

169

KEMISKE EKSPERIMENTER

PETER HALD



AARHUS UNIVERSITETSFORLAG

PETER HALD

169

**KEMISKE
EKSPERIMENTER**

AARHUS UNIVERSITETSFORLAG

169 kemiske eksperimenter

© forfatteren og Aarhus Universitetsforlag 2017

Omslag, tilrettelægning og sats: Klahr/Jesper Frederik Emil Hansen

Forsidebillede: Kemishow, Aarhus Universitet laver "Skumpølsen" for *Sommer Summarum*. Foto: Lise Balsby, AU Kommunikation.

Flapfoto: Steffen Strunge Mathiesen, Ungdommens Naturvidenskabelige Forening, Aarhus.

Foto s. 65, 79, 147, 163, 191: Kemishow, Aarhus Universitet.

Hvor intet andet er nævnt, er billeder taget af Peter Hald.

Forlagsredaktion: Simon Olling Rebsdorf og Lea Albrechtsen

Bogen er sat med Gotham og Minion

E-bogsproduktion: Narayana Press

ISBN 978 87 7184 523 5

Aarhus Universitetsforlag

Finlandsgade 29

8200 Aarhus N

www.unipress.dk

Bogen er udgivet med støtte fra Aarhus Universitets Forskningsfond.

Kopiering fra denne bog må kun finde sted på institutioner, der har indgået aftale med Copydan, og kun inden for de i aftalen nævnte rammer.



**FAGFÆLLE-
BEDØMT**

/ I henhold til ministerielle krav betyder bedømmelsen, at der fra en fagfælle på ph.d.-niveau er foretaget en skriftlig vurdering, som godtgør denne bogs videnskabelige kvalitet
/ In accordance with ministry requirements, the certification means that a ph.d.-level peer has made a written assessment which justifies this book's scientific quality.

INDHOLDSFORTEGNELSE

Forord	9
Hvorfor lave demonstrationsforsøg og kemiske eksperimenter?	11
Sikkerhed og førstehjælp	16
Er det lovligt?	19
Oprydning og håndtering af affald	21
Hjælp, jeg har ikke noget laboratorieudstyr og kemikalier!	22
Opbygning af forsøgene	24

KAPITEL 1 • EKSPERIMENTER

MED MASSEFYLDE	29
Velkomstdrinken *	30
Den svævende golfkugle *	32
Kartesisk dykker *	34
Verdens mindste varmluftsballon *	36
Varmluftsballon *	38
Brintballon *	40

KAPITEL 2 • ALUMINIUM OG

MAGNESIUM	45
Den brændende blyantspidser *	46
Magnesium brænder i CO_2 **	48
En magnesiumbrand kan ikke slukkes med vand **	50
Termit **	52
Gipstermit **	56
Magnalium: En sprød legering **	58
Blitzpulver **	60
Varme uden ild: Våd oxidation af magnesium **	62

KAPITEL 3 • EKSPERIMENTER

MED GASSERS EKSPLOSIONS- GRÆNSER	65
Whoosh-bottle *	66
Whoosh bottle med lightergas *	68

Butanraketten *	70
Butankanonen **	72
Skraldspanden *	76

KAPITEL 4 • FLAMMEFARVER

Grøn ild med borsyre- metylester ****	80
Flammefarver */**	82
Flammefarver på sprayflaske **/****	84
Beilsteins prøve *	86

KAPITEL 5 • ELEKTROKEMI

Kartoffelbatteriet *	90
Elektrolyse i rødkålsafkog *	92
Byg et elektrolyseapparat til knaldgas **	94
Eksplodivt sæbeskum **	98
Voltakanonen **	100
Ionlederen sølvjodid ***	102
Ledningsevнемåler **	104
Elektrolytiske sølvkrystaller ***	106
Elektrokemisk rustfjerning *	108

KAPITEL 6 • METALLERS

EGENSKABER	113
Blyuret *	114
Sølvspejlet ***	116
Sølv og kobber: Hvad er ædlest? ***	118
Kobber til sølv til guld *	122
Termoelektricitet *	124
Alkalimetallers reaktivitet ***	126
Memory alloy **	128
Curie 1: Curiemotoren **	130
Curie 2: Curietemperatur i jern **	132
Reduktion af kobberoxid **	134

