 2. Undervisningen skal give mulighed for at stimulere og videreudvikle alle elevers interesse og nysgerrighed overfor naturfænomener, naturvidenskab og teknik med henblik på at udvikle erkendelse, fantasi og lyst til at lære. Eleverne bør opnå tillid til egne muligheder for at forholde sig til problemstillinger med naturvidenskabeligt og teknologisk indhold af betydning for den enkelte og samfundet.

Stk. 3. Undervisningen skal bidrage til elevernes grundlag for at få indflydelse på og tage medansvar for brugen af naturressourcer og teknik både lokalt og globalt. Undervisningen skal give eleverne mulighed for at erkende naturvidenskab og teknologi som en del af vor kultur og vort verdensbillede.

## Centrale kundskabs- og færdighedsområder for faget Fysik/kemi

Der undervises i fysik/kemi på 7. - 10. klassetrin.

De centrale kundskabs- og færdighedsområder er:

- Fysikkens og kemiens verden
- Udvikling i naturvidenskabelig erkendelse
- Anvendelse af fysik og kemi i hverdag og samfund
- Arbejds måder og tankegange

I fysik/kemi skal de grundlæggende kundskaber og færdigheder i hvert af de fire områder udvikles som en helhed gennem forløbet fra 7. til 10. klassetrin både i faget fysik/kemi, og når fysik/kemi indgår i tværgående emner og problemstillinger. Undervisningen i fysik/kemi bygger på de kundskaber og færdigheder eleverne blandt andet har erhvervet i natur/teknik.

De centrale kundskabs- og færdighedsområder er grundlaget for tilrettelæggelsen, gennemførelsen og evalueringen af undervisningen, således at eleverne således, at eleverne får mulighed for at:

- tilegne sig viden og indsigt om fysiske og kemiske forhold samt videreudvikle arbejdsmetoder og udtryksformer
- forstå fysik og kemi og deres anvendelser som en del af vores kultur og verdensbillede
- engagere sig i, forholde sig kritisk til og handle ansvarligt i forhold til problemstillinger med naturfagligt indhold

### *Fysikkens og kemiens verden*

Undervisningen skal lede frem mod, at eleverne har tilegnet sig kundskaber og færdigheder, der sætter dem i stand til at

- benytte fysiske og kemiske begreber og enkle modeller til at beskrive og forklare fænomener og hændelser
- kende til udvalgte stoffers kredsløb i naturen

### *Udvikling i naturvidenskabelig erkendelse*

Undervisningen skal lede frem mod, at eleverne har tilegnet sig kundskaber og færdigheder, der sætter dem i stand til at

- kende til udviklingen i den atomare beskrivelse af grundstoffer og kemiske forbindelser
- kende til forskellige tiders forestillinger om universets opbygning og udvikling
- kende til væsentlige træk ved den teknologiske udvikling

### *Anvendelse af fysik og kemi i hverdag og samfund*

Undervisningen skal lede frem mod, at eleverne har tilegnet sig kundskaber og færdigheder, der sætter dem i stand til at

- gøre rede for, diskutere og tage stilling til samfundets ressource- og energiforsyning
- beskrive og forklare eksempler på energiomsætninger
- beskrive og forklare eksempler på fremstilling af produkter samt vurdere produktionsprocessers belastning af miljøet
- beskrive hverdagslivets teknik og dens betydning for den enkelte og samfundet

### *Arbejds måder og tankegange*

Undervisningen skal lede frem mod, at eleverne har tilegnet sig kundskaber og færdigheder, der sætter dem i stand til at

- identificere og formulere relevante spørgsmål, samt opstille enkle hypoteser
- planlægge, gennemføre og vurdere undersøgelser og eksperimenter
- vælge udstyr, redskaber og hjælpemidler, der passer til opgaven



## Delmål for faget Fysik/kemi

### Efter 8. klassetrin

Forventninger til, hvad eleverne almindeligvis kan og ved inden for området:

#### *Fysikkens og kemiens verden*

- anvende enkle fysiske og kemiske begreber til at beskrive hverdagens fænomener, fx regnbuen, elektricitet i hjemmet og korrosion
- kende til enkle modeller, herunder forestillingen om, at alt stof er opbygget af partikler
- beskrive nogle grundstoffer og kemiske forbindelser samt enkle træk i det periodiske system
- kende nogle generelle egenskaber ved hverdagens stoffer og materialer, fx tilstandsformer, ledningsevne og surhedsgrad
- kende til eksempler på fysisk/kemiske beskrivelser af fænomener i naturen, fx vejr-fænomener, okkerudfældning og jordens magnetfelt
- kende jordens og månens bevægelser og nogle af de virkninger, der kan iagttages på jorden, fx årstider, tidevand og formørkelser
- beskrive og forklare energioverførsel, fx fotosyntese, ånding og elektrisk energioverførsel
- kende udvalgte stoffers kredsløb i naturen, fx kulstof, nitrogen og vand

#### *Udvikling i naturvidenskabelig erkendelse*

- kende til nogle forestillinger om stofopbygning, fx udviklingen fra de fire elementer til det periodiske system
- kende nogle tidligere kulturers forestilling om universets opbygning
- kende nutidens forestilling om solsystemets opbygning
- beskrive forhold, hvor udviklingen af teknologi er tæt forbundet med fysisk og kemisk viden

#### *Anvendelse af fysik og kemi i hverdag og samfund*

- kende til fordele og ulemper ved udnyttelsen af forskellige energiformer, herunder vedvarende energikilder
- give eksempler på, at der ved fremstilling af energi ofte produceres stoffer og varme, der påvirker miljøet, fx nitroøse gasser, CO<sub>2</sub> og spildvarme
- beskrive og forklare energioverførsel ved udvalgte eksempler fra teknikken, fx transport, transformation og brændselsceller
- beskrive udvalgte produkters og materialers vej fra fremstilling til bortskaffelse
- gøre rede for, hvorledes anvendelse af materialer kan påvirke ressourceforbruget, miljøet og affaldsmængden
- kende eksempler på produktionsprocesser og delprocesser heraf, fx gæring og katalyse
- kende til eksempler på elektronisk styring i hverdagen, fx styring af lys og trafik
- anvende it-baserede redskaber til dataopsamling og præsentation, fx temperaturregistrering, fartmåling og adgangskontrol

## *Arbejds måder og tankegange*

- formulere spørgsmål og indsamle relevante data
- planlægge og gennemføre praktiske og teoretiske undersøgelser
- fremlægge eksempler på fysisk og kemisk viden, opnået ved teoretisk og praktisk arbejde

## **Efter 9. klassetrin**

Forventninger til, hvad eleverne almindeligvis kan og ved inden for området:

### *Fysikkens og kemiens verden*

- anvende fysiske, kemiske begreber til at beskrive og forklare fænomener, fx krystalformer, additiv farveblanding og nordlys
- redegøre for anvendelse af modeller og simuleringer som led i en beskrivelse af fænomener og sammenhænge, fx lydens udbredelse, flyvning og stjernehimlen
- beskrive eksempler på kemiske forbindelser og deres indbyrdes reaktion
- forklare principper i det periodiske system
- kende og beskrive udvalgte enkle atomkerneprocesser, fx radon i boliger, dateringsmetoder og røgalarter
- forklare, hvordan indgreb i naturens stofkredsløb kan påvirke miljøet

### *Udvikling i naturvidenskabelig erkendelse*

- kende til udviklingen af atommodeller i forskellige tidsperioder
- redegøre for, at den atomare beskrivelse af grundstoffer og kemiske forbindelser er menneskets forsøg på at beskrive fænomener og sammenhænge i naturen
- kende til nogle af nutidens forestillinger om universets opbygning og udvikling
- gøre rede for, hvordan mennesket til forskellige tider har forsøgt at forklare sin egen placering i universet
- kende eksempler på, at udviklingen i videnskabsfagene fysik og kemi og den kulturelle udvikling er indbyrdes afhængige
- kende eksempler på, at behovet for teknologi har fremmet en udvikling af praktisk og teoretisk viden, fx vindmøller
- kende eksempler på, at udvikling af ny viden kan give uforudsete muligheder, fx informationsteknologi

### *Anvendelse af fysik og kemi i hverdag og samfund*

- beskrive hovedtræk ved samfundets energiforsyning
- kende argumenter for og imod omlægning af samfundets energiforsyning
- kende til udvalgte ressourcer, fx aluminium og olie samt deres vej gennem produktionssystemet
- beskrive energiomsætninger i blandt andet kraftværker og transportmidler, herunder tab i energikvalitet

- beskrive energiomsætning ved udvalgte vedvarende energikilder, fx solfanger, vandkraft og biogas
- kende til industriel produktion af nogle af hverdagslivets produkter og materialer, fx sodavand, plast og byggematerialer
- kende eksempler på udvinding af ressourcer, og hvorledes miljøet påvirkes af fx minedrift, dæmningsanlæg og vindmøller
- sammenligne forskellige metoder til fremstilling af samme produkt, fx papir, gødningsstoffer og konserveret mad
- kende til eksempler på anvendelse af teknisk viden i hverdagen, fx farve-tv, mikrobølgeovn og vaskepulver
- kende til enkle principper for transmission af information over store afstande, fx satellitter, lysledere, analog og digital transmission
- beskrive virkning af ioniserende stråling på levende væv, fx sundhedssektorens brug af strålebehandling og røntgenfotoografering

### *Arbejds måder og tankegange*

- formulere enkle problemstillinger, opstille hypoteser, efterprøve antagelser og vurdere resultater
- vælge og benytte hensigtsmæssige instrumenter og laboratorieudstyr, fx feltudstyr og data-loggere
- benytte fysisk og kemisk viden, opnået ved teoretisk og praktisk arbejde, fx i dialog, foredrag og rapporter
- vælge udstyr, redskaber og hjælpemidler, der passer til opgaven

### **Efter 10. klasses trin**

Forventninger til, hvad eleverne almindeligvis kan og ved inden for området:

### *Fysikkens og kemiens verden*

- anvende fysiske og kemiske begreber til at beskrive, forklare og forudsige fænomener
- benytte enkle modeller til at beskrive fænomener og sammenhænge, fx lysets natur, radioaktiv henfald og termisk isolering
- beskrive udvalgte stofegenskaber og stofomdannelse ved forskellige forbindelser mellem atomer, fx salte, is og elektrolyse
- kende og beskrive udvalgte enkle atomkerneprocesser
- redegøre for kemiske stoffer, materialer eller substanser på et udvalgt område, fx ernæring
- analysere menneskeskabte indgreb i stofkredsløb, fx ozonlaget og gødskning

### *Udvikling i naturvidenskabelig erkendelse*

- kende til udviklingen af atommodeller i forskellige tidsperioder

- redegøre for, at den atomare beskrivelse af grundstoffer og kemiske forbindelser er menneskets forsøg på at beskrive fænomener og sammenhænge i naturen
- kende til nogle af nutidens forestillinger om universets opbygning og udvikling
- gøre rede for, hvordan mennesket til forskellige tider har forsøgt at forklare sin egen placering i universet
- kende eksempler på, at udviklingen i videnskabsfagene fysik og kemi og den kulturelle udvikling er indbyrdes afhængige
- kende eksempler på, at behovet for teknologi har fremmet en udvikling af praktisk og teoretisk viden
- kende eksempler på, at udvikling af ny viden kan give uforudsete muligheder

### *Anvendelse af fysik og kemi i hverdag og samfund*

- vurdere energiplaner, blandt andet ud fra begreber som virkningsgrad, energikvalitet og bæredygtig udvikling
- kende til udvalgte ressourcers vej gennem produktionssystemet
- beskrive og forklare eksempler på energioverførsler med brug af begreber som virkningsgrad og energikvalitet
- kende udvalgte detaljer i en eller flere produktionsvirksomheder
- kende til handlemuligheder i forhold til forskellige produktionsprocessers påvirkning af miljøet, fx vandrensning og røgrensning
- sammenligne og argumentere for fordele og ulemper ved forskellige produktionsprocesser ud fra fx ressource- og energiforbrug, effektivitet samt det fysiske arbejdsmiljø
- kende til enkle principper for transmission af information over store afstande
- beskrive virkning af ioniserende stråling på levende væv

### *Arbejds måder og tankegange*

- formulere enkle problemstillinger, opstille hypoteser, efterprøve antagelser og vurdere resultater
- vælge og benytte hensigtsmæssige instrumenter og laboratorieudstyr
- benytte fysisk og kemisk viden, opnået ved teoretisk og praktisk arbejde
- vælge udstyr, redskaber og hjælpemidler, der passer til opgaven

## Læseplan for faget Fysik/kemi

Fysik/kemi beskæftiger sig med fysiske og kemiske grundfænomener, deres relationer til hverdagen og samspillet mellem teori og eksperiment.

