

# HVORFOR LAVE DEMONSTRATIONSFORSØG OG KEMISKE EKSPERIMENTER?

Denne bog indeholder opskrifter på gennemprøvede kemiske eksperimenter. De er både velegnede til at lave hjemme og til at bruge i undervisningssammenhænge. Langt de fleste af dem kan laves med almindelige husholdningskemikalier, som er nemme at skaffe. Men der er også nogle enkelte forsøg, som kræver mere specielle kemikalier. Det er spændende og sjovt at eksperimentere, men eksperimentet er også centralt for videnskaben. Det gælder om at formulere en testbar hypotese og så teste den eksperimentelt.

Som kemiker er jeg i den heldige situation, at jeg ofte bare kan gå over i skabet og hente det, der skal bruges i et forsøg. I andre faglige discipliner end kemi kan opsætningen af et forsøg være meget sværere. En biolog skal måske ud at fange eller observere vildtlevende dyr, min kone måtte fremskaffe 600 offentlige ledere til et ledelseseksperiment, og en astronom, der vil studere supernovaer, må pænt vente, indtil en stjerne finder det passende at dø, for så at ryge i luften.

Skulle forsøget kikke, kan jeg gå en tur i kemikalieskabet igen. Både mennesker og dyr kan til gengæld have ændret adfærd nu, hvor de kender eksperimentet, og der er langt mellem supernovaerne.

Der er mange, som argumenterer imod demonstrationsforsøg:

- Det er farligt!
- Det tager tid!
- Det er svært!
- Hvad nu, hvis det kikker?
- Det er nok forbudt!
- Det skal være undervisning, ikke underholdning!

Heldigvis rummer de samme argumenter netop de bedste grunde til at lave demoforsøg: Man skal kende reglerne. Man skal vide både, hvad man selv må, og hvad man må lade elever gøre. Der er stadig masser af muligheder. Der kan stadig være en risiko, når man laver de tilladte forsøg. Derfor er det vigtigt, at man bruger sikkerhedsbriller og supplerer sikkerhedsbrillerne med sikkerhedsskærm, stinkskab og ørebeskyttelse, når det er nødvendigt. Og når man har øvet sig, er det slet ikke så svært.

At eleverne forventer god og motiverende undervisning er da fedt. Demonstrationsforsøg er glasuren på kagen, og de bliver husket! Alt for mange husker de forsøg, der mislykkedes for læreren. Men afprøver man forsøget først og øver sig i at udføre det, vil mislykkede forsøg være en sjældenhed. Her er der en klar forskel mellem undervisningsforsøg og forskning. Når man forsker, er det normalt, at forsøg ikke virker, og det kræver lang tids eksperimenter, beregninger og opstilling af hypoteser, før man når frem til målet. Andre gange kan man konstatere, at det ikke er muligt at få det til at virke. Forsøgene i denne bog er derimod gennemprøvede og har virket masser af gange. Du kan med andre ord roligt bruge dem som undervisningsforsøg.

#### **HVORDAN BRUGER MAN BEDST DEMONSTRATIONSFORSØG I KEMIUNDERVISNINGEN?**

At lave forsøg er også en god måde at præsentere håndværket i naturvidenskaben på. Med eksperimenter kan man også se og føle stoffet, og man vil opnå en helt anderledes forståelse.

Det vigtigste succeskriterium for demonstrationsforsøg er, at de bidrager til at nå læringsmålene i undervisningen: Det handler om, at forsøgene understøtter deltagernes dybdelæring. Et godt demonstrationsforsøg er derfor tæt koblet til det øvrige stof. Et eksempel er de forsøg fra denne bog, som jeg udfører under de otte forelæsninger i kurset "Almen kemi" på første år af kemistudiet ved Aarhus Universitet:

### Uge 1: Introduktion til studiet og til kemi som fag

”Brintbomben”: Grundstof nummer 1 til den første forelæsning.

### Uge 2: Magnetisme og tendenser i det periodiske system

Curietemperatur i nikkel og jern (to forsøg).

