

CHEMISCHES LABORATORIUM  
der  
Universität Freiburg

Seminar „Arbeitssicherheit“  
im  
Einführungskurs  
zum Grundpraktikum:  
**„Allgemeine, Anorganische und Analytische Chemie“**

Wintersemester  
2006/ 2007

# 1. Sicherheitsbelehrung 2006/07

Alles ist Gift, nur die Dosis macht es. (Paracelsus):

5 Liter destillierten Wassers oder 250 g Kochsalz führen ebenso zum Tod wie 0,000 002 mg Botulinustoxin aus verdorbenem Fleisch oder schlechten Konserven.

Das heißt, man kann mit allen Stoffen umgehen, wenn man nicht zuviel davon erwischt. Das gefahrlose Umgehen kann auf zwei Wegen erreicht werden:

## 1. Mit Vorschriften:

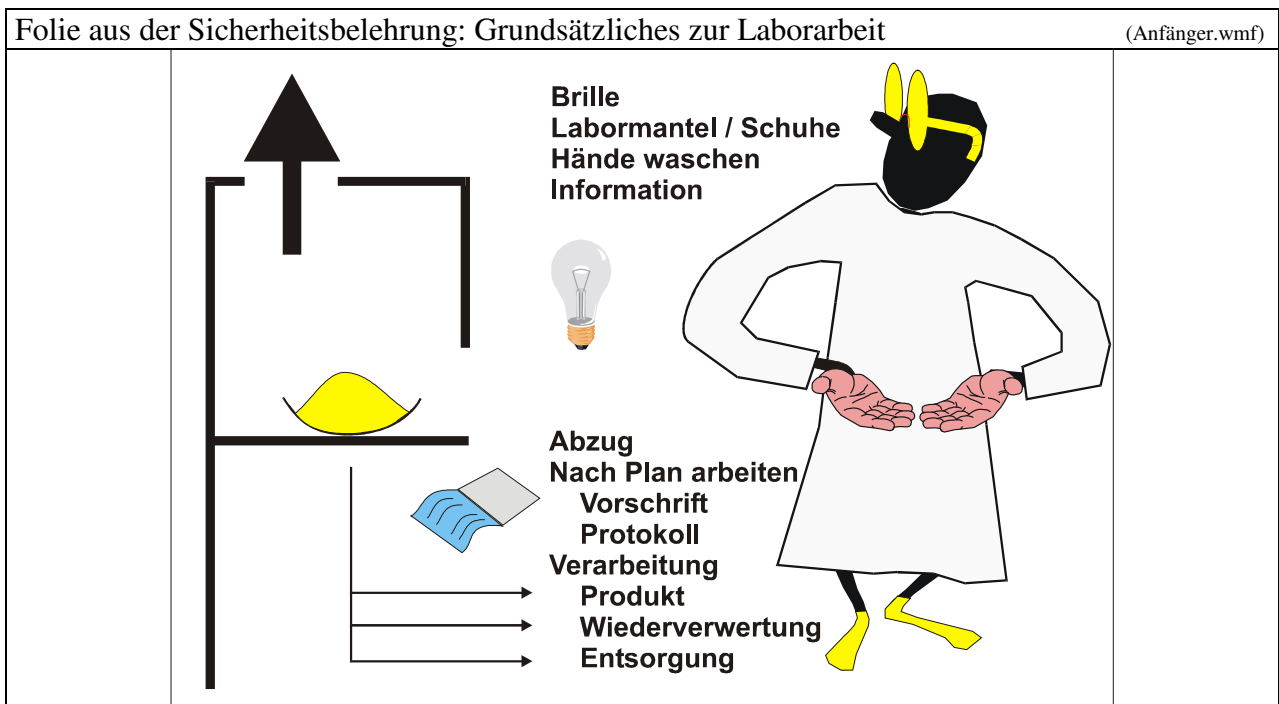
Zu den Stoffen, Arbeitsmethoden und allen Einzelheiten werden Anweisungen erarbeitet, die eingehalten werden müssen.

Das ist der Weg, durch den auch Unerfahrene angeleitet werden können, mit gefährlichen Stoffen letztlich sicher zu arbeiten (Regelwerk Arbeitssicherheit).

## 2. Mit solider Information:

Durch genaue Kenntnis der Stoffe, ihrer Reaktionen untereinander und ihrer Wirkung auf die Umgebung und die Kenntnis der Arbeitsmethoden und –systematik wird ein fehlerfreundlicher Umgang mit Stoffen und Reaktionen möglich.

Diesen zweiten Weg der Spezialisten haben Sie jetzt – beim Chemiestudium – vor sich. Bevor es aber soweit ist, daß Sie Vorschriften erlassen oder beurteilen können, müssen Sie den ersten Weg gehen, indem Sie sich – besonders vorbildlich – an Vorschriften halten.