Undervisningen baseres hovedsageligt på elevernes egne eksperimenter og undersøgelser. Arbejdet omfatter en grundig og varieret efterbehandling af de praktiske og eksperimentelle aktiviteter. Eleverne skal herigennem udvikle sprog og begreber.

Elevernes formidling af viden, sammenligning af resultater samt fortælling om arbejdet indgår i undervisningen. I undervisningen skal det eksperimentelle arbejde omfatte både meget bundne opgaver og opgaver med en høj grad af elevmedindflydelse. Arbejdet skal give mulighed for varierede arbejdsformer og forsøgsaktiviteter.

### Undervisningens indhold 7.-9. klasse

#### *Kriterier for indholdsvalg*

Indholdet bygger på det, eleverne har arbejdet med i natur/teknik og deres forskellige erfaringer fra dagligdagen og medierne. Der skal gennem forløbet ske en øgning af kompleksiteten i det valgte indhold både med hensyn til faglige og samfundsrelevante sammenhænge.

Gennem alle tre år skal der i valg af indhold lægges vægt på, at både det praktiske og teoretiske arbejde kan tilgodeses. Der skal gennem hele forløbet medtages teori og eksperimenter fra både fysik og kemi.

Den teori, der lægges ind i undervisningen, må have brugsværdi for eleverne. Den skal give dem overblik over fænomener, de kender eller gøre det mere spændende at iagttage verden.

I løbet af det tre-årige forløb skal de centrale kundskabs- og færdighedsområder som helhed dækkes.

#### *Fagets arbejds- og betragtningsmåder*

Arbejdet skal omfatte aktiviteter, hvor eleverne selv formulerer spørgsmål og selv foreslår og gennemfører undersøgelser og eksperimenter.

I undervisningen indgår brugen af apparatur, måleinstrumenter og laboratorieudstyr, herunder edb-udstyr. Eleverne skal foretage kvalificerede valg af metoder og udstyr ved indsamling og behandling af data. Der lægges vægt på nødvendigheden af at gøre omhyggelige iagttagelser og notater.

Eleverne skal arbejde med at formulere og videregive den fysiske og kemiske viden, de har opnået gennem arbejdet med teori og eksperimenter.

### *Stoffer og fænomener omkring os*

Eleverne skal arbejde med fysiske og kemiske fænomener som lufttryk, fordampning, opløsning, kogning, smeltning, korrosion, forbrænding, varmeisolering, statisk elektricitet, magnetisme, lysets brydning og lydens fart.

Undervisningen skal indeholde eksempler på fænomener, der er tæt forbundet med vore sanser som lyd, lys, varme og kulde, smag eller lugt.

Undervisningen skal omfatte egenskaber ved nogle stoffer og materialer, der omgiver os i vort dagligliv, fx luft, vand, metaller, plast, husholdningskemikalier, opløsningsmidler, kunstgødning, byggematerialer og tekstiler. I behandlingen lægges hovedvægten på mere generelle egenskaber som surhedsgrad, brændbarhed, elektrisk og termisk ledningsevne, styrke og nedbrydelighed.

### *Det naturvidenskabelige verdensbillede*

Undervisningen skal omfatte nogle grundlæggende træk i det nutidige naturvidenskabelige verdensbillede og menneskets placering heri. I undervisningen indgår også eksempler på de forestillinger, mennesker til andre tider har gjort sig om verdens fysiske og kemiske opbygning.

Undervisningen skal give eksempler på, at verden er opbygget af et begrænset antal grundstoffer, der kan indgå i en mangfoldighed af kemiske forbindelser. Atom- og molekylmodeller skal indgå i undervisningen som forklaring på en række stofegenskaber og -omdannelser. I undervisningen skal indgå eksempler på, hvordan man kan beskrive atomkerneprocesser.

### *Liv og miljø*

Eleverne skal arbejde med et eller flere fysiske eller kemiske kredsløb i naturen. Undervisningen skal omfatte enkle eksempler på, hvorledes menneskelig aktivitet kan påvirke miljøet gennem udvinding af naturressourcer, ved opførelse af produktionsanlæg, ved udledning af stoffer eller varmeenergi etc.

I undervisningen skal indgå eksempler på, hvordan fysiske og kemiske forhold i miljøet kan have betydning for mennesker, dyr og planter.

### *Teknologi*

Eleverne skal arbejde med eksempler på samfundets brug af lagerenergi og vedvarende energi samt følgevirkninger heraf. I undervisningen skal indgå kendskab til fordele og ulemper ved at udnytte forskellige energikilder og til de uundgåelige tab, der forekommer, når man udnytter forskellige former for energi.

Undervisningen skal omfatte eksempler på kemiske produktionsprocesser og kemisk produktion, samt fordele og ulemper ved anvendelsen af produkterne i landbruget, industrien eller den daglige husholdning.

I kundskabsområdet indgår desuden kendskab til fremstilling og distribution af elektricitet i samfundet og kendskab til principper bag brug af elektricitet i forskellige apparater i hjemmet. Endelig indgår kendskab til enkle elektroniske principper samt indblik i anvendelsen af elektronik i samfundet.

Eleverne skal have kendskab til de grundlæggende principper for måling og styring med datamaskiner. Samtidig skal de få indblik i, hvor og hvordan datamaskinen bruges i processerne, og få forståelse af, hvilken betydning den har for disse processer.

### Undervisningens indhold 10. klasse

I 10. klasse lægges der større vægt på faglig fordybelse, overblik og på forståelse af de større sammenhænge. Fordybelsen gælder både det praktiske og teoretiske arbejde.

I undervisningen skal eleverne arbejde med et eller flere af følgende områder:

- en udvalgt produktion i samfundet og dens relation til fysiske og kemiske grundfænomener
- en behandling af et miljø-, energi- eller sundhedsproblem med sigte på en fysisk og kemisk synsvinkel
- et aktuelt emne, der kan belyses med fysiske og kemiske grundfænomener
- en dybere behandling af et af kundskabsområderne: »Stoffer og fænomener omkring os«, »Det naturvidenskabelige verdensbillede«, »Liv og miljø«, »Teknologi«.

I undervisningen skal elevernes eget selvstændige arbejde indgå med betydelig vægt, både hvad angår det teoretiske og det praktiske indhold.

I løbet af 10. klasse skal de centrale kundskabs- og færdighedsområder som helhed dækkes, og arbejdet skal omfatte både fysik og kemi.

## Vejledning for faget Fysik/kemi

Vi er i vores hverdag omgivet af forskellige former for teknologi, som er med til at gøre tilværelsen lettere. Men udviklingen frem til industrisamfundet har medført en lang række miljømæssige problemer, som også spiller en væsentlig rolle for os i vores dagligdag. Disse forhold, samt den megen omtale af naturfaglige emner i medierne, må dagens og fremtidens borger forholde sig til. Derfor er det en væsentlig opgave for skolen at give eleverne mulighed for at få en vis grundlæggende viden om naturfaglige og teknologiske emner og problemer. Naturvidenskabelig dannelse er vigtig, både i forhold til hverdagslivet og med henblik på de beslutninger man som borger skal være med til at tage i et demokratisk samfund. Fysik/kemiundervisningen må derfor have til opgave at bidrage til, at der i befolkningen generelt er et rimeligt højt oplysningsniveau om naturvidenskabelige og teknologiske emner.

I fysik/kemi skal eleverne tilegne sig nogle grundlæggende begreber og metoder, samtidig med at de opnår en håndterlig viden. Det er vigtigt, at eleverne føler, at de har succes med fysik/kemi, og at de gennem arbejdet oplever, at faget kan bruges til noget. Det er en væsentlig forudsætning for, at eleverne senere har lyst til at gå videre med indholdet.

Arbejdet med fysik/kemi bør give eleverne udfordringer, som stimulerer deres kreativitet og fantasi, samtidig med at det rummer elementer af betydelig oplevelsmæssig værdi. Eleverne kan gøre spontane iagttagelser og glæde sig over noget smukt og overraskende. De kan opleve tilfredsstillelsen ved at lære noget, som gør dem i stand til at betragte omverdenen med ny indsigt.

Indholdet i de centrale kundskabs- og færdighedsområder er valgt ud fra et ønske om, at det, eleverne arbejder med i fysik/kemi, ikke kun skal have brugsværdi, men også give dem oplevelser og visioner om den verden, de selv er en del af.

### *Fagets tidsmæssige ramme*

Den vejledende timefordelingsplan angiver to lektioner om ugen til fysik/kemi, men da alt praktisk arbejde kræver sammenhængende tid, kunne undervisningen måske organiseres på en anden måde. Mange finder, at det er en god ide med dobbeltlektioner, så der er tid til efterbehandlingen og alt det praktiske. Dobbeltlektioner gør det lettere at arrangere mindre ekskursioner og undersøgelser på skolen eller i skolens nærmeste omegn.

Andre vælger at læse fysik/kemi som semesterlæsning. Mange skoler har i de senere år udnyttet denne mulighed, faktisk er fysik/kemi det største mundtlige fag ved »juleprøven«. Semesterlæsningen giver en række fordele, faget bliver synligt på skemaet, eleverne får et kortere, men mere koncentreret forløb, og selv når der sker aflysninger af undervisningen, går der normalt ikke uger mellem lektionerne.

Periodelæsning er også en mulighed. Klassen har i en kortere periode mange lektioner i fysik/kemi, og i andre perioder ingen. Over et skoleår skal eleverne opnå det samme antal lektioner som en »normal« klasse med 2 lektioner om ugen.



Ved planlægning af skoleåret, skal man som lærer tage mange hensyn. Folkeskolens formål, fagets formål, de centrale kundskabs- og færdighedsområder, stofindholdet og kriterierne fra læseplanen for at nævne noget af det mest oplagte. Derudover skal der også tages hensyn til de lokale muligheder, ligesom man som lærer må tænke over, hvor mange lektioner, der reelt er til rådighed, når hyttetur, lejrskoler, praktik mv. går fra. Planlægningen må ikke være så stram, at der ikke bliver plads til det helt aktuelle, enten det er taget fra nyhedsmedierne eller fra noget, eleverne selv har oplevet.