”Alkalimetallers reaktivitet” (Li, Na, K).

### Uge 3: Elektronstruktur, metalbinding og krystalstruktur

”Flydende oxygen er paramagnetisk”.

”Memory alloy” (skift mellem krystallinske faser).

Tætteste pakning af bobler i sæbevand.

### Uge 4: Reaktionstyper, svage syrer og baser

”Chlorknaldgas” (fra kovalent til ionisk, radikalreaktion).

Ammoniakvand, eddikesyre og ammoniumacetat (dissociering af en svag syre og svag base i forhold til deres salt).

### Uge 5: Opløselighed og ligevægt

Fældning af blyjodid (opløselighed).

Kemisk ligevægt med kobber og ammoniak

### Uge 6: Termodynamik

”Entropi og elastikker”.

Katalytisk forbrænding af ethanol eller methanol med platin.

### Uge 7: pH-beregning og elektrokemi

pH-indikator lavet af rødkål.

Voltakanonen og Eksplosivt sæbeskum.

### Uge 8: Spændingsrækken og Pourbaix-diagrammer

”Sølv og kobber: Hvad er ædlest” (spændingsrækken, REDOX).

”Manganfarveskiftekolben” (Pourbaix-diagrammet i praksis).

## KEMIFORSØGENES PÆDAGOGISKE ASPEKTER

Den amerikanske kemiprofessor Ralph A. Burns lavede læringseksperimenter med kemistuderende og beskrev sine resultater i ”Information Impact and Factors Affecting Recall” fra 1985. Han fandt ud af, at eleverne huskede mest fra de første fem minutter af undervisningen. Derefter huskede de rimeligt godt, men 18-20 minutter inde i undervisningen skete der et markant dyk i, hvor meget de kunne huske bagefter. Et demonstrationsforsøg er derfor godt til at bryde en 45 minutters lektion op i to. Fem minutter brugt midt i lektionen øger indlæringen i de sidste 20 minutter.

Det er vigtigt at afpasse forsøgene efter tilskuerne. Et godt niveau udfordrer modtagerne, uden at de får følelsen af, at der bliver talt hen over hovedet på dem. Det kan dog være rigtigt svært, hvis du har et blandet publikum. En måde at håndtere det på er ved at lave forsøg, der er visuelt flotte, samtidig med at du forklarer den dybere teori.

En anden måde at bruge demonstrationsforsøg på er ved at samle flere af dem i en demonstrationsforelæsning. Traditionen med naturvidenskabelige forelæsninger går helt tilbage til den moderne naturvidenskabs barndom, hvor naturforskere optrådte med eksperimenter for kendte, kongelige og den brede offentlighed. Demonstrationsforsøgene var væsentlige i denne sammenhæng, da de klart viste, at det ikke bare var noget, som forelæseren påstod. Der er heller ingen tvivl om, at spektakulære forsøg øgede publikumsinteressen markant. Traditionen er blevet holdt i hævd ved, at mange undervisere på landets universiteter har holdt ”juleforelæsninger”, og da Kemishow ved Aarhus Universitet startede i 1998, var det tydeligt, at demonstrationsforelæsningen stadig kunne fange et publikum.

Hvis du laver forsøgene som en hel demonstrationsforelæsning (et kemishow), skal du starte med at lave en plan for, hvad du vil opnå. Et overordnet tema for showet er et godt udgangspunkt for planen. Start med et forsøg, der kan fange tilskuernes opmærksomhed. Jeg har lavet demonstrationsforsøg i 20 år, og de fleste af dem er indledt med ”Velkomstdrinken”, fordi den var lidt ulækker, eller en ildkugle lavet med en ballon med butan, fordi intet påkalder sig opmærksomhed som en ildkugle. Regn med cirka fem minutter til hvert forsøg, men vær opmærksom på, at jo mere information du formidler sammen med forsøgene, jo længere tid tager de. Hold øje med uret, og hav fleksibilitet i tidsplanen ved at have forberedt et par ekstra forsøg. De kan så

ubemærket glide ud, medmindre tiden tillader at gennemføre dem. Afslut med et spektakulært forsøg. For eksempel ”Skumpølsen” eller en acetyleneksplosion. Bruger du acetyleneksplosionen, kan du bygge op til finalen med de tre acetyleneksplosioner med stigende voldsomhed. En anden mulighed er ”Whoosh-bottle”, som er fremragende til at give en veldefineret finale. Er du allerede nysgerrig, kan du heldigvis finde vejledninger til alle de omtalte forsøg her i bogen.