## Allgemeine Laborordnung des Chemischen Laboratoriums der Universität Freiburg

Gefordert wird die inhaltliche Kenntnis der Broschüre „Sicheres Arbeiten in chemischen Laboratorien“  
(GUV 50.0.4)

*Zum Praktikum haben nur Praktikanten Zutritt, die über Sicherheitsfragen belehrt worden sind.*

1. Zutritt nur in der Arbeitszeit. Besucher sind nicht erlaubt. Im Zweifel: Assistenten fragen.
2. Sicherheitsbestimmungen
  - Im Labor nicht Essen, Trinken, Rauchen.
  - Tragen Sie im Praktikum immer eine Brille und einen
  - Labormantel (weiß, Baumwolle) und geschlossene Schuhe.
  - Arbeiten Sie immer exakt nach Vorschrift. Beachten Sie vor allem, daß
  - Aggressiv oder giftige Chemikalien nur unter einem Abzug bearbeitet werden dürfen.
  - Informieren Sie sich über die Chemikalien mit denen Sie umgehen:  
Unterlagen Praktikum und / oder HB 60 / 5, 6, 8, 14, 16, 20
  - Achten Sie stets auf Sauberkeit (Platz / Mensch).
  - Verwenden Sie Pipettier-Hilfen. Flüssigkeiten niemals mit dem Mund ansaugen.
  - Chemikalien dürfen nur im Praktikumsraum bearbeitet werden.
  - Nie allein arbeiten. Aufsicht / Kontrolle muß stets vorhanden sein.
  - Waschen Sie nach Ende der Versuche Hände und Unterarme. Kontrollieren Sie Ihren Arbeitsplatz (Sauberkeit; Gas, Wasser, Elektro abgestellt?)
3. Unfall-Verhütung
  - Sorgen Sie dafür, daß Reaktionen immer unter Aufsicht ablaufen.
  - Apparaturen kennzeichnen, wenn sie nicht auf dem eigenen Arbeitsplatz stehen.
  - Arbeitsplätze und Apparaturen sauber halten; Melden von Schäden.
  - Verschüttetes entfernen. Selbst, gründlich und gleich.
  - Transporte von Chemikalien: Nur mit Übergefäßen (Eimer, Wagen)
  - Stahlflaschen anketten; möglichst nur 2-Liter-Flaschen verwenden.
  - Reagentienbehälter: Griffhand verdeckt das Etikett (Profi-Entnahme).  
Entnommenes nie zurück. Im Reagentienregal richtige Ordnung einhalten.
4. Umgang mit Chemikalien
  - Informieren Sie sich über die Chemikalien mit denen Sie umgehen:  
„Betriebsanweisung“ (z.B. Praktikumsheft) oder in der Bibliothek (Standort HB 60).
  - Direkten Kontakt vermeiden (Anfassen, Kosten, Schnüffeln).
  - Verwenden Sie nie Chemikalien aus unbeschrifteten Gefäßen.
  - Brennbare Flüssigkeiten : Am Platz max. 1 Liter-Flaschen; offen max. 50 ml.

## Umgang mit Chemikalien - Experimente

### *Brennbare Flüssigkeiten:*

- auch Essigsäure brennt
- Dieselöl brennt nicht bei 100°C - aber fein verteilt.

### *Verteilung:*

- Staubexplosion
- Eisen-Staub entzündlich

### *Brennbare Dämpfe:*

- Explosion Petrolether / Luft / Funke
- Explosionsfront im Schlauch

## 5. Abfallbeseitigung

- Entsorgungshinweise des Praktikums beachten. Immer die aufgestellten, gesonderten Kanister beachten.
- Einheitliche Inhalte: Billige, problemlose Rückgewinnung oder Entsorgung
- Bei Speziellem (z.B. Quecksilber): Assistenten fragen

## 6. Feuer- oder Notalarm

- Personen helfen / retten
- Telefon 2000
- Assistenten benachrichtigen
- Ruhe bewahren

Damit Sie in einer Gefahrensituation rasch und richtig reagieren können, beachten Sie folgende Punkte:

- Informieren Sie sich über Notduschen und Augenduschen.
- Informieren Sie sich über die Lage der Absperrhähne für Gas, Wasser und Druckluft.
- Informieren Sie sich über "Ihre" Elektrosicherungen

Verstöße gegen diese Laborordnung und gegen Richtlinien der Arbeitssicherheit, die dort zitiert sind, werden mit internen Verweisen oder zeitlich begrenzten Arbeitsverboten geahndet.

## 2. Wirkungsweise von Chemikalien

Dr. D. Goepfel

### 2.1 Allgemeine Toxikologie

#### *2.1.1 Verlauf von Vergiftungen*

### 2.2 Schadstoffe im Organismus

#### *2.2.1 Exposition und Aufnahmewege*

#### *2.2.2 Verteilung im Organismus*

#### *2.2.3 Metabolismus*

#### *2.2.4 Ausscheidung*

### 2.3 Wirkung von Schadstoffen

#### *2.3.1 Ätz- und Reizgase*

#### *2.3.2 Gase als Blut-, Zell- und Nervengifte*

#### *2.3.3 Erstickende Gase*

#### *2.3.4 Säuren und Laugen*

#### *2.3.5 Lösungsmittel*

#### *2.3.6 Stäube*

### 2.4 KMR-Stoffe (Krebserregend, Mutagen, Reproduktionstoxisch)

Vergleichen Sie auch „Sicheres Arbeiten in Chemischen Laboratorien“ Kapitel 9 „Gefahren für die Gesundheit“  
S. 55-68

Die Angst vor Chemie geht um und sitzt tief. Dazu zwei Beispiele:

„Ethanol im Bier – auch Wein belastet“,

verkündete in roten Lettern die *Main Post* vor einigen Jahren - am 1. April. Der Autor hatte nicht mit der Angst seiner Leser gerechnet.

