

Sicherheit im Labor

Manfred Röhl
Fachhochschule Regensburg
Fachbereich Allgemeinwissenschaften
und Mikrosystemtechnik

Sicherheit im Labor

1. Die Laborgeräte

1.1 Bezeichnung der Laborgeräte sowie deren Verwendung

Vergleiche Skript: "Chemiepraktikum für Mikrosystemtechniker", Versuch 1, Abbildungen 1-1 und 1-2

2. Grundlagen der Arbeitssicherheit

2.1 Literatur

Buch: Chemietechnik S. 434 - 443; Verlag Europa Lehrmittel; ISBN 3-8085-7044-X

Buch: Umgang mit Gefahrstoffen im Hochschulbereich; TRGS 451 S. 1 -17; Verlagsgesellschaft Weinmann

Informationsheft: Regeln für Sicherheit und Gesundheitsschutz beim Umgang mit Gefahrstoffen im Hochschulbereich; GUV 19.17; Bundesverband der Unfallkassen

3. Arbeitsschutz-Organisationen

3.1 Berufsgenossenschaft, Bundesverband der Unfallkassen

Die Berufsgenossenschaften sind Träger der gesetzlichen Unfallversicherung. Sie sind Körperschaften des öffentlichen Rechtes. Nur die Unternehmen zahlen Beiträge ein, in Abhängigkeit von der Gefährdungshöhe des Unternehmens und der Anzahl der Mitarbeiter. Aufgaben der Berufsgenossenschaften sind Belehrung, Unfallvermeidung, Rehabilitation, Aufklärung. Die Arbeitgeber und Arbeitnehmer zum Einhalten der Unfallverhütungsvorschriften anzuhalten.

3.2 Gewerbeaufsicht

Die Gewerbeaufsicht ist eine staatliche Behörde. Sie hilft unter anderem, bei der Mitgestaltung neuer Industrieanlagen. Überwacht arbeitsgerechte Bedingungen durch Vorschriften und Verordnungen.

4. Betriebsunfall, Wegeunfall, Berufserkrankung

Siehe Unfallverhütungsvorschrift 1, Allgemeine Vorschriften(VBG 1).

5. Verhalten im Chemielabor

a) Information

- Unterrichten Sie Ihren Platznachbarn von Ihrem Vorhaben
- Saubere Beschriftung der Gläser

b) Ordnung, Sauberkeit, Anwesenheit

- Gas zu, Wasserhähne abgesperrt, Stromzufuhr?
- Ist der Gashaupthahn zu?
- Anwesenheit bei laufendem Versuch

c) Abfüllen und Transport

- Schutzbrille und Handschuhe beim Arbeiten mit gefährlichen Substanzen

d) Reinigen

- Keine gefährlichen Rückstände zurücklassen!

e) Umgang mit Glasstopfen

- Einsaugen muss unmöglich sein (Vakuum)

Wichtig: Bei Glasflaschen mit stark basischem Inhalt verwendet man Kunststoffstopfen.
Lösen von festsitzenden Stopfen:

- Klopfen an Tischkante;
- vorsichtiges, rasches Erwärmen des Flaschenhalses;
- in warmes Wasser geben.

f) Speisen und Getränke

- Im Labor nichts Essen und Trinken!

g) Rauchen

- Im Labor nicht Rauchen!

6. Gesundheitsschädliche Chemikalien

6.1 Arbeit mit ätzenden Stoffen

Schutzbrille tragen!

Ätzende Wirkung auf Haut, Schleimhäute, oberflächliche Reizung.

Folgen:

tiefgreifende Zerstörung der Haut, Augen und darunter liegendes Gewebe (abhängig von der Konzentration, Temperatur und der Einwirkzeit). Die ätzende Wirkung von LAUGEN ist höher als die von SÄUREN.

Definition ätzend:

Substanz, die auf Haut, Augen oder Schleimhäute schädigend oder zerstörend (quellend, losend, schrumpfend) wirkt. Flüssigkeiten sind am gefährlichsten direkt, feste und gasförmige Stoffe bedürfen einer gewissen Einwirkzeit.