Husk, at synlighed og faglighed er vigtigt. Vær opmærksom på at lave forsøgene i en størrelse og på en måde, så alle kan se, hvad der foregår. Fortæl samtidig, hvad der sker, og hvad man ser. Tal højt, klart og roligt og brug mikrofon, hvis det er muligt. Ofte vil et kamera og en videoprojektor kunne øge synligheden meget. ”Flydende oxygen er paramagnetisk” er et lille forsøg, men kameraet gør det muligt at komme helt tæt på og projicere det op på lærredet, så mange kan se det samtidigt.

Du skal også altid huske, at du laver demonstrationsforsøgene for tilskuerne, ikke for dig selv. Hvis du forsøger at overgå dig selv, kommer du hurtigt derud, hvor deltagernes læringsudbytte ikke bliver bedre, men risikoen for uheld til gengæld øges markant.

At lave forsøget større og vildere, end det var sidste gang, gør heller ikke forsøget bedre for tilskuerne, som jo ser det for første gang.

# SIKKERHED OG FØRSTEHJÆLP

Der dør 14.000 danskere af at ryge hvert år, og trafikken dræber i omegnen af 200 og kvæster årligt cirka 30.000 mennesker. Det er derimod meget sjældent, at man hører om nogen, der er kommet til skade ved kemiske eksperimenter. Det skyldes ikke, at kemikalier er ufarlige. Der er en risiko ved at eksperimentere, men kemikere ved, hvad de arbejder med, og de er gode til at træffe de rigtige forholdsregler. Men både for de erfarne som de uerfarne er det under alle omstændigheder vigtigt at vide, hvad du skal gøre, hvis noget går galt.

## ARBEJDSIKKERHED

- Brug altid beskyttelsesbriller! Øjnene tager nemt skade.
- Brug andet relevant sikkerhedsudstyr som høreværn og handsker, når det er nødvendigt.
- Brug udsugning, eller gå udendørs, når der er brug for det.
- Sæt dig godt ind i emnet. Læs hele vejledningen og beskrivelsen af stofferne.
- Kend de specifikke farer ved både stofferne og det eksperiment, du udfører.
- Lav en plan. Du bør både vide, hvad du skal lave, og hvad du gør, hvis det går galt.
- Mærk dine kemikalier og eksperimenter tydeligt af hensyn til både dig selv og andre.
- Farlige kemikalier (alt med faremærkater på) skal opbevares utilgængeligt for børn og uvedkommende.
- Ryd op efter dig. Det er vigtigt ikke at svine og at holde sig gode venner med andre mennesker.
- Lav ikke eksperimenterne større, end det er nødvendigt. Husk, at nogle forsøg reagerer anderledes, hvis du laver dem i en anden størrelse.

## FØRSTEHJÆLP OG ANDRE ULYKKER

**Ved kemikalier i øjnene:** Skyl med masser af vand. Fjern kontaktlinser, hvis det kan gøres nemt. Kontakt en læge, hvis det er ætsende stoffer, eller hvis du er i tvivl. Ved stof i øjnene skal der reageres hurtigt og skylles meget for at undgå varig øjenskade!

**Ved kemikalier på huden:** Skyl grundigt med vand. Hvis der kommer sår eller vedvarende smerter, skal du kontakte en læge.