### *Kriterier for stofudvælgelse*

De centrale kundskabs- og færdighedsområder skal være styrende for indholdsvalget. Indholdet er beskrevet i meget overordnede vendinger, så den enkelte lærer må selv sammen med eleverne vælge det konkrete indhold.

### *Eleverne skal have indflydelse på stofvalget*

Det er nødvendigt at inddrage eleverne i planlægningen, fordi elevernes forhåndsviden og deres færdigheder skal ligge til grund for undervisningen. Eleverne har gennem de foregående års natur/teknikundervisning opnået en viden og nogle færdigheder, som det er nødvendigt for fysik/kemilæreren at skaffe sig et kendskab til. Når fysik/kemilæreren har haft eleverne i natur/teknik vil denne viden selvfølgelig være til stede. I den situation vil det være let dels at vælge det faglige udgangspunkt dels at fremkalde elevernes erindringer på det faglige område. I andre tilfælde kan det være sværere at finde frem til elevernes viden og forståelse opnået gennem den foregående undervisning. På den enkelte skole må der opbygges en praksis, der sikrer et samarbejde mellem naturfagslærerne, således at biologi-, geografi- og fysik/kemiundervisningen kan foregå med udgangspunkt i elevernes forudsætninger.

Det vil være væsentligt, at læreren meget bevidst arbejder på at finde frem til, hvad eleverne før har arbejdet med. I praksis er dette ikke helt enkelt. Det, man lærer, er tæt knyttet sammen med hele den situation, læringen er sket i. Hvis fysik/kemilæreren spørger om, hvilken luftart, der dannes ved fotosyntese i grønne planter, kan eleverne i første omgang måske ikke huske, at de har lært noget om det i natur/teknikundervisningen. Men erindringerne kommer frem, når samtalen handler om dengang bønnespirene blev grønne, da de kom ud i sollyset. Det er ofte få elever, som umiddelbart kan huske episoder fra undervisningen, men deres fortælling kan være med til at kalde hukommelsen til live hos de øvrige elever, bl.a. fordi de kan nævne bestemte elever eller beskrive særlige situationer. Som lærer er det vigtigt at prøve at fremkalde disse erindringsspor gennem samtale med eleverne, ved planlægning sammen med eleverne, ved at lade eleverne i grupper arbejde med en »kortlægning« af deres begreber om det tema, der skal arbejdes med eller ved at bruge andre teknikker til at finde frem til elevernes forudsætninger.

### *Udnyttelse af muligheder i lokalområdet*

Den nærmere planlægning i samarbejde med eleverne skal udnytte muligheder i lokalområdet. Det vil være nærliggende at vælge at behandle nitratkredsløbet i de områder, hvor de lokale vandboringer bliver lukket på grund af for høj nitratkoncentration. Det vil være naturligt at arbejde med kulstoffets kredsløb og organisk kemi i områder med sukkerroer og sukkerfabrikker,

ligesom et tema som fra kartoffel til alkohol kunne være relevant for elever i nærheden af spritfabrikkerne. Et tema om vandkvalitet og vandforsyning kan omfatte besøg på det lokale vandværk og rensningsanlæg. Et tværfagligt forløb om genbrug kan knyttes til kommunens genbrugsplads, til affaldsforbrændingsanlægget og til den nærliggende plastforarbejdningsfabrik. Et tema om navigation og kommunikation vil fx være selvfølgelig i byer med store industrihavne. I områder med naturgenopretning af vandløb og søer vil det være relevant at behandle et NPO-tema.

### *Indholdet i et tema hentes fra flere af de centrale kundskabs- og færdighedshedsområder*

De centrale kundskabs- og færdighedshedsområder udpeger nogle centrale felter, som eleverne skal opnå sammenhængende indsigt i. De skal ikke ses som baggrund for en opdeling af den daglige undervisning. I ethvert tema vil det normalt være sådan, at »fagets arbejds- og betragtningsmåder« indgår. De grundlæggende fænomener, der optræder i »stoffer og fænomener omkring os«, vil på tilsvarende måde ofte indgå i en lang række sammenhænge. Ved behandlingen af karakteristiske egenskaber ved forskellige stoffer, ved omtalen af stoffers opbygning af atomer og molekyler, i en gennemgang af vandkredsløbet i naturen, i en behandling af den betydning fysiske og kemiske forhold kan have for det levende osv. Det er netop ved at møde begreber og fænomener i mange forbindelser, at eleverne får mulighed for at få et bredt indhold i begreberne og sammenhæng i deres indsigt.

De enkelte temaer vil således ofte hente stoffet fra flere af de centrale kundskabs- og færdighedshedsområder og kan også godt inddrage stof fra både fysik og kemi. Et tema om støjforurening vil tage sit udgangspunkt i »stoffer og fænomener omkring os«, men der vil også indgå stof fra »liv og miljø« og »teknologi«. Et tema om lys og farver vil som udgangspunkt behandle stof fra »stoffer og fænomener omkring os«. I emnet vil også indgå »liv og miljø« i forbindelse med behandling af belysningens betydning for mennesker, dyr og planter og »teknologi« i tilknytning til fremstilling af farvestoffer og i opbygningen af belysningsarmaturer. Også »det naturvidenskabelige verdensbillede« kan blive inddraget i omtalen af farvestoffers opbygning og fremstilling gennem tiderne. Et sådant tema vil således hente stof fra mange af de centrale kundskabs- og færdighedshedsområder, og der vil i temaet indgå stof fra både kemi og fysik. Et tema om energiforsyning og miljøbelastning inddrager på samme måde både kemiske og fysiske begreber og betragtningsmåder. Det henter sit stof fra en stor del af de centrale kundskabs- og færdighedshedsområder.

### *Forskellige vinkler på det valgte stof*

En klasse kan i forlængelse af tidligere arbejdsformer eller emnevalg i andre fag ønske at arbejde med fysik/kemi ud fra en særlig indfaldsvinkel.

### *Praktisk og håndværksmæssigt*

Der kan være tale om, at klassen ønsker at lægge særlig vægt på at arbejde håndværksmæssigt eller undersøge de praktiske aspekter ved de fysik/kemi-emner, man skal arbejde med.

Eleverne kan undersøge anvendelse af elektrisk energi i boligen ved at de opbygger en model af et hus. I dette hus skal de installere de nødvendige ledninger, sikringer, afbrydere og lampesteder. I arbejdet med dette emne lægges der stor vægt på vigtigheden af håndværksmæssigt godt arbejde som grundlag for den gode funktion og den nødvendige sikkerhed. Sikkerhedsaspektet får i dette emne en stor plads, og der relateres hele tiden til de forhold, eleverne kender fra deres eget hjem og deres egen omgang med elektricitet.

Boligen kan også være udgangspunkt for undersøgelse af isoleringens betydning for indeklima og varmeregningens størrelse.

Eleverne kan bygge små modelhuse, som opvarmes med deres selv fremstillede elektriske varmeapparater. Husene kan isoleres med materiale af forskellig art og tykkelse. Eleverne kan også undersøge, hvilken betydning det har, om et hus er »tungt« eller »let«. I arbejdet kan også indgå, hvordan rumopvarmning og opvarmning af brugsvand kan ske på forskellig måde.

Eleverne får gennem dette arbejde mulighed for at foretage konkrete vurderinger af privatøkonomisk art.

Mange af de nævnte modelforsøg kan udvides til at strække sig over længere tid. Temperaturmålinger over længere tid kan udføres ved hjælp af dataopsamlingsudstyr og datamaskine. Når forsøgene udstrækkes til, at der foretages målinger på rum i fuld skala, fx når det skal undersøges, hvordan temperaturen i et uopvarmet rum ændrer sig gennem et døgn, er det nødvendigt at anvende edb-udstyr.

I et forløb der drejer sig om omsætning af energi og bestræbelser på at holde på varmen, er det naturligt at beskæftige sig med fremstilling af energi til boligens funktioner. Eleverne kan arbejde med konstruktion af solfanger, forsøg med solceller, selvkonstruerede vindmøller og lagring af elektrisk energi.

Et forløb om stoffer og materialer i husholdningen kan omfatte forskellige metoder til konservering af madvarer. Eleverne kan arbejde med saltning, rygning, henkogning, syltning, gæring og andre måder at konservere fødevarer på. Gennem eksperimenter kan eleverne undersøge, hvad der sker med madvarerne, når konserveringen ikke er tilstrækkelig, og de kan undersøge, hvilken indvirkning forskellige konserveringsmetoder har på madvarernes smag, lugt og udseende.

I en klasse kan et forløb om lyd bl.a. komme til at dreje sig om fremstilling af forskellige typer af »musikinstrumenter«, trommer, xylofoner, fløjter og strengeinstrumenter. Elektronisk musik kan blive til et forløb om stabile multivibratorer og højttalerens funktion.

### *Miljømæssig indfaldsvinkel*

Når en klasse har valgt at arbejde med fysik/kemi ud fra en miljømæssig synsvinkel, bruger eleverne megen tid på arbejdet med ressourcer og sammenhænge. De undersøgelser som eleverne foretager vil ofte foregå i deres nære omgivelser.

De vil undersøge, om regnen er sur og årsagerne til det. I arbejdet med den sure nedbør bliver der lagt stor vægt på, hvilke virkninger den kan få for miljøet. Eleverne arbejder med udvinding af råolie, fremstilling af forskellige kulbrinter og deres anvendelse i produktion og energiforsyning.

Eleverne arbejder også med trafikfysik. Transport er forbundet med omsætning af store energimængder og afstedkommer ulykker, støj og anden forurening af miljøet. Det skyldes nogle fysiske, kemiske og tekniske forhold, som eleverne undersøger i laboratoriet og deres lokalområde. I undervisningen lægges stor vægt på forståelsen af sammenhængen mellem at flytte biler og gods og omsætningen af energi.

Det moderne samfunds energibehov er stort. Klassen kan arbejde med, hvordan samfundet kan skaffe sig den nødvendige energi ved omsætning af fossile brændsler, kerneenergi, vindkraft og forskellige former for bioenergi, og hvordan energien distribueres til og omsættes hos forbrugerne. I arbejdet indgår overvejelser om energiforbrugets størrelse og energiproduktionens belastning af miljøet. Der arbejdes også med forslag til at nedbringe energiforbruget og med en eventuel mere hensigtsmæssig sammensætning af energiproduktionen.

Klassen kan i et arbejde med Danmarks intensive landbrug vurdere, hvilke krav dette stiller til tilførslen af næringssalte til afgrøderne og virkningen for miljøet. Klassen kan undersøge forskellige saltes betydning for udvalgte afgrøder, og hvordan disse salte kan fremstilles i form af kunstgødning. Klassen kan undersøge, hvad der sker med udvalgte afgrøder, når der tilføres forskellige mængder gødning, og konsekvenserne af overgødskning i form af nedsivning af nitrat til grundvandet og for store mængder næringssalte i vandløb og søer.

### *Teknologisk synsvinkel*

Undervisningen i fysik/kemi kan tage udgangspunkt i en teknologisk synsvinkel på de emner, som eleverne arbejder med.

I et emne om elektricitet kan der fokuseres på generatorens opbygning og funktion, transformatoren og transformation samt betydningen af den højspændte distribution af elektrisk energi.

Under arbejdet med elektronisk kommunikation kan eleverne gå i dybden med undersøgelse af opbygning og funktion af mikrofoner, højttalere, tonehovedet i en båndoptager og billedrøret i fjernsynet.

Problemerne med produktion af energi kan føre til, at eleverne ud fra bøger, plancher og AV-materialer arbejder med kernereaktorerens funktion og opbygning, samt hvordan man konkret sikrer sig, at den ioniserende stråling ikke når skadelige niveauer uden for reaktoren.