### **Alarm! Ethanol in unserem Bier** (Uwe Wolf, Die Zeit vom 11.4.1986)

Die Hiobsbotschaft erreichte die meisten Würzburger noch am Frühstückstisch. „Ethanol im Bier – auch Wein belastet“, verkündete in roten Lettern die *Main Post*. Auf Seite eins des Lokalteils stand am 1. April zu lesen, daß nun auch in fränkischen Spirituosen organische Verbindungen gefunden worden seien.

Professor Max Schmidt, Vizepräsident der Würzburger Universität und Vorstand des Instituts für Anorganische Chemie, bestätigte in dem Artikel, daß er in mehreren Proben des örtlichen Gerstensaftes Spuren der chemischen Verbindung „Ethanol“, einer Flüssigkeit wie sie auch in Desinfektions- und Fensterputzmitteln vorhanden sei, entdeckt habe. Die Chemikalie, so fuhr der Naturwissenschaftler fort, sei ihm schon seit längerem bekannt und in höheren Dosen durchaus nicht ungefährlich.

Um die Konsumenten lückenlos aufzuklären, zitierte die *Main Post* ein Pharmalexikon, demzufolge die nachgewiesene Substanz, je nach eingenommener Menge, „sedativ, hypnotisch oder sogar narkotisch“ wirke. Da die wasserklare Flüssigkeit leicht in gasförmigen Zustand übergehe, fragte das Blatt, ob bei übermäßigem Genuß des durchsetzten Bieres nicht Brand- oder Explosionsgefahr für den Konsumenten bestehe. All diejenigen, die auf Nummer Sicher gehen wollten, wurden aufgefordert, mit Kästen und Fässern zum Marktplatz zu marschieren, wo ein „Freundeskreis Mainfränkischer Kultur und Getränke“ eine „Pils-Beratungsstelle“ eingerichtet habe.

Spätestens an dieser Stelle, so dachte Herbert Kriener, der Verfasser der „Warmmeldung“, würden sich die Bürger des besonderen Datums besinnen und den Aprilscherz erkennen. „Ethanol“ ist ja schließlich nichts anderes als der wissenschaftliche Fachausdruck für ganz gewöhnlichen Trink-Alkohol, wie er in jedem Bier, Wein oder Whiskey enthalten ist.

Doch der Journalist hatte seine Rechnung ohne die Würzburger Wirte und Brauereibesitzer gemacht. Den ganzen ersten April über standen die Telefone in der Geschäftsstelle der *Main Post* nicht mehr still-

Gaststättenpächter forderten die Zeitung auf, eine Gegendarstellung zu drucken, da ihre Kunden das Bier verweigern würden. Ein Supermarktbesitzer beschwerte sich, der Bierkonsum in seinem Schnellrestaurant sei schlagartig auf Null gesunken.

Durch Anrufe verunsicherter Kunden aufgeschreckt, versicherte eine Brauerei in der Nähe Würzburgs, „von einer Verseuchung unseres Bieres mit Ethanol kann nicht die Rede sein“. Als ein Anrufer sich besonders hartnäckig nach der Einhaltung des bayerischen Reinheitsgebotes erkundigte, erklärte ein Brauereivertreter, man habe nach der Lektüre des Zeitungsartikels sofort Proben aus der laufenden Produktion zur Analyse nach Weihenstephan an die „Bierhochschule“ geschickt, und man könne bald mit amtlichen Untersuchungsergebnissen die Ungefährlichkeit des Gebräus beweisen.

Eine andere Brauerei im Landkreis Würzburg erklärte ihren Kunden, eine Chemikalie namens „Ethanol“ sei „auf keinen Fall“ in ihrem Bier vorhanden und lud Zweifler zu einer persönlichen Bierprobe ein.

Der Redakteur Herbert Kriener legt Wert darauf, daß es sich bei seinem Aprilscherz um keine Falschmeldung handelt: „Bis auf die ‚Pils-Beratungsstelle‘ stimmt alles“, versichert er.

Ob die Idee zu diesem Zeitpunkt sehr geschmackvoll gewesen sei, darüber könne man streiten, räumt er ein. „Nachdem die Sache mit dem vergifteten Wein in Italien geschehen ist, haben wir extra einen Passus in die Geschichte aufgenommen, demgemäß Ethanol nichts mit Methanol zu tun hat“, sagt der Lokalredakteur.

Die *Main Post* schob, um die Verunsicherung zu beenden, einen Artikel nach, in dem die Leser mit dem angemessenen Bierernst über den vermeintlichen Schadstoff Ethanol aufgeklärt wurden. „Im Bier ist Alkohol“, belehrte das Blatt seine wissensdurstigen Leser.

Die gleiche Erkenntnis dürfte auch der an einem „Ethanol-Zertifikat“ interessierten fränkischen Brauerei demnächst aus Weihenstephan ins Haus stehen

## Dioxin-Alarm im Chemischen Laboratorium

Beim Bibliotheksbrand von 1996 zogen die Brandgase durch das gesamte Hochhaus und verwüsteten nahezu alle Etagen. Nach Auskunft der Feuerwehr waren keine überhöhten Dioxin-Werte zu erwarten.