**Ved indtagelse af kemikalier:** Giv patienten vand eller mælk at drikke, og kontakt straks en læge eller skadestue. Følg deres anvisninger. Fremkald ikke opkastning, medmindre du får besked på det af en læge. Hvis man kaster op, er der en risiko for også at komme til at inhalere stoffet og gøre skaden værre.

**Ved forbrændinger:** Afkøl straks med koldt vand, og bliv ved med at køle, indtil det ikke mere gør ondt at stoppe med at køle. Det kan godt tage flere timer. Skift eventuelt til køligt (15-20 grader) vand, så patienten ikke kommer til at fryse for meget. Prik ikke hul på brandvabler, men lad dem hele i fred. Kontakt en læge, hvis forbrændingen går hele vejen rundt om arm eller ben, dækker et større led eller er i skridtet, på fødderne, i ansigtet eller på hænderne. Hvis huden er brændt i stykker (det kaldes en tredjegradsforbrænding), skal en læge altid kontaktes. Er du i tvivl, så kontakt lægen, men husk, at det vigtigste er straks at køle forbrændingen!

**Snit- og stiksår:** Ved mindre sår er det som regel nok at skylle såret, så du fjerner snavs, kemikalier og glasskår. Sæt et plaster på, så blødningen stopper, og såret holdes rent. Langt de fleste blødninger stopper ved et let tryk og ved at blive hævet over hjertehøjde. Ved større sår, forurenede sår, større blødninger, genstande, der sidder fast i såret, eller hvis du er i tvivl, skal du kontakte en læge.

**Indånding af dampe:** De fleste af forsøgene i denne bog afgiver ikke farlige dampe. Men de forsøg, der gør, skal udføres udenfor eller med udsugning. Hvis du har indåndet dampe, så flyt dig ud i frisk luft, og forhold dig roligt. Kontakt en læge, hvis der er vedvarende gener i form af åndedrætsbesvær, hoste, hovedpine, svimmelhed eller kvalme. Symptomerne kan godt komme, et stykke tid efter at man har været udsat for stoffet.

**Ved brand:** Sluk branden, hvis du kan gøre det uden fare for dig selv. En skål med vand, et vådt håndklæde eller en lille ildslukker bør altid være inden for rækkevidde, når du eksperimenterer. Kan du ikke slukke branden selv, så forlad lokalet, luk døren efter dig, så branden ikke breder sig, alarmer andre i bygningen, og ring 112.

**Ved spild og udslip:** Det er svært at give en generel regel for håndtering af spild og udslip. Den bedste regel er at forebygge, at det sker. Arbejd desuden et sted, hvor et spild ikke vil være alvorligt. Afdæk bordet med plast eller lignende. Arbejder du med noget varmt, så bør det ske over en bradepande eller lignende ildfast underlag, der kan opfange spildet. Brug ikke mere ad gangen, end der er behov for, og hav altid køkkenrulle og gummihandsker inden for rækkevidde til at tørre op med.

Hvis du har spildt opløsningsmidler eller andet, der afgiver dampe, så vær opmærksom på, at den store overflade giver stor fordampning, og det øger risikoen for brand og indånding af dampe kraftigt.



# ER DET LOVLIGT?

Den danske lovgivning (primært ”Bekendtgørelse af lov om våben og eksplosivstoffer”) er ret klar på nogle punkter: Man må ikke fremstille våben, eksplosivstoffer, fyrværkeri, gift, narkotika og mange medicinske stoffer uden tilladelse. Der er også en række stoffer, man ikke må besidde, medmindre man anvender stofferne erhvervsmæssigt. Endeligt kræver det speciel tilladelse at fremstille og besidde eksplosivstoffer, gifte, narkotika, masseødelæggelsesvåben, antibiotika til dyr, uran, thorium og plutonium. Den tilladelse skal man ikke regne med at få, hverken som hobbykemiker eller almindelig underviser.