Undersøgelse af energiproduktion på grundlag af råolie kan blive udgangspunkt for et detaljeret arbejde med olieraffinaderier, destillation og nedbrydning af lange kulbrintekæder til mere anvendelige molekyler .

Der kan i en klasse være elever som ønsker at arbejde med den teknologiske eller miljømæssige side af et emne eller tema, mens andre ønsker at arbejde med en praktisk indfaldsvinkel. For de elever, som arbejder ud fra eget valg, vil der normalt være tale om et større udbytte, men også for resten af klassen giver det en mulighed for at se et emne belyst fra flere sider. I fremlæggelsesfasen giver det en mulighed for at se bredden i et fysisk/kemisk problem, som ingen elev selv ville kunne nå at belyse.

Det vil næppe være hensigtsmæssigt, at en klasse udelukkende arbejder ud fra én af ovenstående indfaldsvinkler. Emnets karakter, elevernes udvikling eller deres interesser gør det nødvendigt at vurdere, om et emne eller tema skal anskues fra en anden synsvinkel end den klassen eller den enkelte elev normalt har brugt. Det er også vigtigt, at læreren opmuntrer den enkelte elev til at vælge varierede arbejdsformer og indfaldsvinkler.

Undervisningen skal vælges og tilrettelægges i samarbejde med eleverne. Men det er lærerens ansvar, at de centrale kundskabs- og færdighedsområder dækkes alsidigt.

## **Indhold i undervisningen**

### ***Planlægning af undervisningsforløb***

Det er en væsentlig forudsætning for elevernes engagement, at de kender til begrundelserne for, at netop det tema eller faglige emne er på dagsordenen. Når det drejer sig om den daglige planlægning bør eleverne være med i udvælgelsen af stoffet og i den nærmere tilrettelæggelse af undervisningsforløb.

Klimaet i klassen og graden af tillid mellem elever og lærer har stor betydning for, hvilke muligheder der er for dette, og det er en god idé at lærer og elever kender hinanden fra andre sammenhænge.

De lokale forhold har stor indflydelse på, hvordan undervisning i praksis kommer til at foregå.

Men selv om der er forskellige forhold fra skole til skole og variationer fra klasse til klasse, er der bestemte forhold omkring undervisning, som kan være med til at styrke elevens engagement og læring i naturfag. Der er mange muligheder for at variere de pædagogiske hjælpemidler i undervisningen.

Der kan være et ønske med et samarbejde på tværs af klassetrinnet, eller, der kan være planlagt et tværfagligt emne i klassen med inddragelse af flere af klassens fag. Der kan også være planlagt en feature på skolen, hvor fysik/kemi indgår. I de tilfælde må det gøres klart for eleverne, hvad arbejdet skal dreje sig om. Men man skal som lærer være opmærksom på, at elevernes direkte indflydelse på undervisningen meget let forsvinder, når flere klasser og lærere indgår i samarbejde.

I den følgende beskrivelse af undervisningsforløb og i eksemplerne på valg af faglige emner og temaer er der lagt vægt på mulighederne for tværfagligt arbejde og relationerne til det omgivende samfund. Denne vægtning er valgt for at rette opmærksomheden mod, at undervisningen skal

være problematiserende og perspektiverende ved siden af elevernes arbejde med grundlæggende fysiske og kemiske problemstillinger.

### *Fagsamarbejde*

Læseplanerne for mange af skolens fag lægger op til en undervisning som inddrager fænomener og sammenhænge i den verden, som omgiver eleverne.

Fagsamarbejde kan gennemføres på flere niveauer. I den tværfaglige undervisning indgår fagene med alle deres ressourcer, tid, lærere og faciliteter. Samarbejdet kan også bestå i et emnefællesskab, hvor eleverne arbejder med det samme emne i forskellige fag, uden at det får indvirkning på organiseringen af undervisningen.

I et samarbejde om en gruppe elevs arbejde i et fag, emne eller tema, kan det lykkes at skabe en bedre forståelse, når nogle problemstillinger belyses fra endnu en synsvinkel. Fysik/kemi kan i mange tilfælde bidrage med de detaljerede undersøgelser, som øger muligheden for, at eleverne kan forstå de problemstillinger, der er rejst i »basisfaget«. Fx kan et emne om »atomkraft« i samfundsfag udvides med forsøg i fysik/kemi om ioniserende stråling og et emne om »vore sanser« kan udbygges med forsøg i fysik/kemi om lys og lyd.

Tilrettelæggelse og gennemførelse af praktisk undersøgende arbejde er traditionelt knyttet til de fag, som involverer laboratoriarbejde i undervisningen. Fysik/kemi kan i et fagsamarbejde give eleverne mulighed for at arbejde med dele af en overordnet problemstilling på en anden måde, end de ellers havde mulighed for.

Hvis en klasse i et tværfagligt emne arbejder med den kommunale renovation, kan fysik/kemi bl.a. bidrage med et forløb om energi. Eleverne får mulighed for at lave eksperimenter med varmeenergi og undersøgelse af forbrændingsprodukter og energiproduktion fra udvalgte typer affald.

I mange historiske perioder er der sket vigtige og interessante opdagelser og opfindelser på det naturvidenskabelige område. Opdagelser, som var betinget af samfundets udvikling, og som fik betydning for den fortsatte udvikling. I et tværfagligt emne om Chr. IV kan fysik/kemi belyse de vigtige opdagelser, som skete i Danmark og Europa indenfor astronomi ved at arbejde med astronomi. Det konkrete arbejde med observationer og beregninger giver et nyt forhold til de historiske personers muligheder og arbejdsforhold.

Lys og lyd som fysiske fænomener, der er knyttet til nogle af vore sanser, kan behandles i fagsamarbejde eller emnefællesskab med biologi, når eleverne arbejder med mennesket og dets sanser.

Et historisk forløb om Anden Verdenskrig eller et samfundsfagligt forløb om atomkraft i energiproduktion kan give anledning til, at der i fysik/kemi arbejdes med nogle mere grundlæggende emner som kernespaltning, ioniserende stråling og radioaktive stoffers halveringstid.

Det er vigtigt at initiativet til samarbejde med andre fag også kommer fra fysik/kemi. Når fysik/kemi-undervisningen foregår som afsluttede forløb, kan der bidrages til den nødvendige problematisering og perspektivering ved at dele af de behandlede emner tages op i andre fag. Det kan ske i forlængelse af undervisningen i fysik/kemi eller som et parallelt forløb, hvor der anvendes en anden angrebsvinkel, fx en samfundsfaglig, biologisk eller musisk. Det er af stor betydning, at eleverne kan opleve anvendelsesaspektet i skolens andre fag og se det i skolens udadrettede aktiviteter i form af ekskursioner, lejrskoler, praktik m.m.

## **Elevforudsætninger og læring**

### *Om at lære noget i fysik og kemi*

Siden naturlære blev indført som skolefag i folkeskolen omkring århundredskiftet, har der i de officielle bestemmelser for faget været lagt stor vægt på elevernes selvstændige arbejde. I bestemmelserne har der altid været lagt vægt på eksperimentet i undervisningen og på, at eleverne selv skulle arbejde i laboratoriet med forskellige former for forsøg. En af begrundelserne har været, at ny viden og erkendelse i videnskabsfagene skabes i vekselvirkning mellem teori og eksperiment.

I de sidste år er der kommet endnu større fokus på elevernes eget arbejde med undersøgelser og eksperimenter. Det er ikke blot, fordi traditionen i fagene kræver det, at der lægges vægt på elevernes arbejde med forskellige former for forsøg. Det opfattes som en væsentlig kilde til elevernes læring i fagene, at eleverne arbejder selvstændigt med praktisk arbejde i og udenfor laboratoriet.

Viden kan ikke overføres som en færdigret fra lærer til elev. Den enkelte elev må selv gøre arbejdet med at føje ny viden og erfaring ind i sammenhæng med det, der allerede er lært. D.v.s. hvad enten eleven følger en lærerdemonstration, læser en tekst eller udfører eksperimentelt arbejde, skal eleven sammensætte og bearbejde det nye og det allerede lærte til en meningsfuld helhed. Når elever arbejder i deres egen takt, har de bedre betingelser for at udføre dette læringsarbejde, end når de følger med i en sammenhængende gennemgang fra læreren.

Men det er værd at lægge mærke til, at den faglige læring sker i en social sammenhæng, så det ikke kun er de faglige facts, der får indflydelse på, hvilken mening og forståelse eleverne får ud af arbejdet med forsøgsaktiviteter. I diskussion og tolkning af forsøgsresultater, kan argumenter fra elever med større autoritet blandt kammeraterne få større vægt end faglige argumenter. I en gruppe, som lægger vægt på enighed om beslutninger i gruppen, kan behovet om enighed overskygge muligheden for at undersøge forskellige faglige forslag.

Opfattelsen af, hvordan elever lærer, bør have indflydelse på planlægning og tilrettelæggelse af undervisningen. Når eleverne skal lære at tage medansvar for at lære noget, er det en forudsætning, at de bliver bevidste om, hvad undervisningen går ud på, og hvad det er de skal lære.

## *Progression fra natur/teknik til fysik/kemi*

*Natur/teknik danner grundlaget for arbejdet i fysik/kemi*

Natur/teknikundervisningen giver mulighed for en større kvalitet i fysik/kemiundervisningen. Eleverne har opnået erfaringer og færdigheder, som er grundlæggende for undervisningen i fysik/kemi. Fra den eksperimenterende arbejdsform i natur/teknik vil eleverne have færdigheder i at gennemføre og tilrettelægge praktisk arbejde og til at samarbejde i grupper.

Fra natur/teknik vil eleverne være vant til at arbejde tværfagligt med naturfagene og vil derfor kunne sætte den faglige forståelse i relation til verden uden for fysik/kemilokalet. I fysik/kemi kan der på det grundlag arbejdes med at erkende fagenes identitet samtidig med at perspektiveringen opretholdes. Eleverne har mulighed for at opnå en sammenhængende faglig forståelse baseret på erfaringer hentet over en lang årrække.

Eleverne vil således inden for de fleste områder have nogle mere eller mindre fælles forudsætninger fra de foregående års undervisning. Det giver nogle muligheder og nogle udfordringer til fysik/kemilæreren. Som lærer skal man være parat til at tage disse udfordringer op.

Eleverne vil være mere blaserte overfor »juleforsøg« og i 7. klasse vil fysik/kemi ikke mere have nyhedens interesse - og eleverne vil nok allerede selv have lavet flødebolleforsøget!

Det er en forudsætning for tilrettelæggelsen af undervisningsforløb, at en fysik/kemilærer, som ikke har haft eleverne i natur/teknik, enten gennem samtaler med natur/tekniklæreren og med eleverne eller fra klassens logbog finder ud af, hvad eleverne har arbejdet med indenfor området.

Fx indenfor området elektricitet og magnetisme vil elevernes leg og eksperimentering på de forudgående klassetrin gøre det nødvendigt at nytænke indholdet. Fysik/kemi har haft en tradition for, at der netop indenfor disse områder var mulighed for eleverne til at eksperimentere meget frit. Men nu vil de allerede have leget med magneter og have oplevet glæden ved at få en pære til at lyse i et simpelt kredsløb. En del af eleverne vil have arbejdet med mere komplicerede kredsløb i forbindelse med projekter om at installere lys i en modelby eller et modelhus og kan bruge begrebet strømkreds i praksis. Eleverne vil derfor have et andet udgangspunkt, og undervisningen vil kunne stille andre krav end tidligere både til faglig dybde og til perspektivering. I stedet for at arbejde med simple kredsløb med parallelforbindelser og serieforbindelser kan de fx arbejde med elektroniske konstruktioner og gennem arbejdet med dem få rutine i at udføre målinger både med voltmeter/amperemeter og oscilloskoper. I forbindelse med et tema om lokalområdets energiforsyning kan undervisningen indeholde både de fysiske og kemiske forhold vedrørende energiproduktion og undersøgelse og vurdering af politiske beslutninger på området.