Trotzdem wurden Proben der Brandrückstände aus den Stockwerken geprüft. Außerdem wurden Luftmessungen durchgeführt: Auf einer ebenen Fläche wurde der Brandruß eingesammelt. Direkt über dieser Fläche wurde das Luft-Messgerät installiert. Folgende Werte wurden gemessen:

- In der Luft wurden Dioxine<sup>1</sup> in einer Menge von  $16 \text{ [pg/m}^3\text{]}^2$  gefunden. Ein Wert, der auch bei jedem Grillfeuer gemessen wird und der kleiner ist, als der Meßwert im Zigarettenrauch (Filterzigarette).
- Der Dioxin-Wert im 50 cm darunter liegenden Brandruß war Millionen mal höher (175 000 000 pg/kg).

Dioxine waren also vorhanden.

- Die Konzentration in der Luft war einer Alltagssituationen vergleichbar (Passiv-Rauchen).
- Der Brandruß enthält eine hohe Dioxin-Konzentration. Die chemischen Eigenschaften von Ruß sind aber so, dass Dioxine sehr fest „haften“. Beim Umgang mit diesem Ruß muss darauf geachtet werden,

<sup>1</sup> Es entsteht immer ein Gemisch verschiedener Stoffe mit ähnlicher Strukturformel. Gemessen werden nur die 28 Stoffe, die besonders giftig sind.

<sup>2</sup> Pico-Gramm pro Kubikmeter

dass er nicht mit dem ungeschützten Körper in Kontakt kommt. Wird das strikt eingehalten, ist keine Gefährdung zu befürchten.

Eine Richtlinie des Bundesgesundheitsamts schreibt deshalb auch für Aufräum- und Sanierungsarbeiten nach einem Brand vier Hilfsmittel vor: Staubmaske, Handschuhe, Arbeitsmantel, Hygiene.

Trotzdem versuchte die Presse einen „unverantwortlichen Skandal“, hochzuziehen, als die Meßwerte bekannt gegeben wurden. Ein Journalist meinte: „Das interessiert mich alles nicht – ihr rechnet das doch alles nur schön! Das Zeug ist doch einfach giftig. Ihr müßt das Haus schließen!“

Er hatte Angst bekommen vor den unbekannt Dimensionen (Picogramm) und vor der für ihn unverständlichen Behauptung, im Ruß stecke viel, in der Luft aber fast gar kein Schadstoff.

Er konnte erst in einem langen geduldigen Gespräch überzeugt werden, daß Angst an der Stelle nicht berechtigt ist.

Die geschilderten Ereignisse machen es deutlich: Die Angst geht um. Gegen Angst hilft nur Information!

Die Beurteilung von Chemikalien ist verwickelt. Einerseits brauchen wir viele Stoffe zum Überleben: Ein Sauerstoff /Stickstoffgemisch zum Atmen, Wasser für die Körperfunktionen, Fette und Kohlenhydrate für die Leistungen des Körpers.

Andererseits gibt es viele Stoffe, die für den Organismus schädlich oder tödlich sind. Sie sind teilweise Bestandteil der Umwelt (Aflatoxin, Botulinustoxin) oder sie sind wichtige Bausteine industrieller Synthesen (Phosgen). Vor diesen Stoffen muss man sich schützen. Das geschieht auf drei Wegen:

- Jeglicher Einfluß von außen wird abgeblockt (Raumanzug). Diese Variante ist Sonderfällen vorbehalten.
- Für das Arbeiten mit Chemikalien gibt es Vorschriften. Wenn diese vorbildlich eingehalten werden, ist ein gewisser Schutz möglich (abhängig von der Genauigkeit mit der die Vorschriften befolgt werden).
- In einer Spezialausbildung werden zu den Stoffen und den Bearbeitungs-Methoden spezielle Kenntnisse und praktische Erfahrungen gesammelt. Wenn jemand so ausgebildet ist, kann er sicher mit Gefahrstoffen umgehen.

Diese spezielle Ausbildung beginnen Sie jetzt. Sie sollen nach Ihrem Studium in der Lage sein, die bestehenden Vorschriften zu beurteilen, zu begutachten und zu bearbeiten.

Zunächst sollten Sie aber den zweiten Weg gehen, indem Sie die gegebenen Vorschriften vorbildlich einzuhalten.

Damit Sie Ihre Umsetzung auch mit Zahlen erfassen können wird in der Chemie sehr häufig angegeben, wie viel von einem Stoff – nehmen wir an: Buttersäure – in einem bestimmten Volumen eines anderen Stoffes enthalten ist. Die Dimensionen sind  $\text{ml/m}^3$  oder  $\text{mg/m}^3$ .