Lovstoffet kan findes på [www.retsinfo.dk](http://www.retsinfo.dk), og det er vigtigt at kende. Du skal være specielt opmærksom på følgende bestemmelser:

## **Bekendtgørelse om udgangsstoffer til eksplosivstoffer**

(BEK nr 956 af 28/08/2014)

I medfør af § 4 d og § 10, stk. 4, i lov om våben og eksplosivstoffer, jf. lovbekendtgørelse nr. 1005 af 22. oktober 2012, som ændret ved lov nr. 1623 af 26. december 2013, fastsættes:

§ 1. Følgende stoffer og produkter må ikke gøres tilgængelige for eller indføres, erhverves, besiddes eller anvendes af fysiske personer, der ikke handler som led i deres sædvanlige virksomhed som handlende eller forretningsdrivende eller deres sædvanlige profession:

- 1) Koncentreret svovlsyre ( $H_2SO_4$ ) og kemiske produkter, der indeholder mere end 50 masseprocent svovlsyre.
- 2) Salte af chlorat eller perchlorat ( $ClO_3^-$  eller  $ClO_4^-$ ) og kemiske produkter med mere end 40 masseprocent chlorat eller perchlorat eller blandinger heraf, som ikke er omfattet af bilag I til Europa-Parlamentets og Rådets forordning (EU) nr. 98/2013 af 15. januar 2013 om markedsføring og brug af udgangsstoffer til eksplosivstoffer.

3) Pulvere med en partikelstørrelse, der er mindre end 200  $\mu\text{m}$ , af metallisk aluminium, magnesium, zink, titan, zirkonium, jern (Al, Mg, Zn, Ti, Zr, Fe) og blandinger eller legeringer heraf samt kemiske produkter, hvoraf sådant pulver udgør mere end 70 masseprocent.

4) Elementært svovl (S) og kemiske produkter, der indeholder mere end 85 masseprocent svovl.

5) Elementært phosphor (P) og kemiske produkter, der indeholder mere end 50 masseprocent elementært phosphor.

Stk. 2. Forbuddet i stk. 1 gælder ikke pyrotekniske artikler.

Koncentreret salpetersyre over 30 % og brintoverilte over 12 % var reguleret i tidligere udgaver, men de er blevet legale for privatpersoner igen.

”Bekendtgørelse af lov om fyrværkeri og andre pyrotekniske artikler”, som populært kaldes ”Fyrværkeriloven”, er også værd at læse.

Du skal også huske, at du som borger er forpligtet til at kende de regler, som gælder for det, du laver. Du kan eksempelvis købe mange ting online, men det gør dem ikke lovligt at besidde eller anvende i Danmark, hvis de er forbudt ifølge dansk lov.

Når du laver eksperimenter, skal de udføres på en måde, så du ikke er til fare for andre, miljøet eller dig selv. Du må heller ikke genere andre mennesker med brag, stank eller nedfaldende genstande. Hvis et eller andet ryger i luften, kan du roligt regne med, at alle i kvarteret ved, hvem kemikeren er. Særligt bør du tage hensyn til naboer.

Generelt skal du ikke oplagre store mængder kemikalier. Dels kan det af udenforstående tolkes, som om du har til hensigt at producere store mængder, dels kan det i tilfælde af en brand have alvorlige konsekvenser.

Når du laver eksperimenter, skal du holde dem i en størrelse og et antal, hvor du med rette kan argumentere for, at formålet netop er eksperimenter, som bæres af nysgerrighed og lyst til at lære. Hvis du laver en lille røgbombe, er det fint. Har du lavet kassevis af øldåsestore udgaver og måske endda solgt dem, så har du gjort dig fortjent til en tur i retten.

# OPRYDNING OG HÅNDTERING AF AFFALD

Kemikalieaffald skal håndteres korrekt, så det ikke udgør en fare for mennesker eller miljø. Langt de fleste af bogens forsøg anvender fødevarer og almindelige husholdningskemikalier, og affaldet er derfor ikke specielt farligt.

For langt det meste af affaldet er den mindst miljøbelastende håndtering at skylle det ud i afløbet. Men: Metalforbindelser og opløsningsmidler må ikke komme i afløbet. De er skadelige for miljøet og kan ødelægge processerne i rensningsanlægget. Mærk affaldsdunke tydeligt, og aflever dem på den lokale genbrugsstation som ”farligt affald”. Herfra håndteres affaldet professionelt.