*Et eksempel på progressionen i et fagligt område gennem hele skoleforløbet*



Med naturfagenes placering i skolen er det muligt for eleverne at opnå viden og erfaringer gennem en tilbagevendende til det samme faglige område over 9 års skolegang, som det næste eksempel vil belyse.

Udgangspunktet for eksemplet er »det naturvidenskabelige verdensbillede« i de centrale kundskabs- og færdighedsområder. Her er givet retningslinier for det faglige indhold som skal opnås gennem fysik/kemiundervisningen. Når eleverne er nået gennem 9. klasse, kan man forvente, at eleverne har stiftet bekendtskab med, at stof er opbygget af partikler, og at der findes nogle modeller med forklaringsværdi, så eleverne kan få en forståelse af det videnskabelige sprog, som bruges i beskrivelsen af atomer og molekyler. Denne vidensopbygning vil ske gennem hele skoleforløbet, og følgende eksempel skal illustrere en classes arbejde indenfor dette vidensområde.

Klassen arbejdede i indskolingen med lufts egenskaber i forbindelse med et tema om »Efterår«. Eleverne fik opbygget et kendskab til, at luft har »substans«, og er overalt. I 3. klasse arbejdede klassen med dyrs levevilkår om vinteren og lavede forsøg med vands tilstandsformer. Året efter arbejdede eleverne med et tema om vand som levested for planter og dyr og udførte en række forsøg med vand som opløsningsmiddel. De lærte om blandinger og rene stoffer og fik erfaringer med stoffers opløselighed. Næste år i 5. klasse havde klassen et tema om livsbetingelser for planter og arbejdede med luftarterne kuldioxid og ilt som et led i forsøg med fotosyntese. Derved fik de en begyndende forståelse af kemiske reaktioner og stoffers omdannelse uden dog at kunne disse ting med et formelt formelsprog.

Et tema om stoffer fra køkken, badeværelse og bryggers i 6. klasse gav eleverne viden om, at der i dagligdagen i husholdningen bruges en lang række kemikalier med karakteristiske egenskaber, som opløselighed, surhedsgrad og brændbarhed. Eleverne lærte at se på varedeklarerationer, hvor stoffernes kemiske navne er en af oplysningerne, som er tilgængelige som oplysning for den »almindelige forbruger«.

I 7. klasse kunne der derfor arbejdes mere formelt med at beskrive stoffers opbygning i atomer og molekyler, med stoffers tilstandsformer og med simple navngivningsregler for kemiske forbindelser. Det skete gennem arbejdet med et tema om affald og genbrug. I enkle forsøg med forbrænding kunne simple kemiske omdannelser, hvor ilt indgår, blive beskrevet både med ord og med de første opskrivninger af kemiske reaktioner.

I 8. klasse kunne der arbejdes mere systematisk med det periodiske system som grundlag for et arbejde med galvaniske celler og elektrolyse. Derved lærte eleverne om simple ioner og om sammensatte ioner. I et tema om drikkevand og spildevand havde eleverne brug for denne viden i forståelsen af de mere simple påvisningsreaktioner for ioner. Samtidig kunne de arbejde med blackbox-reaktioner i form af testsæt eller sticks til fx påvisning af nitrat. Nogle af eleverne kunne lave simple støkiometriske beregninger i beregningen af fx det procentiske indhold af fosfor og af fosfat.

I 9. klasse arbejdede eleverne igen med forbrændingsprocesser og reaktionsligninger i et tema om energiforsyning og røggasrensingsprocesser. I samme tema kunne eleverne i arbejdet med kerneenergi komme til at arbejde med isotoper og kernereaktioner.

Som vist i ovenstående eksempel kan eleverne gennem 9 års undervisning vende tilbage til samme faglige område flere gange. Der vil komme en progression i undervisningen både på det faglige område og på det færdighedsmæssige. Arbejdsformerne vil udvikle sig fra iagttagelse og beskrivelsesforklaringer til arbejdet med måling af kvantitative størrelser og vekselvirkningen mellem teori og eksperiment. Perspektivering af undervisningen kan bevæge sig fra det nære og de umiddelbare erfaringer til forhold længere væk fra elevernes dagligdag og til mere abstrakte sammenhænge.

### *Om forhåndsviden og elevforudsætninger*

Som nævnt har eleverne tanker og teorier om den fysiske omverden. De har forklaringsmodeller for, hvad der får en bold til at bevæge sig. De gør sig overvejelser over, hvad der sker, når man trykker på en kontakt, og lyset tændes. Eleverne har fra natur/teknikundervisningen begreber og viden, som skal være grundlag for undervisningen i fysik/kemi.

Det eleverne allerede ved, har afgørende indflydelse på opbygningen af ny viden. Derfor er det af betydning for læringen, at elevernes forhåndsviden kommer frem i lyset. Når der i undervisningen arbejdes med temaforløb er det ekstra vigtigt for læreren at få kendskab til elevernes forventninger og forhåndsviden, fordi det bør sikres, at eleverne opbygger et fagligt skelet, som kan hjælpe dem med at sammenknytte erfaringer og vidensopbygning fra et temaforløb til de næste.

#### *Hvordan finder man frem til elevernes forhåndsviden?*

Der findes forskellige metoder, som kan bruges til at indkredse elevernes forhåndsviden.

En er at lade eleverne finde frem til, hvilke spørgsmål, de vil stille om det foreslåede tema, eller hvad de gerne vil lære mere om. Det kan ske individuelt eller i grupper. I nogle tilfælde kan det være en hjælp særlig for de erfaringsfattige elever, når de har lejlighed til at se bøger, video eller andet materiale om temaet, inden de skal komme frem med ideer. Hvis en 8. klasse vil arbejde med astronomi, kan læreren som start på temaet på pædagogisk central låne en lang række bøger om temaet, både bøger beregnet på voksne og bøger med mange billeder beregnet til børn på mindre klassetrin. Ved at orientere sig i bøgerne får eleverne flere ideer til, hvad de kan vælge og bedre baggrund for at beslutte, hvad de enkelte grupper vil koncentrere sig om.

En anden metode er at lade eleverne skrive en sammenhængende tekst om det forestående tema fx om lyd, for derefter at planlægge temaet med udgangspunkt i elevernes tekster.

Andre fremgangsmåder kan være sammen med eleverne at lave idéassociation på tavler eller lave planlægningsdiagrammer i fællesskab i klassen eller i grupper. Læreren kan også vælge at lade eleverne arbejde med begrebskortlægning (concept mapping) alene eller i grupper med nogle af de begreber, som det er hensigten, at eleverne skal lære ud fra undervisningsforløbet.

Når man arbejder bevidst med at få elevernes forhåndsviden frem i lyset, er det ofte overraskende at opdage, hvor individuelt forskellige elevernes begrebsindhold er for de

fysik/kemifaglige termer - og ikke mindst, hvor forskelligt elevernes begrebsindhold er fra de fagligt definerede.



Erland R. Andersen

### *Eleverne skal opdage, at de lærer noget*

Nogle elever har slet ikke fornemmelsen af, at de lærer noget, når de laver forsøg. Det gælder særlig for elever med en kulturbaggrund, hvor det talte eller skrevne sprog har stor autoritet som kilde til viden. Nok oplever eleverne i begyndelsen af deres skoleliv eksperimenter og undersøgelser i natur/teknikundervisningen som kilde til viden og læring, men der er alligevel grund til at bruge metoder i undervisningen, som kan vise eleverne, at de har lært noget i fysik og i kemi, og at de kan forstå det, der foregår.

Derfor bør der ved en afsluttende evaluering ske en tilbagevenden til de ideer, som eleverne gav udtryk for i starten af arbejdet med temaet eller området. Derved bliver eleverne dels konfronteret med forhåndsforventninger og forestillinger, dels bliver det muligt for eleverne at finde ud af, hvad de har lært.

Eleverne kan fx igen lave begrebskortlægning. De kan se i den logbog, som er ført under arbejdet med temaet eller se, hvor meget der er kommet til i den fælles database. Eller læreren kan udarbejde en videns- eller færdighedsprøve, hvor de må bruge de materialer, som er brugt under arbejdet. Derved får eleverne en fornemmelse af, hvilke krav, der stilles til dem, og om de kan indfri disse krav.

Eleverne kan lave en plancheudstilling for resten af skolen om fx et tema som »Hvor får vi drikkevand fra?«. De kan planlægge et undervisningsforløb fx om elforsyningen til vore huse for

anden- og tredjeklasserne på skolen. De kan planlægge en række praktiske aktiviteter til et forældrearrangement fx om kemi i hjemmet.

Udviklingsprojekter har vist, at eleverne tager arbejdet i timerne meget mere alvorligt, når de oplever, at viden og teori fra fysik- og kemiundervisningen kan bruges i andre sammenhænge.

Der sker ellers let det i skolen, at erfaringer og viden blot lidt efter lidt opbygges hos eleverne, så de ikke mærker nogen forandring, og derfor ikke selv får fornemmelse af, at de har lært noget. En afslutning, der sikrer elevernes fornemmelse af at have lært noget, giver dem større selvtillid i forhold til faget. Det er måske særlig vigtigt for pigers interesse og deltagelse i faget at arbejde med denne dimension i undervisningen.

### *Om elevindflydelse*

Når eleverne skal have mulighed for at forholde sig ansvarligt til undervisningen, må de være med i processen med at vælge indhold og ved tilrettelæggelsen. Derigennem kan de blive klar over formålet med det de lærer og være med til at finde begrundelserne for, at netop dette tema skal tages op i undervisningen.

Hvis undervisningen derimod består i at følge lærebogen slavisk og udfylde de tilhørende elevark, bliver indholdet for de fleste en »skoleopgave« - noget de skal lave, fordi læreren siger det, eller det kræves til prøven. Den form for undervisning øger ikke elevernes ansvarlighed og lyst til at lære.

### *Elevindflydelse kan ske på flere niveauer*

Det kan fx ske ved, at klassen sammen med læreren diskuterer, hvilke dele af de centrale kundskabs- og færdighedsområder, der skal lægges vægt på i det næste undervisningsforløb.

Hvis læreren har bestemt, at det næste forløb skal handle om elektricitet, kan eleverne være med til at vælge perspektivering - skal det handle om elektronik eller er det elforsyningen i Danmark? Skal der arbejdes med et forløb med at installere elektricitet i modelhuse, eller skal der arbejdes med principper for elproduktion og vurdering af brugen af fossile brændsler eller vedvarende energi som energikilde?

Eleverne kan være med til at bestemme, hvordan der skal arbejdes. Skal klassen deles op i arbejdsgrupper med forskellige arbejdsopgaver? Eller skal der arbejdes i hold på to med meget strukturerede instruktioner, fx om oscilloskoper som måleapparater eller brugen af en pH-elektrode.

Når et forløb er afsluttet, kan eleverne inddrages i beslutningen om, hvordan der laves en faglig opsamling af netop dette undervisningsforløb.