Beispiele für ätzende Stoffe:

Säuren, Laugen, Salze, Halogene, Alkalimetalle.

Feststoffe: NaOH, KOH, P₂O₅, Phenol

Flüssigkeiten: HCl, H₂SO₄, HNO₃, NaOH, Br₂, H₂O₂

Gase: Cl₂, HCl, HF, SO₂, NH₃, nitrose Gase

Schutzmaßnahmen:

Schutzbrille, Atemschutzmaske, Schutzhandschuhe, Schutzschürze. Bei

Verätzung: Die verätzten Körperteile müssen sofort mit **viel** Wasser ab gespült werden. Bei schwerwiegenden Verätzungen muss der Verunglückte sofort zum Arzt gebracht werden.

6.2 Giftige und gesundheitsschädigende Stoffe

Man unterscheidet:

- giftige Feststoffe und Stäube
- giftige Flüssigkeiten
- giftige Gase und Dämpfe

Aufnahme der Giftstoffe in den Körper durch:

- den Mund
- die Haut
- Einatmen

6.2.1 Stoffe, die durch die Haut in den Körper gelangen

Vorbeugung:

- genaue Kennzeichnung der Stoffe
- peinliche Sauberkeit (Hände waschen)
- keine Speisen im Labor

Gefahren: Aufnahme durch die Haut ins Blut. Daraus können Leberschäden und andere Organschäden folgen. Der Haut wird Fett entzogen; es entstehen rissige Hände und Entzündungen.

6.2.2 Gase und Dämpfe

Gefahren:

- Erstickungsgefahr
- Vergiftungsgefahr
- Brand- und Explosionsgefahr

Problem: farb- und geruchlose Gase

a) Erstickungsgefahr

Luft: Gasgemisch 4 Teile Stickstoff und 1 Teil Sauerstoff. Zum Atmen benötigen wir einen Volumenanteil von 17% O₂. Wie kommt es zu einer Verminderung des O₂-Gehaltes in der Luft? Gase und Dämpfe sind meist schwerer als Luft. Sie sammeln sich an den tiefsten Stellen; somit wird Luft verdrängt (z.B. Gärkeller CO₂).

Folglich: Lebensgefahr, wenn man in Gruben, Schächte ...absteigt. Bei O₂-Mangel nützt auch keine Schutzmaske, es darf nur mit Atemschutzgeräten gearbeitet werden.

b) Atemgifte

Literatur: MAK-Ordner, Gefahrstoffe im Hochschulbereich

Beispiele für giftige Gase:

- CO: größere Affinität zu Hämoglobin als O₂
- H₂S: Geruch nach faulen Eiern, Nervengift

Definition MAK-Wert:

Der MAK-Wert (maximale Arbeitsplatzkonzentration) ist die **höchstzulässige Konzentration eines Arbeitsstoffes** als Gas Dampf oder Schwebstoff in der Luft am Arbeitsplatz, die nach dem gegenwärtigen Stand der Kenntnis auch bei **wiederholter und langfristiger**, in der Regel täglich **8 stündiger Exposition**, jedoch bei Einhaltung einer durchschnittlichen **Wochenarbeitszeit von 40 Stunden** im allgemeinen die **Gesundheit der Beschäftigten und deren Nachkommen** nicht beeinträchtigt und diese nicht unangemessen belästigt. In der Regel wird der MAK-Wert als Durchschnittswert über Zeiträume bis zu einem Arbeitstag oder einer Arbeitsschicht integriert.

Können für bestimmte Stoffe keine MAK-Werte aufgestellt werden, da die Wirkung auf den menschlichen Organismus noch nicht mengenmäßig bestimmbar ist, so tritt anstelle des MAK-Wertes die **technische Richtkonzentration= TRK-Wert**.