Du skal typisk bruge to affaldsdunke: ”Surt uorganisk affald” til vandbaseret affald og ”organiske opløsningsmidler” til det organiske affald.

Efter hver opskrift i bogen er der et afsnit med ”Oprydning/affald”, der beskriver, hvordan du skal håndtere resterne. Hvis der er specielle forhold om oprydningen, står de der.

Husk, at forsøget ikke er færdigt, før du har ryddet op, gjort rent og anbragt dine kemikalier et sikkert sted. Så er udstyr og kemikalier klar til næste gang, og du undgår, at alle hader kemikeren.

# HJÆLP, JEG HAR IKKE NOGET LABORATORIEUDSTYR OG KEMIKALIER!

Når man ser billeder fra laboratorier, er de fyldt med avanceret og teknisk udstyr. Man får nemt den tanke, at det er helt umuligt at komme i gang med eksperimenterne.

Intet kunne være mere forkert. Du har sikkerhedsbrillerne liggende fra nytårsaften, og ethvert hjem har allerede et veludstyret laboratorium: køkkenet. Når du laver mad, bruger du mange af de kemiske grundteknikker. Du varmer og køler, udtrækker stoffer, filtrerer, opløser, afvejer, blander og lader ting reagere.

Det er en god idé at have sit eget ”laboratorieudstyr”. Syltetøjsglas er fremragende til at lave opløsninger i, og en gammel rustfri stålgrøde fra en genbrugsbutik kan du varme ting i. Hvis du vil varme noget i en glasbeholder, kan du også finde teglas og skåle af ildfast glas i genbrugsbutikken. Hvis der indgår sundhedsskadelige kemikalier i eksperimenterne, skal du selvfølgelig ikke lave dem i køkkenet eller bruge det køkkenudstyr, som der bliver lavet mad i!

Undervejs i bogen vil du se, at der både bliver brugt laboratorieglassudstyr og helt almindelige husholdningsting. Ofte er det ret tilfældigt, om det er det ene eller det andet, jeg har brugt, for begge dele virker fint.

På skoler vil man have et stinkskab eller et punktsug. Hvis du hjemme laver forsøg, som ryger eller lugter, så skal du lave dem udenfor i fri luft.

De fleste af forsøgene anvender almindelige hverdagskemikalier, som du kan købe i supermarkeder, plantecentre og byggemarkeder. Du kan også købe kemikalier online. Men vær opmærksom på, at selvom noget er nemt at skaffe, så kan det være både farligt og ulovligt.

For at gøre det nemmere for dig, har jeg mærket forsøgene med stjerner i overskriften:

- \* Eksperimentet kan laves med almindelige husholdningskemikalier og udstyr, som du umiddelbart kan købe.
- \*\* Du kan skaffe kemikalierne og udstyret, købe online eller lave dem selv. Hvis der indgår udstyr, som du selv skal bygge, får forsøget også to stjerner.
- \*\*\* Der indgår specielle kemikalier, som kun kan købes af skoler og virksomheder.
- \*\*\*\* Der indgår et eller flere stoffer, som kun kan skaffes med tilladelse.

## OPBYGNING AF FORSØGENE:

# ØVERST I BOGENS OPSKRIFTER ER DER EN OVERSKRIFT

*Nedenunder er der en underoverskrift, som beskriver lidt mere om, hvad det går ud på.*

### KEMIKALIER

Det første punkt om kemikalier er en liste med de stoffer, du skal bruge.

### UDSTYR

Her kan du finde liste med alt det udstyr, du skal bruge i eksperimentet. Sikkerhedsudstyr er dog ikke nævnt her, men det kan du læse i den udførlige gennemgang af nødvendig sikkerhed i det foregående kapitel.

### FORSØGET

Her præsenteres en præcis trin for trin-beskrivelse af, hvad du gør, og hvad der skal ske.