Eleverne kan være med til at tilrettelægge, hvordan det praktiske arbejde skal planlægges og gennemføres. De giver ofte udtryk for, at det er mere spændende at beskæftige sig med undersøgelser og eksperimenter, som de selv er med til at planlægge. Særlig for piger kan

medindflydelse betyde, at indholdet i undervisningen og perspektiveringen på temaerne bliver mere relevant og vedkommende. Det er ofte sådan, at drenge i en klasseundervisning deltager med langt flere bemærkninger end piger. Særlig indenfor områder af fysikken som ellære og mekanik har drenge flere erfaringer fra livet udenfor skolen og får derved - ofte uden lærerens bevidste intention - mere indflydelse på, hvad der tales om og arbejdes med i undervisningen.



**Billedet er ikke medtaget  
på grund af  
ophavsret**

Erland R. Andersen, *Sammensætning af arbejdsgrupper har betydning for elevers mulighed for indflydelse*

Læring sker som en social proces. Derfor har sammensætningen af arbejdsgrupper stor betydning for, hvad de forskellige elever får ud af arbejdet. I nogle grupper vil enkelte elever have stor indflydelse på, hvordan samarbejdet i gruppen kommer til at foregå. Det er ofte sådan, at der i pigegrupper diskuteres, hvordan arbejdet skal fordeles mellem gruppens deltagere, mens det er mere almindeligt i grupper med drenge, at der arbejdes uden en forudgående diskussion. Det betyder undertiden, at den mest dominerende dreng laver alt det, der er spændende og nyt, mens skrivearbejdet og oprydningen overlades til de andre. Men det er uheldigt, når det altid er de samme, som får de udfordrende opgaver og får sat tankerne i gang.

Der skal derfor arbejdes med at variere sammensætningen af arbejdsgrupper i stedet for at overlade det til eleverne selv at lave grupper. Det vil være en god idé at aftale retningslinier for, hvordan sådanne grupper sammensættes fra temaforløb til temaforløb. Det kan i forhold til nogle temaer være fornuftigt at lave kønsadskilte grupper fx indenfor ellære. I andre tilfælde er det måske hensigtsmæssigt, at der er en, der er god til at regne i hver gruppe. Der kan ske et skift

mellem at sammensætte venskabsgrupper og at lave nogle grupper med elever, der ikke er vant til at arbejde sammen. I alle tilfælde skal der efter et temas afslutning ske en evaluering af kvaliteten af gruppesamarbejdet.

### *Evaluering og medbestemmelse*

I praksis vil elevmedbestemmelsen ofte komme til at ske i forbindelse med evalueringen af undervisningens indhold og tilrettelæggelse. Når eleverne efter arbejdet med et tema eller et fagligt område får mulighed for at vurdere deres udbytte af undervisningen, af arbejdsprocessen og samarbejdet under arbejdet, giver de samtidig udtryk for, hvordan der skal arbejdes videre.

Som eksempel kan nævnes et forløb i en syvende klasse. Eleverne havde i lang tid arbejdet med at installere el i modelhuse, og ved evalueringen gav eleverne udtryk for, at nu ønskede de et skift i arbejdsformen. De følte, at de nu i lang tid selv havde haft ansvar for at planlægge og gennemføre arbejdet, derfor ønskede de i den nærmeste tid at komme til at arbejde med små forsøg, som de kunne nå at udføre på to timer. Men de ønskede også, at læreren skulle finde mange forskellige forsøg, som de kunne vælge imellem, så de kom til at arbejde med forskellige forsøg inden for samme tema.

## **Om undervisningens tilrettelæggelse**

### *Hvad er forsøg i fysik/kemi?*

Traditionelt afsættes en stor del af tiden i fysik/kemiundervisningen til elevernes arbejde med praktiske aktiviteter i form af undersøgelser, eksperimenter og andet arbejde med konkrete materialer og udstyr.

Når eleverne på egen hånd i laboratoriet arbejder med reagensglas, kolber og måleapparater, har vi en tradition for at benævne den slags arbejde »elevforsøg«. Forsøg udført for hele klassen - oftest af læreren - kaldes for »demonstrationsforsøg«. Disse betegnelser fortæller mere om organisationen af klassen i fysik/kemilokalet end om, hvad formålet er med det praktiske arbejde og forsøgenes funktion i forhold til elevernes læring i fysik/kemi.

I det følgende er det praktiske arbejde i og udenfor laboratoriet omtalt under betegnelsen »forsøg i fysik/kemi« med den hensigt at gøre opmærksom på, at forsøg har forskellig opbygning og funktion alt efter emne og tilrettelæggelse. De forskellige former for forsøg er beskrevet og kommenteret i de forskellige former, hvori de forekommer i undervisningen.

### *Eftervisning og illustration*

Mange forsøg udføres som en illustration af en beskrivelse af en sammenhæng eller eftervisning af en teori fra elevernes grundbog eller andet skriftligt materiale. Et forsøg, som viser sammenhængen mellem spændingsforskel og strømstyrke gennem en ohmsk modstand fungerer som en eftervisning af ohms lov. En model af planetsystemet kan bruges som en illustration af forestillinger om vort verdensbillede. Forsøget med flødebollen kan bruges som illustration af, hvad der sker med dybhavsfisk, når de tages op til overfladen af havet.

### *Observationer og registreringer*

Forsøg kan også bestå i observationer med registreringer af fx temperaturforløbet i en solfanger hver time evt. registreret via en datalogger og senere indlæst i en computer.

### *Undersøgelser*

Forsøg kan have form som en undersøgelse. Undersøgelsen vil fx bestå i at prøve efter om noget bestemt sker eller om hvor meget, der er af et bestemt stof i en opløsning. I mange tilfælde vil der på forhånd være nogle forventninger til, hvad undersøgelsen vil vise.

Undersøgelsen kan bestå i, at eleverne arbejder efter en forskrift for at måle fx hjemmets elforbrug eller nitratindholdet i egnens brøndboringer. Eleverne kan have større eller mindre indflydelse på planlægningen og gennemførelsen af undersøgelsen. Mange undersøgelser i kemi har form af tests, hvor forskrifter skal følges nøje for at resultaterne kan have nogen mening, hvad enten det er måling af surhedsgrad eller indholdet af en bestemt stofgruppe i vand. Elevernes indflydelse vil ofte forekomme i forbindelse med udvælgelsen af, hvad der skal prøves for. Undersøgelser af fx syreindholdet i rabarber eller af vandkvaliteten i den nærliggende å kan ikke præcist forudses af læreren eller kontrolleres via en tabel, hvilket giver elevernes resultater en vis form for autoritet.

Ved andre undersøgelser af typen: »Hvad nu hvis« kan elevernes indflydelse i højere grad forekomme i forbindelse med planlægning og gennemførelse af selve undersøgelsen. Det kan fx være at eleverne ønsker at finde ud af om opløsningen, der giver turkise krystaller og den, der giver farveløse krystaller, kan blandes, og hvordan krystallerne i givet fald vil se ud. Eller eleverne kan undersøge magnetfeltet omkring forskellige permanente magneter og elektromagneter.

### *Eksperimenter*

Et eksperimentet vil indeholde en indsamling af data med henblik på at opstille en hypotese eller en teori. Eksperimenter udført i skolen kan tilrettelægges, så eleverne ud fra egne målinger kan opstille og efterprøve hypoteser. Det kan være at eksperimentet skal belyse, hvad en elektromagnets styrke afhænger af. Eleverne undersøger, hvilke variable, som har indflydelse på magnetens styrke. Det vil være hensigtsmæssigt at diskutere med eleverne, hvordan de skal tilrettelægge eksperimenter, så de har styr på, hvilke faktorer der varieres og hvilke, der holdes konstant.

Når man lader eleverne arbejde med eksperimentelt arbejde, kan det være med den hensigt, at eleverne skal komme frem til en almindeligt anerkendt teori. Så er det ikke et hvilket som helst resultat, der er »godt nok«, og man skal som lærer være meget bevidst om, at elevernes eksperimentelle arbejde oftest vil være »som om« situationer. Der er god grund til at diskutere, hvad formålet er rent læringsmæssigt af sådanne forsøg, for eleverne gennemskuer »som om« situationen og spørger med rette om, hvorfor de skal udføre forsøget, når »man bare kan spørge læreren eller se i bogen«.

### *Fremstilling af et produkt*

Andre former for forsøg har til hensigt, at eleverne fremstiller et produkt. I kemi kan det være en skønhedscreme eller en hårshampoo med henblik på, at eleverne kemisk set lærer om sæbe og emulsioner, og at de i perspektivering af undervisningen får indblik i, hvilke tilsætningsstoffer, der findes i skønhedsmidler, og får indtryk af sammenhæng mellem råvarenes pris og prisen på sådanne produkter. I fysik kan man fx forestille sig, at eleverne fremstillede en tyverialarm med henblik på, at de lærer at bygge print og at lodde, samt at de får indblik i elektroniske principper. De får brug for at måle på opstillingen under arbejdet med at fremstille produktet og i forbindelse med det praktiske arbejde at beskæftige sig med begreberne strøm og spænding og se nytten af dem.

### *Om åbne og lukkede forsøg*

Det er almindeligt, at eleverne arbejder efter forsøgsbeskrivelser, ofte hentet fra deres lærebog. I meget bogmateriale er forsøgsforskrifterne skrevet meget detaljeret. Der står hvilket udstyr, der skal bruges til forsøget, fremgangsmåden er forklaret både med illustrationer og tekst, og spørgsmålene på tekstarket leder frem til den konklusion, eleverne skal drage af forsøget.

Nogle elever holder sig meget stramt til forskriften, mens andre elever sætter sig lidt ud over det skrevne, og derved kommer de i højere grad til at arbejde selvstændigt. Har man mulighed for at observere en klasses arbejde, vil man opdage dette mønster, og det vil ofte også vise sig, at pigerne arbejder langt mere omhyggeligt end drengene, og de svarer ofte samvittighedsfuldt på spørgsmålene på elevarkene.

Når den udleverede forsøgsbeskrivelse er alt for omhyggeligt struktureret, bliver de omhyggelige elever meget bundet til bestemte fremgangsmåder og tankegange.

Eleverne følger forskriften, som om det var en kokebogsopskrift og får ikke afprøvet egne tanker og ideer.

Den form for elevarbejde bliver kaldt lukkede forsøg.

Teorier om læring bygger på den opfattelse, at den enkelte elev selv konstruerer sin viden ud fra det allerede lærte ved at indpasse det nye i sin vidensstruktur. Det vil sige, at eleverne skal have mulighed for selv at planlægge og forholde sig til det eksperimentelle arbejde. Men det er ikke løsningen udelukkende at lave mere åbne forsøg.

Arbejdet skal varieres, så det passer til emnet og elevernes tidligere praksiserfaringer. Det nytter ikke at lægge op til, at eleverne selv skal finde på fremgangsmåder og ideer inden for områder, hvor de har meget få forhåndserfaringer og færdigheder. Og det er bestemt ikke hensigtsmæssigt at forsøge at lade eleverne selv eksperimentere sig frem til en bestemt kemisk analysemetode, som det har taget årtier at finde frem til. Det er nødvendigt at lære en bestemt fremgangsmåde, når der fx skal loddes, for det kræver en vis håndværksmæssig kunnen at lave en ordentlig lodning.