Um diese Mengenangaben deutlicher zu machen gibt es verschiedene Vergleichsbilder. Das Freiburger Bild geht von  $1 \text{ ml}^3$  einer Substanz aus, die in unterschiedlich grosse Mengen eingetragen wird:

<i>Verhältnis der Teile. Ein Teil wird vermischt mit</i>	<i>Angabe der Teile in Zehnerpotenzen</i>	<i>Umgangssprachliche Dimensionsangabe</i>	<i>Vergleichsbild</i>
100 Teilen	$10^2$	1 Prozent	Kleines Becherglas
1.000 Teilen	$10^3$	1 Promille	1 Liter Becherglas
1 Million Teile	$10^6$	1 ppm <sup>4</sup>	$1 \text{ m}^3$ ; Würfel im Hörsaal
1 Milliarde Teile	$10^9$	1 ppb <sup>5</sup>	Volumen Hörsaal Chemie
1 Billion Teile	$10^{12}$	1 ppt <sup>6</sup>	Breisgauer Bucht
1 Billiarde Teile	$10^{15}$	1 ppq <sup>7</sup>	Bodensee

Auf der folgenden Seite sind die Stichworte der Kurzeinführung in die Toxikologie aufgelistet. Diese Zusammenfassung orientiert sich im Wesentlichen an den Seiten 55 – 68 der GUV-Broschüre „Sicheres Arbeiten in chemischen Laboratorien“

## 2.1 Allgemeines zur Toxikologie

<sup>3</sup> ~ kleiner Fingerhut oder Mocalöffel voll Flüssigkeit

<sup>4</sup> parts per million

<sup>5</sup> parts per billion. Billion (amerik.) = Milliarde

<sup>6</sup> parts per trillion. Trillion (amerik.) = Billion

<sup>7</sup> parts per quadrillion. Quadrillion (amerik.) = Billiarde

Toxizität: Störung eines biologischen Systems (LD<sub>50</sub> als Maßzahl - (25 / 200 mg / kg))

### 2.1.1 Verlauf von Vergiftungen

akut / chronisch; Halbwertszeit; Wirkungskumulation

## 2.2 Schadstoffe im Organismus

### 2.2.1 Aufnahme in den Organismus

über Haut; Mund; Nase; Augen

### 2.2.2 Verteilung

Blutbahn oder ZNS(lipidlöslich)

### 2.2.3 Metabolismus

Oxidation – Reduktion (Methanol; Parathion); Hydrolyse; Veresterung

## 2.3. Wirkung von Schadstoffen

### 2.3.1 Ätz- und Reizgase

Chlor- und Fluorwasserstoff; Schwefeldioxid; Chlor und Brom; Ammoniak

### 2.3.2 Blut-, Zell- und Nervengifte

Kohlenmonoxid (Hämoglobin)

Blausäure (Enzymblockade Zellatmung)

Schwefelwasserstoff (Sulfhämoglobin, Blockade Atemzentrum), Wahrnehmung!

Arsenwasserstoff, Phosphorwasserstoff, Nitrose Gase

### 2.3.3 Erstickende Gase

Stickstoff; Argon; Propan / Butan; Kohlendioxid

### 2.3.4 Säuren und Laugen

konzentrierte Säuren / Laugen;

Laugen: flüssige Nekrosen. **Schutzbrille!**

### 2.3.5 Lösungsmittel

narkotisierend (Aceton, Ether, Essigester)

leberschädigend (Radikale aus Chloroform (HKW))

Methanol: T+ (sehr giftig)

### 2.3.6 Stäube

Quarzstaub (Silikose); Asbest (CA); Buchen- und Eichenholz-Staub (CA)

### 2.3.7 MAK-Wert (Maximale Arbeitsplatzkonzentration)

8-Stunden-Wert; TRGS 900 (DFG Arbeitsstoff-Kommission)

## Nach den Grundpraktika:

KMR-Stoffe (**K**rebserregend, **M**utagen, **R**eproduktionstoxisch)

Die Einhaltung von Technischen Richtkonzentrationen (TRK) soll das Gesundheitsrisiko mindern, vermag es jedoch nicht auszuschließen.

- (1) ... bewirkt bekanntermaßen; Kausalzusammenhang
- (2) ...als gefährlich angesehen werden sollte; Begründete Annahme
- (3) ... Anlass zur Besorgnis; Anhaltspunkte