Silicium og silan **	136
Alkymi 1: Oprensning af sølv **	138
Alkymi 2: Oprensning af guld **	142
KAPITEL 7 • DET SKUMMER!	147
Faraoslangen *	148
Cola og Mentos *	150
Skumpølsen ***	152
Den søde skumpølse *	154
Leverskum og gærskum **/**	156
Elefantens tandpasta ***	158
Nitrogensky og skumsplosion **	160
KAPITEL 8 • TING DER LYSER	
I MØRKE	163
Fluorescens ser fantastisk ud *	164
Lysende kvarts *	166
Selvlysende plast *	168
Selvlysende væske: Luminol **	170
Hvid fosfor *	172
KAPITEL 9 • KARBID OG ACETYLEN	175
Brændende isterninger *	176
Karbidlygten *	178
Karbidlåsen *	180
Karbidkanonen **	182
Acetylen-detonationen **	186
KAPITEL 10 • KONTROLLEREREDE EKSPLORIONER	191
Den imploderende dåse *	192
Brintbomben **	194
Fire forsøg med nitrocellulose **	196
Syntese af nitrocellulose ***	200
Skudsalven: Konserveredåse med knald i *	204
Tørissprøjtekanonen *	206
Tøriskbomben *	208
Jodkvælstof ***	210
Knaldpulver **	214
Chlorknaldgas **	216

KAPITEL 11 • SYRER, BASER, OPLØSELIGHED OG LIGEVEGT	221
pH-indikator lavet af rødkål *	222
Basisk julehjerte **	224
Ammoniakvand, eddikesyre og ammoniumacetat **	226
Kemisk ligevægt med kobber og ammoniak **	228
Fældning af blyjodid ***	230
KAPITEL 12 • ILD	233
Fyrtøjet **	234
Ildpumpen **	236
Selvantændelse med kalium- permanganat *	238
Den flammende pengeseddel *	240
Det brændende klæde *	242
Benzinbrand og vand *	244
Katalytisk forbrænding af ethanol eller methanol med platin **	246
Katalytisk forbrænding af acetone med kobber *	248
En brændende geléklump **	250
Syntese af kalciumacetat *	252
3 forskellige ildkugler *	254
Brændende jern *	256
Den knurrende vingummi- bamse ***	258
Elektrisk antændelse **	260
Gentagne hårde slag mod kuglerne! **	264
KAPITEL 13 • KRYSTALLER	267
Tætteste pakning af bobler i sæbevand *	268
Se krystaller vokse **	270
Natriumacetat: Den varme "drypsten" **	272
Syntese af natriumacetat *	276

KAPITEL 14 • REAKTIONSHASTIGHED

OG TERMODYNAMIK	279
Knæklys og reaktionshastighed *	280
Entropi og elastikker *	282
Flydende oxygen er paramagnetisk ***	284
Kølepose *	286

KAPITEL 15 • SLIM, GELÉ OG

KLAM KEMI	289
Blegelé og kunstig sne *	290
Oobleck: Magisk slim af kartoffelmel eller majs mel *	292
Slim af kartoffelmel: Er det mon snot fra en trold eller en alien? *	294
Når mælk gøres sur ... får man en indisk ost! *	296
Usynligt blæk *	298

KAPITEL 16 • I RØG OG DAMP

Ånden i flasken ***	302
Salmiakrøg *	304
Vortexkanonen **	306
Tør isrøg *	308
Røgbombe og raket af salpeter og sukker **	310

KAPITEL 17 • RAKETTER

Vandraket med tør is **	314
Vandraket med eddike og natron *	316
Natron + eddike = bøvsebombe! * ...	318
Vandraket med flydende kvælstof ***	320
Brintraketten **	322

KAPITEL 18 • POLYMERKEMI, DVS.