Når en klasse arbejder med et emne om vandforsyning og spildevand, må eleverne følge bestemte forskrifter meget nøje, når der skal laves analyser. Elevernes tanker og overvejelser kommer i dette tilfælde ind, når de skal planlægge, hvor der skal måles, og hvilke resultater de forventer. I et sådant arbejde kan hver enkelt gruppe lære en analysemetode for derefter at udføre den flere steder. De kan forklare metoden for deres kammerater og videregive de opnåede resultater. Det kan derefter være en fælles opgave for klassen at sammenstille de forskellige resultater.

Men i alle tilfælde skal eleverne være klar over, hvad undersøgelser og eksperimenter går ud på. De skal vide om de er i gang med en kemisk test, som de skal udføre meget nøje, for at være sikker på, at resultatet kan bruges, eller om de skal udføre eksperimenter, hvor de ud fra egne ideer skal komme frem til generalisationer. De skal være klar over, om de er i gang med et forsøg, som er en illustration til en allerede kendt fysisk eller kemisk sammenhæng, eller om de er ved at planlægge forsøg, som kan besvare spørgsmål, de selv har stillet.

### *Elevers opfattelse af nytten af at lave forsøg*

Efter elevers udsagn er forsøg, hvor de får lov at arbejde på egen hånd, langt den mest værdsatte arbejdsform i fysik/kemimerne. Man skal som lærer ikke være blind for, at det for eleverne kan dreje sig om at få »frirum« i en skole med alt for meget lærerstyret undervisning. Elever siger ofte selv som begrundelse, at så slipper de for læreren. Men bagved dette udsagn ligger der en tilfredshed med at få lov til at tænke sig om og at få tid til at udveksle tanker og ideer med kammeraterne. En hyppig begrundelse er, at der bliver lejlighed til at tale sammen og at stille de spørgsmål, som der ikke er plads til, når læreren gennemgår eller forklarer. Men selv om eleverne tilkendegiver, at de bedst kan lide at arbejde selv med forsøg, er det ikke altid sådan, at de føler, at de lærer mest gennem det eksperimentelle arbejde. Det er ofte tilfældet for elever, som mangler selvtillid i forhold til arbejdsformerne og indholdet i fysik/kemi, især når der arbejdes med alt for åbne forsøg. Men det sker også, når eleverne ikke kan overskue forsøgene, fx hvis problemstillingen er alt for abstrakt eller forsøget for kompliceret tilrettelagt for at få »nemme« tal at regne med. Det er derfor, at det er af så stor betydning for elevernes udbytte af undervisningen, at eleverne inddrages i overvejelserne over, hvad der skal læres, og hvordan man lærer.

Elever, der har arbejdet med forskellige arbejdsformer giver udtryk for, at det er langt mere spændende at arbejde med »egne« forsøg. Når alle elever arbejder med samme eksperiment på den samme tid, bliver det lettere at samle op efter timen, men ofte bliver den slags forsøg af eleverne opfattet som noget, der skal overstås, særlig hvis resultatet af forsøget skal udformes som et kortfattet svar nederst på en forsøgsbeskrivelse. Når eleverne siger: »Kan du ikke lige sige os, hvad det skal blive!« giver de deres udtryk for, at de ikke føler det som en læringsmæssig udfordring at lave den slags forsøg.

Der er derfor grund til at arbejde bevidst med at variere arbejdsformerne.

## *Om brug af modeller*

I stor udstrækning arbejdes der med modeller af virkeligheden, når der arbejdes med fysiske og kemiske teorier og forklaringer. Ordet model bruges på vidt forskellig måde om repræsentationer og illustrationer i undervisningen, som beskrevet i det følgende. Det er en god idé at gøre sig overvejelser over, at der findes flere former for modeller, og at det er en del af undervisningen at diskutere modellernes egnethed, gyldighedsområde og brugbarhed med eleverne.

En af grundene til, at elever opfatter fysik og kemi som svære fag er, at de føler kravet om »at forstå«. Når man bruger modeller i undervisningen er det for bedre at kunne beskrive den virkelighed, man prøver at forholde sig til. I forsøget på at beskrive og forstå forhold i virkeligheden udvikler vi forestillinger, som fører til modeller. Men undertiden har eleverne svært ved at finde ud af, at modellen bliver brugt til at forklare noget om virkeligheden. I stedet forsøger de at forstå modellen i sig selv uden at opfatte den som repræsentation for virkeligheden. Derfor må man i arbejdet med modeller bevidst arbejde med, hvad det vil sige at forstå, og hvad det er, der skal forstås.

Brug af modeller og billeder i undervisningen er uundværlige både som en hjælp til forklaringer, men også i form af matematiske modeller som en del af teorigrundlaget. Det kan være forvirrende, at brugen af ordet model i fysik/kemiundervisningen kan betyde meget forskelligt lige fra at være det matematiske udtryk for en fysisk sammenhæng til minimodellen af en dampmaskine.

### *Analogier*

En form for model er brugen af analogier. Et eksempel er beskrivelsen af elektrisk strøm ved at sammenligne med et vandkredsløb. Den slags »som om« forklaringer kan være gode at bruge for at give eleverne konkrete billeder at forholde sig til. Man skal passe på kun at bruge modellen så langt analogien rækker og gøre begrænsningerne i modellen klar for eleverne. Forklaringsværdien af modellen afhænger af, om eleverne har bedre kendskab til analogien end den virkelighed, den skal belyse.



**Billedet er ikke medtaget  
på grund af  
ophavsret**

Erland R. Andersen

### *Fysiske modeller*

I undervisningen bruges forenklede modeller til at vise principper for fx dynamoen eller transformatoren. Man kan bruge opstillingerne til at forklare principperne ved fremstilling og transformation af elektricitet. Modellen har altså en værdi i sig selv. Den er en dynamo eller en transformator samtidig med, at den er en model af virkelighedens apparat.

Når man arbejder med modeller, vil de være gode til at forklare dele af virkeligheden, men der vil altid være noget, som modellen ikke får med. I arbejdet med menneskers forestillinger om verdensrummet gennem tiderne vil det være nærliggende at tage diskussionen om gode eller dårlige modeller ind som en del af undervisningen.

Når eleverne bygger sømbræthuse eller tredimensionale modeller af huse for at arbejde med principper for elinstallationer i hjemmet, er der igen tale om modeller. I et stort antal klasser, som har arbejdet med denne slags modeller, har det vist sig, at piger i langt højere grad end drenge forsøger at få modellen til at være en virkelighedstro miniature, mens drengene i højere grad accepterer at arbejde med principper for elektriske kredsløb som repræsentation for hjemmets elinstallationer.

Det er en del af fagets egenart at bruge forenklede forsøg som forklaringsmodel for tekniske frembringelser. Sammenhængen mellem model og virkelighed bør tages op som en del af undervisningen. Men samtidig skal det fastholdes, at man bruger modeller for at forklare fænomener og egenskaber i den verden, der omgiver os. Det er vigtigt for eleverne at kunne

forstå forenklingen samtidig med, at de ved, at det er den virkelige verden, undervisningen handler om.

Et meget ofte forekommende eksempel på fysiske modeller er brugen af molekylmodeller i form af farvede plastkugler. Molekylmodellerne skal fungere som hjælp til at eleverne lærer et kemisk tegnsprog. Molekylmodellerne er velegnede til at give indhold i begreber som grundstof, kemisk forbindelse og molekyle. Brugen af molekylmodellerne kan bidrage til elevernes forståelse af, hvad kemiske formler og reaktionsskemaer repræsenterer. Men mange elever sidder med en fornemmelse af, at de skal forstå, hvorfor hydrogen er hvid, oxygen rød og kvælstof blå. Og hvorfor er der kun et hul i de grønne kugler og forskelligt antal huller i de gule kugler? Der er grund til at fortælle eleverne, at molekylmodellerne er konstrueret ud fra en lang række kendte data om grundstoffer og kemiske forbindelser. Det er altså et værktøj, som er lavet af nogle »eksperter« som hjælp til at få elever til at lære brugen af det kemiske tegnsprog og forstå brugen af det. Det kemiske tegnsprog er på samme måde udviklet af mennesker gennem en hundredårig periode som hjælp til at beskrive og forklare om stoffers sammensætning og omdannelse. Man kan læse om eller høre nogle af historierne om, hvordan denne udvikling er foregået, og man kan lære at bruge tegnsproget til at beskrive virkeligheden, måske i forbindelse med en gennemgang af det periodiske system.

### *Diagrammer, illustrationer og symboler*

Modelhuset i sig selv var en forenkling af virkeligheden. Det næste trin i forenklingen er repræsentationen i form af diagramtegninger af »husinstallationen«. Disse er en anden form for model af virkeligheden brugt i fysikundervisningen. Det er væsentligt, at eleverne gennem undervisningen lærer at bruge arbejdstegninger og diagrammer. I arbejdet med at bruge diagrammer i ellære er det hensigtsmæssigt at arbejde med at lære symbolerne. Og det er nødvendigt at præsentere dem som noget, nogen har fundet på, og som man har vedtaget at bruge som repræsentation. Først derefter kan eleverne prøve at »forstå« at aflæse eller tegne diagrammerne.

Plancher og figurer som viser princippet i fx en kernereaktor er også repræsentationer af virkeligheden og indgår som en del af det at forstå indholdet i teksten. Også den slags diagram- og funktionstegninger skal gøres til genstand for undervisning, idet de ikke umiddelbart er gennemskuelige for eleverne.

### *Matematiske modeller*

I beskrivelsen af fysiske og kemiske sammenhænge bruges matematiske modeller og repræsentationer som en del af teoriindholdet. En generel teori udtrykt som matematisk model er udtryk for en høj grad af abstraktion, og der er derfor grænser for anvendelsen i folkeskolen. Men opstillingen af matematiske modeller kan være udfordrende og spændende for eleverne, når det drejer sig om simple sammenhænge, fx sammenhænge mellem længden af en modstandstråd og trådens resistans.

Når fysiske sammenhænge undersøges vælges omhyggeligt, hvilke fysiske størrelser, man vil variere og hvilke, der holdes konstant. Man er også meget omhyggelig med at fastsætte hvilke

tilnærmelser og antagelser, der foretages for at udføre forsøget. Men i skolesammenhæng skjules denne del af forsøgstilrettelæggelsen ofte. Ønsket om at komme frem til enkle matematiske modeller for fysiske sammenhænge har ført til alt for komplicerede forsøgsopstillinger eller til brugen af specialapparatur, fordi det i folkeskolen er nødvendigt at komme frem til simple heltal, som eleverne let kan bearbejde.

Derved lærer eleverne ikke at vurdere gyldighedsområdet for den matematiske model, der er opstillet, på grund af det meget strukturerede forsøg.

Eleverne bliver ikke klar over, hvad det er der på forhånd er fastlagt, og hvad det er, de skal finde ud af. For nogle af eleverne bliver usikkerheden om, hvad der er givet, og hvad de skal finde ud af ved forsøg, årsag til, at de får en fornemmelse af, at de ikke forstår fysik og kemi. De prøver at forstå forsøgsresultaterne allerede inden, de er gået i gang med at lave forsøgene. Det er særlig de meget omhyggelige elever, der har dette ønske om at »forstå«.

Man kan undgå problemet med de alt for gennemtænkte forsøg ved at bruge computeren i undervisningen. Derved får man mulighed for bearbejdning af en større mængde data. Man kommer ud over problemet med de meget konstruerede forsøg og det bliver mere overkommeligt at arbejde med at opstille matematiske modeller. Men forudsætningen for dette er, at eleverne har arbejdet med grundlaget for beregningerne. Computeren giver desuden mulighed for opsamling af store mængder data fx ved at lade dataopsamlingen foregå over længere tid eller ved at gentage forsøgene et større antal gange.