Tabelle 1: Kennzeichnung von Atemschutzgeräten nach DIN3181

Gasfiltertyp	Kennfarbe		Hauptanwendungsbereich
A	braun	RAL 8001	Organische Gase und Dämpfe, z. B. von Lösemitteln
B	grau	RAL 7030	Anorganische Gase und Dämpfe, z.B. Chlor, Schwefelwasserstoff, Cyanwasserstoff (Blausäure)
E	gelb	RAL 1004	Schwefeldioxid, Chlorwasserstoff
K	grün	RAL 6001	Ammoniak
CO	schwarz		Kohlenstoffmonoxid
Hg	rot		Quecksilber (Dampf)
NO	blau		Nitrose Gase incl. Stickstoffmonoxid
Reaktor	orange		Radioaktives Iod incl. radioaktives Methyljodid

7. Brand- und Explosionsgefahr

a) Flammpunkt

Die **niedrigste Temperatur** in °C, bei der sich aus der zu prüfenden Flüssigkeit bei 1013mbar **Dämpfe** in solcher Menge **entwickeln**, dass sich mit der **über der Flüssigkeit befindlichen Luft gerade ein entflammbares** Gemisch ergibt.

Beispiel: Ethanol +12°C, Benzin <-20°C, Essigester -4°C, Methanol +11°C

Das **Dampf-Luftgemisch** kann dann durch eine **Zündquelle** (Flamme, Funken) gezündet werden. Das Gemisch **erlischt** aber nach Entfernen der Zündquelle **wieder**.

b) Brennpunkt

Temperatur, bei der sich soviel Dämpfe entwickeln, dass die Verbrennung nach Entfernung der Zündquelle selbständig fortschreitet.

c) Zündtemperatur

Niedrigste Temperatur, bei der sich ein zündwilliges Brennstoff-Luft-Gemisch an einer heißen Oberfläche von selbst entzündet.

d) Zündbereich

Begrenzt durch die obere und untere Zündgrenze, gibt den Konzentrationsbereich eines brennbaren Gases oder Dampfes in Luft an, innerhalb dessen die durch eine äußere Zündquelle eingeleitete Verbrennung selbständig fortschreitet. Unterhalb der unteren Zündgrenze ist das Gemisch zu brennstoffarm, um die Verbrennung zu unterhalten, oberhalb der oberen Zündgrenze ist es zu brennstoffreich und kann nur mit weiterer Luftzufuhr brennen. Je tiefer die untere Zündgrenze eines brennbaren Stoffes liegt, desto geringere Mengen reichen aus, um mit Luft eine fortschreitende Verbrennung zu ermöglichen.

7.1 Brand - Verpuffung - Explosion

7.2 Brand- und Explosionsverhütung

7.3 Gefahrklasse

Brennbare Lösemittel hat man in Gefahrklassen eingeteilt.

Gefahrklasse A:

Lösungsmittel, die sich nicht mit Wasser mischen; diese können somit mit Wasser auch nicht gelöscht werden, Löschmittel CO₂-Löscher, Pulverlöscher.

Nach der Verordnung über brennbare Flüssigkeiten (VbF) umfasst die Gefahrklasse A alle Stoffe mit einem Flammpunkt unter 100°C, wenn diese Stoffe selbst oder nur ihre brennbaren, flüssigen Anteile, nicht oder nur teilweise mit Wasser mischbar sind.

Nach dem Gefährlichkeitsgrad unterteilt man die Gefahrklasse A weiter in:

- **Gefahrklasse A I:** Stoffe mit einem Flammpunkt unter 21°C, z.B.: Benzin, Benzol, Toluol, Ether, Schwefelkohlenstoff, ...
- **Gefahrklasse A II:** Stoffe mit einem Flammpunkt von 21°C bis 55°C, z. B.: Testbenzin, Amylalkohol ...
- **Gefahrklasse A III:** Stoffe mit einem Flammpunkt von 55°C bis 100°C, z. B.: Anilin, Heizöl, Kresol, Nitrobenzol, Phenol ...

Gefahrklasse B:

In jedem Verhältnis mit Wasser mischbar; Löschmittel Wasser

Die **Gefahrklasse B** umfasst alle Stoffe mit einem Flammpunkt unter 21°C, wenn diese Stoffe selbst oder nur ihre brennbaren, flüssigen Anteile in jedem Verhältnis mit Wasser mischbar sind. Z.B.: Methanol, Ethanol, Propanol, Isopropanol, Aceton ...