## **3. Arbeitsschutz / Gesundheitsschutz**

Dr. Petra Markmeyer-Pieles, Leiterin der Abt.  
Arbeitssicherheit

### **3.1 Arbeitsschutz**

#### *3.1.2 Verantwortung für den Arbeitsschutz*

### **3.2 Sicherheitsabteilung der Universität**

#### *3.2.1 Das Team und die Aufgaben*

### **3.3 Gefährdungen im Studentenalltag**

#### *3.3.1 Wo lauern Gefahren*

#### *3.3.2 Unfälle*

### **3.4 Risikominderung**

#### *3.4.1 Systematisches Vorgehen*

#### *3.4.2 Kennzeichnung spezieller Gefahren*

### **3.5 Maßnahmen bei Unfallereignissen**

#### *3.5.1 Persönliches Verhalten*

#### *3.5.2 Notruf*

### **3.6 Gefahren durch Druckgase und Druckgasflaschen**

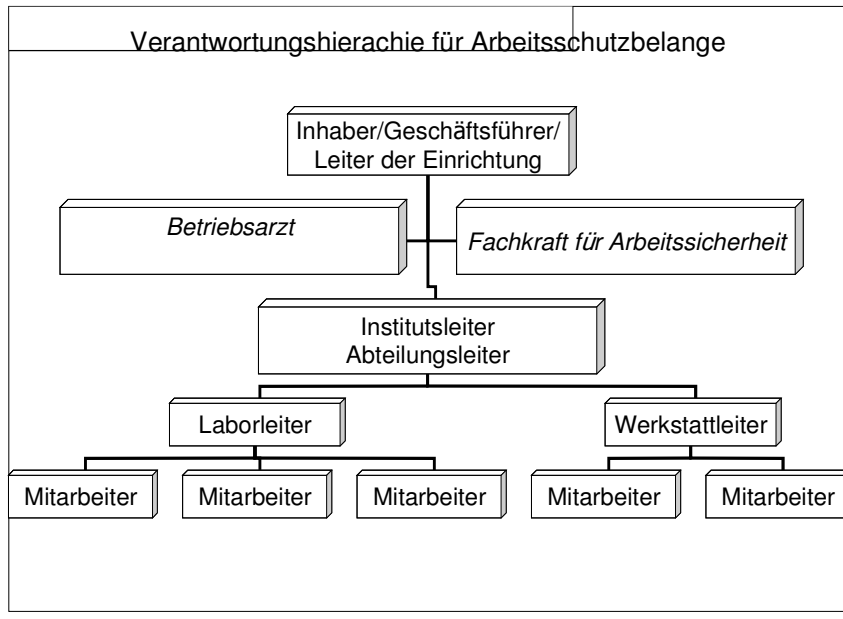
#### *3.6.1 Umgang mit Druckgasflaschen*

#### *3.6.2 Allgemeine Verhaltensmaßnahmen*

Vergleichen Sie auch „Sicheres Arbeiten in Chemischen Laboratorien“ Kapitel 3.1 + 3.4 und 4.6.2 – 4.6.4

## 3.1 Arbeitsschutz

### 3.1.2 Verantwortung



## 3.2 Sicherheitsabteilung der Universität

### 3.2.1 Das Team

#### Das Team der Abteilung „Arbeitssicherheit“ (Abt. 4.3)



**Dr. Petra Markmeyer-Pieles**  
Komm. Leiterin der Abt. 4.3  
Beauftragte f. Biologische Sicherheit  
Fachkraft für Arbeitssicherheit  
Tel. 4204  
markmey@verwaltung.uni-freiburg.de



**Dr. Bernadette Lippok**  
Tel. 4303  
lippok@verwaltung.uni-freiburg.de

**Karin Ritter**  
Fachkraft für Arbeitssicherheit  
Tel. 4203  
ritter@verwaltung.uni-freiburg.de



**Lioba Weis**  
Verwaltungsbeamtin  
Tel. 4262  
weis@verwaltung.uni-freiburg.de



**Gudrun Herz**  
Fachkraft für Arbeitssicherheit  
Tel. 4354  
herz@verwaltung.uni-freiburg.de



**Stefanie Kollitz**  
Techn. Angestellte  
Tel. 8898  
kollitz@verwaltung.uni-freiburg.de

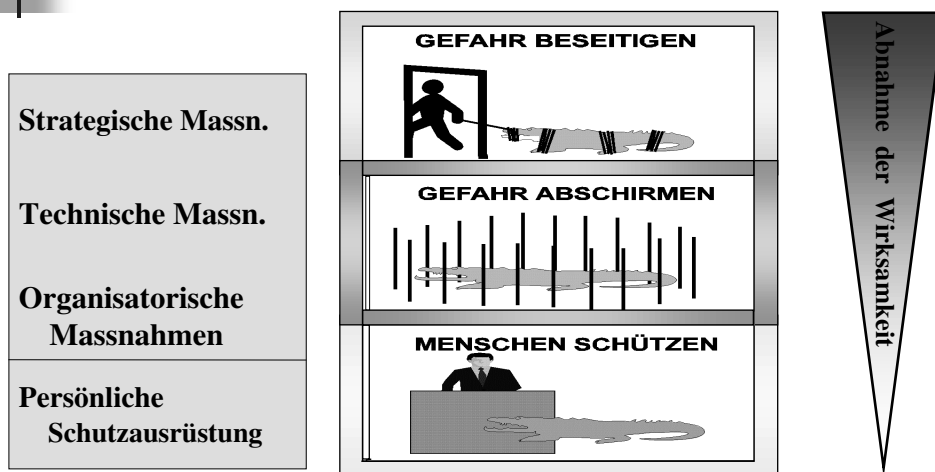
### 3.3 Gefährdungen im Studentenalltag

- .

### 3.4 Risikominderung

#### 3.4.1 Systematisches Vorgehen

## Die drei Ansätze der Risikominderung



www.sicherheit.ethz.ch

13

Quelle ETH – Zürich

#### 3.4.2 Kennzeichnung spezieller Gefahren

## Kennzeichnung spezieller Gefahren

- **Zutrittseinschränkung :**

Zutritt nur für berechtigte Personen  
 Accès réservé aux personnes autorisées  
 Accesso riservato alle persone autorizzate  
 Authorized entrances only

- **Gefahrensymbol:**



- **Gefahren- resp. Verhaltensbeschreibung:**

Laserstrahlung  
 Bestrahlung von Augen oder  
 Haut durch direkte oder  
 Streustrahlung vermeiden.  
 Laser Klasse 4

www.sicherheit.ethz.ch

24

### 3.6 Gefahren durch Druckgase und Druckgasflaschen

## Gas: *mobile und feste* Versorgung



### Gasflaschen

- Immer mit **feuerfester Halterung** sichern
- **Transport nur mit aufgesetzter Schutzkappe**

### Feste Gasversorgung (unterster Schalter)

- Täglich **nach der Arbeit abstellen**



[www.sicherheit.ethz.ch](http://www.sicherheit.ethz.ch)

30

### 3.6.2 Allgemeine Verhaltensmaßnahmen

Aufgrund der zuvor genannten Druckbehälterproblematik und der Tatsache, daß freiwerdende Gase sehr rasch in die Laboratmosphäre gelangen und dort leicht zündfähige oder toxische Gemische bilden können, sind auch beim Umgang mit Gasen entsprechende Sicherheitsmaßnahmen zu beachten.