Ved at lade eleverne arbejde med at opstille matematiske modeller ud fra egne forsøg har man i undervisningen mulighed for at skærpe deres opmærksomhed overfor brugen af matematiske modeller, fx som grundlag for simulationer ved hjælp af computer-programmer.

### *Simulationer*

Computeren giver mulighed for nye former for at arbejde med modeller. Eleverne kan udføre afprøvninger indenfor modellens gyldighedsområde. I et astronomiprogram kan eleverne fx se billeder af stjernehimmelen til forskellige tider, følge planeters gang mellem stjernerne og finde opgangstider for sol og måne.

Simulationsprogrammerne kan give mulighed for at arbejde med tankeeksperimenter, som ellers ikke kunne udføres fx ved at simulere satellitopsendelse eller som mulighed for at styre elproduktionen på et kraftværk.

### *Om brug af sproget*

#### *Elevernes skriftlige arbejde*

I fysik/kemiundervisningen vil det være relevant at bruge mange forskellige former for skriftligt arbejde.

Eleverne kan enten individuelt eller samlet i klassen føre dagbog over, hvad der er arbejdet med i undervisningen. Elevholdene kan under en forsøgsrække føre en logbog over forsøg og resultater med bemærkninger om deres egne forestillinger, forventninger og overvejelser undervejs. Eleverne kan sammen lave en dokumentarisk redegørelse over vandkvaliteten i de lokale vandløb. I forbindelse med arbejdet med elforsyningen, kan eleverne skrive »historier« om, hvordan det var at leve, da elektriciteten forandrede dagligdagen. I relevante sammenhænge kan eleverne lave rapporter over udførte forsøg eller blot udfylde de sædvanlige forsøgsark. Eleverne kan i grupper arbejde med processkrivning og bruge computeren til udarbejdelse af præsentationsprogrammer.

Som lærer får man utroligt meget at vide om, hvad eleverne får ud af undervisningen, når elevernes skriftlige arbejder varieres, så eleverne kommer til at udtrykke tanker og ideer i sammenhængende sprog. Derfor har varierede former for skriftligt arbejde stor indflydelse på kvaliteten af det, eleverne lærer. Som lærer får man bedre begreb om, hvilke forestillinger eleverne har om de faglige sammenhænge. Både elever og lærer får derved bedre muligheder for at sætte de nye faglige begreber ind i den faglige struktur, eleverne allerede har.

### *Om fagsprog og dagligsprog*

I fysik og kemi er der som i andre fag en lang tradition for brug af fagsprog. Nogle ord som elektrolyse, titrering, molaritet, molekyle og atom er eksempler på ord, der næsten kun forekommer i fagsproget i den form, det bruges i folkeskoleundervisningen, og der findes ikke nogle brugbare danske ord. En lang række fagord og -begreber findes både som danske ord og som fremmedord. Det er ord som refleksion/tilbagekastning, nitrogen/kvælstof, volumen/rumfang, emission/udsendelse. Som lærer skal man være meget bevidst om i hvilken udstrækning, der er brug for at benytte fremmedordene i stedet for de tilsvarende danske.

Andre ord er almindeligt brugt i hverdags sproget, og samtidig har de en specifik betydning i fagsproget. Det er ord som energi, effekt, arbejde, tryk, kraft. De mennesker, der professionelt beskæftiger sig med fysik og kemi til hverdag, bruger som oftest ordene afhængigt af den sociale sammenhæng i hvilken, de bliver brugt.

Der er eksempler på, at for mange nye ord og nyt begrebsindhold i velkendte hverdagsord virker blokerende for elevernes forståelse af fysik og kemi. Nye ord kræver en tilvænning og en fortrolighed, som kun opnås ved, at eleverne selv bruger dem og oplever de fordele, det kan indebære. Det er en vigtig del af undervisningen, at eleverne bliver klar over rollen og betydningen af de forskellige sprog. Det kan fx ske som i den 9. klasse, der planlagde at undervise nogle mindre klasser på skolen om vand i forbindelse med et tema om »Spar på vandet«. De havde i grupper ansvar for udvælgelse af undervisningsmaterialer og for planlægning og gennemførelse af undervisningen. Derved opdagede de, at de gennem årene havde lært et fagsprog, som de kunne bruge i forbindelse med deres eget arbejde med faget. De blev også klar over, at de måtte vælge nogle andre ord, når de skulle undervise de små elever og fik derved præciseret deres eget begrebsindhold i fagordene.

## Lokaler og samlinger

I skolefaget fysik/kemi arbejdes der både praktisk-håndværksmæssigt og teoretisk.

Praktisk arbejde, undersøgelser og laboratorieaktiviteter kræver i mange tilfælde specielle lokaler med særlig indretning og udstyr. I fysik/kemi har der i mange år været tradition for at indrette laboratorier, hvor eleverne selv kan arbejde med forsøg, undersøgelser og eksperimenter.

Gennem følgende eksempler vil det fremgå hvor forskelligartede krav, der kan stilles til arbejdspladsens indretning samt til samlingen af apparatur og udstyr.

En 7. klasse er i gang med et emne om energi i lokalområdet. En gruppe af elever er i gang med at lodde. En anden gruppe er ude for at finde skolens transformator, medens nogle interviewer skolens pedel for at finde ud af, hvor meget elektrisk energi skolen bruger. Hos det lokale elselskab låner skolen nogle elmålere, så eleverne kan følge skolens forbrug i den nærmeste tid.

Under samtalen aftaler eleverne en energisparekampagne, hvor eleverne fra 7. klasse først skal følge skolens energiforbrug over en periode samt kortlægge, hvor og hvordan energien bliver brugt. Under kampagnen vil 7. klasse fungere som konsulenter for resten af skolen.

Til et sådant projekt er der brug for et godt og fleksibelt laboratorium. Det skal både være muligt at arbejde praktisk håndværksmæssigt med fx lodning, slå søm i et bræt samt at sidde stille i en krog for at læse eller skrive, ligesom der også skal være mulighed for gruppearbejde.

En anden 7. klasse er i gang med et emne om kemikalier i hverdagen. Eleverne har medbragt forskellige husholdningskemikalier og er nu i gang med at læse varedeklarationerne og slå de nye måske lidt mærkelige ord op. Senere undersøger eleverne nogle af kemikalierne for at kontrollere, om de nu også indeholder de stoffer, der er angivet på varedeklarationen. I den forbindelse arbejdes der med faresymboler og regler for opbevaring. Laboratoriets sikkerhedsudstyr, som forklæder, briller, øjenskyllflasker, brandudstyr mv. inddrages også i undervisningen sammen med lidt elementær førstehjælp.

En 8. klasse er i gang med et projekt om vand og vandforurening i samarbejde med biologi.

Elever fra 8. har »undervist« elever fra 3. i dyre- og plantebestemmelser samt i at foretage enkle målinger. Et par elever fra 3. klasse er sammen med nogle fra 8. i gang med at samle vandprøver i søen, prøver som de skal »analysere« senere hjemme på skolen. Andre er i gang med at undersøge, hvornår planter producerer ilt, medens en tredje gruppe måler vandets pH-værdi og undersøger vandet for forskellige salte. Udstyret er færdige kits, som eleverne både kan anvende »ude i marken« og hjemme i laboratoriet sammen med det faste udstyr. De forskellige måleinstrumenter fra turen har en indbygget hukommelse, så de senere kan sættes direkte til computerne. Eleverne kan derfor hurtigt og nemt behandle talmaterialet hjemme på skolen.

En 9. klasse har valgt at arbejde med astronomi i forbindelse med deres lejrskoleophold.

Fra samlingen er der medbragt kikkerter og stjernekort.

Under lejrskolen studerer eleverne stjernerne og planeterne på himlen og lærer at orientere sig på stjernehimlen. De finder planeter og lærer navne på forskellige stjerner og stjernebilleder, og ser måske en række stjernesked. Senere undersøges stjernehimlen på en af skolens computere, og eleverne ser hvordan stjernehimlen så ud, da de blev født, og i år 0. Der læses en række bøger om berømte astronomer fra den gang astronomi og astrologi hørte sammen, og man diskuterer, hvorfor og hvordan astronomi udskilte sig som en videnskab. Emnet afsluttes med en diasserie om forskellige galakser samt en film om universets begyndelse og slutning.

Senere bruges det hele til en delvis interaktiv udstilling i fysik/kemilokalet, så andre kan få glæde af deres optegnelser og oplevelser.

10. klasse arbejder med ioniserende stråling samt strålingens biologiske virkninger. Nogle elever undersøger hvilke materialer og stoffer, der er gode til at afskærme for stråling, andre er ved at så frø, der har været bestrålet for at se mutationer, og et par elever læser om Hiroshima og Nagasaki.

Ovenstående illustrerer nogle af de mange forskellige måder der arbejdes på i fysik/kemi, og forskelligartetheden stiller krav til undervisningslokalet.

Undervisningslokalet skal først og fremmest være rummeligt, fleksibelt, lyst og venligt. Det skal indbyde til både praktisk og teoretisk arbejde.

Laboratoriet skal være indrettet med solide arbejdsborde, som kan tåle forskellige kemikalier, varme og en lidt hårdhændet behandling, og desuden skal bordpladerne være nemme at rengøre.

Der skal være skabe, gerne med glaslåger, så man hurtigt får et overblik over samlingen.

Det daglige udstyr er anbragt i selve lokalet sammen med en grundsamling af værktøj, medens det udstyr, der bruges mere sjældent, står i depotet. Ved arbejdspladserne er der gas, almindelige stikkontakter, udtag for 3 faset lavspænding samt for jævnspænding.

I laboratoriet skal der også være mulighed for at arbejde med edb-udstyr, så eleverne kan arbejde med dataopsamling, databehandling og styring, ligesom der skal være mulighed for dias, film og video.

Endelig er det en selvfølge at sikkerhedsudstyret som briller, øjenskylleflasker, brandslukningsudstyr, punktudsugning mv. er i orden og bruges.

## 10. klasse

10. klasse er for mange et særligt skoleår med flere muligheder.

Strukturen i 10. klasse varierer fra kommune til kommune og fra skole til skole. Nogle steder er der lagt faste emneuger ind i skoleåret, medens andre har en fast ugentlig temadag. Mange skoler indretter netop 10. klasse som en vekselvirkning mellem tværfaglige temaforløb og kursustilbud.



Den vejledende læseplan for 10. klasse lægger større vægt på faglig fordybelse, overblik og på forståelse af større sammenhænge. Denne fordybelse gælder både det praktiske og teoretiske arbejde.

Inden for det praktiske arbejde kan fordybelsen dreje sig om længerevarende eksperimentelle forløb kombineret med større fortrolighed med brugen af apparatur, samt mere omhyggelige iagttagelser og bedre præsentation af resultaterne.

Inden for de mere teoretiske sider af arbejdet drejer fordybelsen sig om forståelsen af større sammenhænge, anvendelse af teori til løsning af forskellige problemer samt sammenhænge mellem teori og eksperiment.

Både inden for det praktiske og teoretiske arbejde skal undervisningen i høj grad baseres på elevernes selvstændige arbejde.

Undervisningen kan tilrettelægges som længerevarende forløb, hvori stof fra flere af de centrale kundskabs- og færdighedsområder indgår. Disse forløb kan både være rent faglige fysik/kemiforløb, men også i høj grad forløb, der indebærer et samarbejde med andre af skolens fag, ligesom det ville være naturligt at inddrage lokalområdets muligheder.