Flüssigkeiten der Gefahrklassen A sind also gefährlicher als die der Gefahrklasse B, weil sie nicht mit Wasser gelöscht werden können. Würde man mit Wasser löschen, würde sich, da diese Flüssigkeiten (meist) auf dem Wasser schwimmen, der Brand nur noch vergrößern. Hier müssen Schaumlöscher oder Pulverlöscher verwendet werden. Flüssigkeiten der

Gefahrklasse B dagegen können mit Wasser gelöscht werden und sind deshalb ungefährlicher als die Flüssigkeiten der Gefahrklasse A.

7.4 Brandklassen und Feuerlöschmittel

Brandklasse	Art des brennenden Stoffes	Löschmittel	Feuerlöscher
A	<i>Feste Stoffe</i> , die mit Ausnahme von Metallen, unter Glutbildung verbrennen können, z. B. Holz, Stroh, Faserstoffe, Kohlen, Papiere	Wasser, Schaum, Spezialpulver gegen Glutbrände	Nasslöscher, Schaumlöscher, Trockenlöscher mit Glutbrandpulver
B	<i>Flüssige Stoffe</i> , z.B. Ether, Alkohol, Benzin, Benzol, Fette, Harze, Lacke, Öle, Teer, Wachs	Schaum, Pulver und Spezialpulver, Kohlensäure	Spezielschaumlöscher, Trockenlöscher, Kohlensäurelöscher
C	<i>Gase</i> , z. B. Acetylen, Methan, Propan, Leuchtgas, Wasserstoff	Pulver und Spezialpulver, Kohlensäure	Trockenlöscher, Kohlensäurelöscher mit Gasdüse, d. h. ohne Schneerohr
D	<i>Leichtmetalle</i> , z. B. Aluminium, Magnesium (geringe Flammenbildung, aber stark glutbildend)	Trockner Sand, Salz, Spezialpulver	Trockenlöscher, Glutbrandpulver, Magnesiumspeziallöscher

8. Kennzeichnung von Rohrleitungen nach dem Durchflussstoff

Durchflussstoff	Gruppe	Farbe des Schildes	Farbe der Schrift
Wasser	1	grün RAL 6010	weiß
Dampf	2	rot RAL 3003	weiß
Luft	3	blau RAL 5009	weiß
Brennbare Gase	4	gelb RAL 1012	schwarz
Nichtbrennbare Gase	5	gelb RAL 10023	schwarz
Säuren	6	orange RAL 2000	schwarz
Laugen	7	violett RAL 4001	weiß
Brennbare Flüssigkeiten	8	braun RAL 8001	weiß
Nichtbrennbare Flüssigkeiten	9	braun RAL 8001	weiß
Vakuum	0	grau RAL 7002	schwarz

Beispiele



Brauchwasser



Methan



Sauerstoff

9. Gefahren durch Druck

Druck ist die auf die Flächeneinheit wirkende Kraft, d. h.

Druck = Kraft / Fläche

$$p = F / A$$

In der Technik wird der Druck in N/m^2 oder in bar gemessen.

$$1 \text{ bar} = 100000 \text{ N/m}^2$$

Herrscht ein Druck von 10 bar, dann bedeutet dies, dass eine Kraft von 1000000 N auf eine Fläche von 1 m^2 wirkt.

Betrachten wir nun den Druck, der durch eingeschlossene Flüssigkeiten oder Gase verursacht wird. Da sich Flüssigkeiten und Gase bei Einwirkung von Druck verschieden verhalten, ist auch die damit verbundene Gefahr verschieden.

Flüssigkeiten lassen sich nicht komprimieren. Entlastet man Flüssigkeiten vom Druck, behalten sie ihr ursprüngliches Volumen. Platzt ein unter Druck stehender Flüssigkeitsbehälter, läuft nur die Flüssigkeit aus. Es entsteht kein weiterer Schaden. Im Gegensatz dazu ist der Umgang mit Gasen, die unter Druck stehen, wesentlich gefährlicher, denn Gase lassen sich komprimieren. Platzt ein unter Druck stehender Gasbehälter, dehnt sich das unter Druck stehende Gas schlagartig aus. **Der Behälter explodiert!** Stücke des berstenden Behälters werden weggeschleudert. Diese Stücke und die entstehende Druckwelle können schwerste Unfälle und Zerstörungen zur Folge haben. Aus vorgenannten Gründen darf die Druckprüfung von Behältern nur mit Flüssigkeiten (Wasser) vorgenommen werden. Bei der Druckprüfung ist darauf zu achten, dass alle Hohlräume wie Stutzen usw. auch mit Wasser gefüllt sind.