- An den Armaturen dürfen keine Gleit- oder Schmiermittel verwendet werden.
- Alle mit Sauerstoff in Berührung kommenden Teile müssen absolut öl- und fettfrei sein.
- Für Sauerstoff dürfen nur Manometer verwendet werden, die blau gekennzeichnet sind und die Aufschrift " Sauerstoff ! Öl- und fettfrei halten " tragen.
- Druckgasflaschen müssen gegen Umstürzen (z. B. durch Anketten) gesichert sein und vor starker Erwärmung geschützt werden.
- Wegen der bei Bränden bestehenden Gefahr des Zerknalls müssen aus Laboratorien mit erhöhter Brandgefahr Druckgasflaschen nach Arbeitsschluß oder nach Beendigung einer Versuchsreihe an einen sicheren Ort gebracht werden, ausgenommen es wurden besondere Schutzmaßnahmen zum Schutz vor zu starker Erwärmung getroffen.
- Für sehr giftige, giftige und krebserzeugende Gase müssen möglichst kleine Druckgasflaschen verwendet werden, die -sofern sie im Labor aufgestellt werden - dauerabgesaugt sein müssen (Abzug!).
- Druckgasflaschen dürfen grundsätzlich nur mit aufgeschraubter Schutzkappe und mit geeigneten Hilfsmitteln (z. B. Flaschentransportwagen) transportiert werden.
- Beim Transport von sehr giftigen Gasen sind geeignete Atemschutzgeräte mitzuführen. Werden giftige oder erstickende Gase im Aufzug befördert, ist das Mitfahren von Personen nicht zulässig.
- Beim Umgang mit sehr giftigen und giftigen Gasen sind geeignete Atemschutzgeräte bereitzuhalten.
- Bei Druckgasflaschen ist das Datum der nächstfälligen Druckbehälter-Prüfung zu beachten.

## 4. Brandschutz

Karin Ritter, Fachkraft für Arbeitssicherheit

### 4. Brandgeschehen

#### *4.1 Vorbeugender Brandschutz*

4.1.1 Brandverhütungsmaßnahmen

4.1.2 Kritische Temperaturpunkte

4.1.3 Gefahrenklassen brennbarer Flüssigkeiten

4.1.4 Sicherheitsregeln beim Umgang mit brennbaren Flüssigkeiten, explosionsgefährlichen und selbstentzündlichen Gefahrstoffen

#### *4.2 Maßnahmen zum vorbeugenden Brandschutz*

4.2.1 Brandmeldung

4.2.2 Verhalten im Brandfall

#### *4.3 Brandbekämpfung*

4.3.1 Brandklassen

4.3.2 Feuerlöscher

*4.3.2.1 Pulverlöscher*

*4.3.2.2 Kohlendioxidlöscher*

*4.3.2.3 Metallbrandlöscher*

#### *4.4 Spezielle Brände*

4.4.1 Was tun bei Kleiderbränden?

4.4.2 Was tun bei Gasbränden?

Vergleichen Sie auch „Sicheres Arbeiten in Chemischen Laboratorien“ Kapitel 6 „Brand- und Explosivstoffe“ S. 42-47

## 4. Brände

Drei Voraussetzungen müssen für einen Brand gegeben sein:

- ein brennbarer Stoff,
- Sauerstoff (z. B. aus der Luft) und
- eine Zündquelle mit ausreichender Energie.

Zur Brandverhütung und Brandbekämpfung ist eine dieser drei Voraussetzungen zu eliminieren.

### 4.1 Vorbeugender Brandschutz

Unter "vorbeugendem Brandschutz" versteht man Verhaltensmaßnahmen und Maßnahmen baulicher und organisatorischer Art, die

- einen Entstehungsbrand verhindern
- eine schnelle Branderkennung und Brandmeldung gewährleisten,
- eine schnelle Brand- und Rauchausbreitung verhindern
- eine sichere Fluchtmöglichkeit von Personen ermöglichen

#### 4.1.1 Brandverhütungsmaßnahmen

Die Brandschutzordnung der Universität Freiburg gibt allgemeine Brandverhütungs- und Verhaltensmaßnahmen im Brandfall vor .

Im Laborbereich werden jedoch über die allgemeinen Brandverhütungsmaßnahmen hinaus weitere Maßnahmen erforderlich.

Brennbare Flüssigkeiten, selbstentzündliche Stoffe, exotherme Reaktionen und Zersetzungsreaktionen im Labor erhöhen die Brandgefahr.

Dämpfe brennbarer Flüssigkeiten bilden mit Luft in bestimmten Konzentrationsbereichen explosionsfähige Gemische. Der Dampfdruck und der Flammpunkt von Gefahrstoffen muß daher bei chemischen Reaktionen, beim Destillieren, Extrahieren oder auch beim Lagern und **vor allem beim offenen Umgang** beachtet werden.