PLAST OG DET, DER LIGNER	325
En hjemmelavet gummibold *	326
Skrump en flaske *	328
Oogoo: Form ting af silicone- gummi *	330

Form plast med fingrene! *	332
Silikonehoppebold med ethanol og vandglas *	334
Det skrækelige kondomforsøg *	336
Flamingo og acetone *	338
Legoklodser i acetone *	340
PU-skum *	342
Celluloid: Plast fra 1856! *	344

KAPITEL 19 • INDIKATORER

Manganfarveskiftekolben **	348
Campbell's Blue Bottle: Rystekolben **	352
Jodklokken ***	354
Test for nikkel i smykker *	356

KAPITEL 20 • NOGLE NYTTIGE SYN-

TESER OG BYGGEVEJLEDNINGER

Hvad er lærerigt at fryse ned i tør is og flydende kvælstof? **	360
Opskrift på jordbær is og vanilje is *	364
Fremstilling af lithiumchlorid **	366
Fremstilling af kobberoxid **	368
Fremstilling af kobberchlorid **	370
Fremstilling af kobbersulfat **	372
Fremstilling af salpetersyre **	374
Salpeter fra kalksalpeter **	376
Brunsten fra et alkalinebatteri **	378
Hjemmebygget magnetomrører **	380
Computerstrømforsyning **	382
Gasfakkel **	384

Kemikalieoversigt	387
-------------------------	-----

FORORD

Tillykke med din nye bog.

169 kemiske eksperimenter henvender sig til alle, der interesserer sig for kemiske eksperimenter. Både dem, der gerne vil lave eksperimenter for sig selv eller sammen med deres familie, fordi de synes, at det er sjovt og spændende, og undervisere på skoler, ungdomsuddannelser og læreanstalter, der vil bruge eksperimenterne til at illustrere principperne i det teoretiske stof og lave en spændende og varieret undervisning, som deltagerne husker. Der er 134 eksperimentoverskrifter, men i mange af eksperimenterne er der flere forskellige variationer og deleksperimenter, og det sender det samlede antal et godt stykke over de 169, som titlen lover.

Bogen handler om at lave demonstrationsforsøg og er dermed et bidrag til en lang, naturvidenskabelig tradition for at vise, hvad naturen kan, på en lærerig, tankevækkende og spektakulær måde. Når du udfører eksperimentet, ser du kemien ske i virkeligheden!

Jeg har som forfatter det fulde ansvar for bogen, men der er mange andre, som har en stor del af æren for, at det har været muligt at skrive og udgive denne bog. Af disse vil jeg specielt fremhæve:

Min kone, professor Lotte Bøgh Andersen, og mine børn, Ida og Erik, som har hjulpet med kritik, korrektur og forslag, og som har været fotomodeller og er blevet udsat for masser af eksperimenter. Erik har været en specielt stor hjælp under optagelse af mange af billederne og har udført af mange af eksperimenterne. Han er stort set blevet uddannet showkemiker undervejs.

Lise Ibsen, Emil Damgaard-Møller og Kim Christiansen, som har læst faglig korrektur. Lise har også bidraget med organiske strukturtegninger.

Udøverne af Kemishow ved Institut for Kemi, Aarhus Universitet, for at være fantastiske kolleger og for at være på en stor del af illustrationerne. Ida Gjerlevsen Nielsen og Johannes Nygaard Lamhauge har

været en stor hjælp i udvælgelsen af billederne og har taget de fleste af dem, der står Kemishow ved.

Institut for Kemi, specielt mine to chefer, institutleder Birgit Schiøtt og professor Bo Brummerstedt Iversen for støtte til at kunne skrive bogen.

Fullbright Foundation, som gennem et stipendium til min kone gjorde det muligt at tilbringe foråret 2016 i Georgia, USA, sammen med familien og virkelig få skrevet igennem.

Aarhus Universitetsforlag og Aarhus Universitets Forskningsfond, som har ydet udgivelsesstøtte til bogen og dermed gjort det muligt at trykke den til en pris, som øger bogens tilgængelighed.

Nyd det! Det er sjovt at eksperimentere!

Risskov, januar 2017

Peter Hald

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, stinksab 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).

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 demonstrationsforelæsningsen 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.

ARBEJDS-SIKKERHED

- 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.

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, 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 μm , 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 lovlige 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 öldåsestore 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.