Öffnen von Druckbehältern

Besondere Gefahr besteht beim Öffnen von Druckbehältern. Wie öffnet man einen Druckbehälter vorschriftsmäßig? Zuerst muss der Behälter drucklos gemacht werden (Manometer beobachten!). Auch danach ist Vorsicht geboten, denn ein Manometer, das keinen Druck anzeigt, ist noch keine Garantie dafür, dass der Behälter wirklich drucklos ist! Danach werden am Deckel die der Arbeitsstelle gegenüberliegenden Schrauben gelöst, aber nicht entfernt! Dann sind alle übrigen Schrauben zu lösen. Nun wird der Deckel leicht angehoben, damit etwa noch vorhandener Druck entweichen kann (die Dichtung könnte kleben!). Erst dann werden alle Schrauben entfernt und der Deckel kann geöffnet werden.

Druckbehälter

Alle Druckbehälter müssen mit Sicherheitseinrichtungen gegen Überdruck versehen sein. Dazu zählen Sicherheitsventile und Reißscheiben. Auf dem Manometer muss durch eine rote Marke der höchstzulässige Betriebsdruck kenntlich gemacht sein. Welche Behälter dürfen unter Druck gesetzt werden?

Es dürfen nur solche Behälter unter Druck gesetzt werden, die als Druckbehälter zugelassen sind.

Dies ist am Typenschild des Behälters erkennbar. Der auf dem Typenschild angegebene *Höchstdruck darf auf keinen Fall überschritten werden. Jeder Druckbehälter muss ein nicht absperrbares Sicherheitsventil besitzen.* Dieses darf nicht unbrauchbar gemacht und nicht verstellt werden. Sicherheitsventile sind deshalb verplombt. Ist die Plombe beschädigt, müssen diese Geräte sofort ausgetauscht werden. Alle Öffnungen (Mannloch) und Anschlüsse müssen mit der vorgesehenen Anzahl Schrauben verschlossen werden, die auch die entsprechende Stärke besitzen müssen. Besonders vorsichtig zu behandeln sind ortsbewegliche Druckbehälter für verdichtet und verflüssigte Gase, die Druckgasflaschen. Wegen ihrer Form werden sie auch "Bomben" genannt. Druckgasflaschen besitzen kein Sicherheitsventil. Um Verwechslungen auszuschließen, sind die Druckgasflaschen gekennzeichnet. Die

Kennfarben für Druckgasflaschen sind folgende:

Inhalt	Kennfarbe
Acetylen	kastanienbraun
Sauerstoff	weiss
Stickstoff	schwarz
Wasserstoff	rot

Als weitere Sicherheitsvorkehrung ist bei allen Druckgasflaschen, die brennbare Gase enthalten, das Anschlussgewinde ein Linksgewinde. Flaschen mit nicht brennbaren Gasen haben Rechtsgewinde. Acetylenflaschen haben einen besonderen Anschluss (Bügelanschluss), um Verwechslungen zu vermeiden.

Die Abfüllung verdichteter Gase erfolgt nach Druck. Die Abfüllung verflüssigter Gase erfolgt nach Gewicht. Druckgasflaschen müssen in regelmäßigen Zeitabständen geprüft werden. Bei nicht korrodierend wirkenden Gasen muss die amtliche Prüfung alle 5 Jahre, bei korrodierend wirkenden Gasen alle 2 Jahre erfolgen.