### HVAD SKER DER?

Under dette punkt finder du den mere dybdegående beskrivelse af forsøget og dets kemi, fysik og biologi. Det er også her, reaktionskemaer og lignende står, så du kan få den dybere forståelse.

Reaktionsskemaet er kemikerens hurtige og præcise måde at beskrive en reaktion på. Der bruges forkortelser for stofferne og for, hvilken tilstand de er i.

Hvis jeg har skrevet:



Så betyder det, at jeg reagerer en del "A" (som er i fast form, "s") med to dele "B" (som er flydende, "l"). Pilen betyder, at reaktionen kun løber mod den højre side, og der dannes "C" (som er på gasform, "g") og "D" (opløst i vand, "aq"). Der dannes også varme, og det skriver man med i reaktionsligningen, hvis det har betydning.

Pilen viser, hvilken vej reaktionen forløber. Her er det stofferne til venstre, som bliver til stofferne på højre side af pilen. Hvis det er en dobbelpil " $\rightleftharpoons$ ", så betyder det, at reaktionen kan løbe begge veje. Hvis den kan det, er der ofte tale om en ligevægt, og det vises ofte med en lidt anderledes dobbelpil: " $\rightleftharpoons$ ".

### BAGGRUNDSINFORMATION

Her får du baggrundsinformation, anekdoter eller oplysninger om, hvorfor forsøget er relevant. Punktet indeholder ofte også information om, hvor processerne og kemikalierne bruges og kan skaffes. Informationen i dette punkt er ikke nødvendig for, at du kan udføre eksperimentet, men det er godt at vide.

### SIKKERHED

Nogle kemikalier kan være farlige både for dig og dine omgivelser! Det er ekstremt vigtigt at læse og forstå sikkerheden, før du går i gang med et eksperiment. Hvis du laver eksperimenter foran et publikum, er det endnu vigtigere. Sikkerhed dækker både fysiske, kemiske, biologiske og tekniske forhold. Læs om sikkerhed i det foregående kapitel.

### SHOW, WORKSHOP, ELEVFORSØG ELLER HANDS-ON?

Punktet om valget mellem show, workshop eller hands-on indeholder forslag til, hvad forsøget egner sig bedst til, og hvordan det optimeres til det formål.

Show: Forsøget er særligt velegnet til fremvisning for en større gruppe af tilskuere. Det er som regel forsøg, der kræver, at den, der udfører det, er rutineret og har prøvet forsøget før. Det kan også være forsøg, der anvender kemikalier, som skoleelever ikke selv må arbejde med.

Workshop og elevforsøg: Forsøget er velegnet til fremvisning for en mindre gruppe, som derefter selv arbejder med det. Workshops

kræver, at underviseren aktivt er med i processen, og ofte er der et mål med det, der foregår. Ofte er der tale om en egentlig undervisningssituation.

Hands-on: Den mere uformelle tilgang, hvor enkeltpersoner eller små grupper får fingrene i forsøget, prøver noget, og går videre. Man vil tit se denne tilgang ved studieorientering, åbent hus og lignende arrangementer, hvor gæsterne cirkulerer og prøver forskellige ting.

#### OPRYDNING/AFFALD

Du skal altid rydde op efter dig. Hvis der er specielle ting, du skal være særligt opmærksom på i den sammenhæng, vil de stå her. De fleste af forsøgene i bogen anvender hverdagskemikalier, som vi alle bruger til mad, rengøring og lignende. Affaldet fra de forsøg kan du skylle ud i afløbet. Andre forsøg producerer farligt kemikalieaffald, som du skal opsamle og aflevere på en genbrugsstation.

#### KILDE

Mange af forsøgene er klassikere, hvis oprindelige kilde henstår i det uvisse. Hvor kilden er kendt, er den nævnt under dette punkt. Endelig er der nogle forsøg, som er udviklet af mig eller nogle af de andre, som laver scienceshows for universiteterne i den form, de fremgår i her.