Arbeiten mit Druckgasflaschen

Folgende Gesichtspunkte sind für das sichere Arbeiten mit Druckgasflaschen unbedingt zu beachten:

- Gefüllte Druckgasflaschen sind vor starken Temperaturschwankungen (Sonnenstrahlung, scharfer Frost) zu schützen.
- Druckgasflaschen müssen gegen Umfallen gesichert werden (Anketten).
- Der Transport darf nur mit aufgeschraubter Kappe erfolgen.
- Zum Transport sollen Flaschenwagen verwendet werden.
- Die Gasentnahme aus Druckgasflaschen darf nur über Druckminderventile (Reduzierstationen) bzw. Nadelventile erfolgen.
- Druckgasflaschen müssen folgende Beschriftung (eingeschlagene Buchstaben) tragen:
 - Name des Eigentümers
 - Behälternummer
 - Gasart (in Worten)
 - Leergewicht in kg
 - Prüfdruck in bar
 - Tag der letzten Prüfung

Zusätzlich bei verflüssigten Gasen: Füllgewicht in kg, bei verdichteten Gasen: Rauminhalt und zulässiger Fülldruck.

10. Gefahren durch den elektrischen Strom

Siehe Merkblatt *Sicherer Umgang mit elektrischem Strom Teil 1 und Teil 2*

11. Sicherheitszeichen nach DIN 4844 und der Unfallverhütungsvorschrift 1.4

Verbotszeichen

Diese sind immer rund und bestehen aus einem weißen Feld mit roter Umrandung. Für die Darstellung des Verbotes werden schwarze Symbole verwendet.

Beispiele:



Rauchen verboten
Feuer



offenes Licht und
Rauchen verboten



Verbot mit
Wasser zu
löschen

Gebotszeichen

Auch Gebotszeichen sind immer rund, sie enthalten auf blauem Grund einweißes Symbol.

Beispiele:



Augenschutz tragen



Atemschutz tragen



Schutzhandschuhe
tragen



Sicherheitsschuhe
tragen

Warnzeichen

Warnzeichen bestehen aus einem gelben, nach oben weisenden Dreieck mit schwarzem Rand, die darin erscheinenden Symbole warnen vor Gefahren, die nicht unmittelbar erkannt werden können. Diese Symbole sind zum Teil die gleichen, die auch zur Kennzeichnung von gefährlichen Arbeitsstoffen verwendet werden.

Beispiele:



ätzende Stoffe



giftige Stoffe



radioaktive Stoffe



feuergefährliche Stoffe



explosionsgefährliche Stoffe

Rettungszeichen

Rettungszeichen sind quadratisch oder rechteckig. Auf grünem Feld erscheint ein weißes Symbol. Sie dienen zur Kennzeichnung von Rettungswegen, Notausgängen und Einrichtungen zur Ersten Hilfe. Manche dieser Zeichen leuchten bei Dunkelheit nach.

Beispiele:



Erste Hilfe



Hinweis auf Erste Hilfe



Augendusche

Brandschutzzeichen

Sie bestehen aus meist roten Symbolen auf weißem Grund und weisen auf Feuerlöscheinrichtungen hin.

Beispiele:



Brandmelder



Feuerlöschgerät



Hinweis auf Feuerlöschgeräte/-einrichtungen

Explosionsgefahr

Das Zeichen für Explosionsgefahr befindet sich an explosionsgefährdeten Gebäuden oder Bereichen. In diesen ist das Rauchen und der Umgang mit offenen Flammen verboten,

Feuerzeuge und Streichhölzer dürfen nicht mitgeführt werden. Schweißarbeiten dürfen nur mit der schriftlichen Genehmigung des Betriebsführers unter besonderen Sicherheitsvorkehrungen durchgeführt werden.

Weitere Literatur und Web-Seiten:

- Chemietechnik, S. 73 und S. 434-443, Europa-Verlag, 1992, ISBN: 3-8085-7044-X
- [Gefahrstoffbeauftragter der Hochschule](#)
- [Berufsgenossenschaft der Chemie](#) - Merkblätter M-Reihe
- [Berufsgenossenschaft der Chemie](#) - Merkblätter T-Reihe
- [GIT Verlag GmbH](#) - GIT Sicherheit+ Management

Ich habe die vorstehende Arbeitsschutzschrift durchgelesen und bin auf besondere Gefahren hingewiesen worden:

Am: _____

Name: _____
(bitte in Druckbuchstaben)

Unterschrift: _____