**Beachte:** Bei den meisten Lösemitteln ist die Dichte der Gase größer als Luft, so dass Dämpfe sich auf dem Arbeitstisch oder am Boden sammeln.

#### 4.1.2 Kritische Temperaturpunkte

Zur Gefährdungsbeurteilung brennbarer Flüssigkeiten dienen die kritischen Temperaturpunkte:

- **Flammpunkt** - die niedrigste Temperatur, bei der bei Normaldruck so viel Dampf über einer Flüssigkeit entsteht, dass mit Luft ein entflammbares Gemisch entsteht.
- **Brennpunkt** – bei dieser Temperatur bilden sich so viele Dämpfe, dass die Verbrennung auch nach Entfernen der Zündquelle weiterläuft.
- **Zündtemperatur** – niedrigste Temperatur, bei der eine brennbare Substanz ohne Fremdeinwirkung entflammen kann.

#### 4.1.3 Gefahrenklassen brennbarer Flüssigkeiten

Brennbare Flüssigkeiten werden nach ihrem Flammpunkt und nach ihrer Mischbarkeit mit Wasser in Gefahrenklassen A und B eingeteilt.

**Gefahrenklasse A:** Mit Wasser nicht mischbare, brennbare Flüssigkeiten

**Gefahrenklasse B:** Mit Wasser mischbare, brennbare Flüssigkeiten

- **Gefahrenklassen A:**
  - Flammpunkt  $< 0^{\circ}\text{C}$ ; hochentzündlich ( Beispiel: Ether  $-40^{\circ}\text{C}$ )
  - Flammpunkt  $< 21^{\circ}\text{C}$ ; leichtentzündlich
  - Flammpunkt  $21^{\circ}\text{C} \leq 55^{\circ}\text{C}$ ; entzündlich
- **Gefahrenklasse B:**
  - Flammpunkt  $< 0^{\circ}\text{C}$ ; hochentzündlich
  - Flammpunkt  $< 21^{\circ}\text{C}$ ; leichtentzündlich
  - Flammpunkt  $21^{\circ}\text{C} \leq 55^{\circ}\text{C}$ ; entzündlich ( Beispiel: Aceton  $-20^{\circ}\text{C}$ ; Methanol  $11^{\circ}\text{C}$ )

## Sicherheitsschränke für brennbare Flüssigkeiten



26. Oktober 2004 Brandschutzseminar

### 4.1.4 Sicherheitsregeln beim Umgang mit brennbaren Flüssigkeiten, explosionsgefährlichen und selbstentzündlichen Stoffen.

- Grundsätzlich besteht Rauchverbot im Laboratorium.
- Brennbare Flüssigkeiten dürfen am Arbeitsplatz nur in der unbedingt für normales Arbeiten erforderlichen Menge aufbewahrt werden.
- alle Zündquellen, insbesondere offene Flammen, aus der Umgebung entfernen.
- Regale dürfen nicht mit Chemikalien vollgestopft werden, um versehentliche Herunterreißen von Flaschen zu vermeiden.
- Brennbare Flüssigkeiten der Gefahrenklasse A und B dürfen an Arbeitsplätzen für den Handgebrauch nur in Gefäßen von höchstens 1 Liter Fassungsvermögen aufbewahrt werden.
- Die Anzahl solcher Gebinde ist auf das unbedingt nötige Maß zu beschränken. Die für den Handgebrauch erforderliche Menge wird als Tagesbedarf definiert.
- Brennbare Flüssigkeiten dürfen nur in Kühltanks aufbewahrt werden, deren Innenraum explosionsgeschützt ist. Kühltanks sind entsprechend zu kennzeichnen.
- Beim Abfüllen und Umgießen Zündgefahren durch elektrostatische Aufladung beachten. Metallgebilde müssen daher geerdet werden.
- Bei Behälterbruch oder beim Verschütten brennbarer Flüssigkeiten, deren Temperatur über ihrem Flammpunkt liegt, sind sofort alle Zündquellen aus der Umgebung zu beseitigen. Den Raum lüften, verschüttete Lösemittel mit Absorptionsmittel aufnehmen.
- Brennbare Flüssigkeiten nicht offen verdampfen.
- Eine besondere Gefährdung besteht bei selbstentzündlichen und explosionsgefährlichen Substanzen bzw. Substanzgemischen: z. B. Alkalimetalle und ihre Hydride, die sich bei Zutritt von Luft und/oder Wasser spontan entzünden.
- Explosionsartige Reaktionen von Alkalimetallen mit Halogenkohlenwasserstoffen sind möglich. Deshalb dürfen Alkalimetalle niemals mit Halogenkohlenwasserstoffen in Verbindung gebracht werden.
- Sprengstoffherstellung (z. B. in Form von Feuerwerkskörpern) ist aufgrund sprengstoffrechtlicher Vorschriften ausdrücklich verboten. Ein Verstoß führt bei Unfallfolgen zu straf- und zivilrechtlichen Konsequenzen.

### 4.2 Maßnahmen zum vorbeugenden Brandschutz

Im Brandfall muß eine schnelle **Brandausbreitung** und **Rauchausbreitung** verhindert werden.

- durch Teilung des Gebäudes in **Brandabschnitte**. Die einzelnen Brandabschnitte sind durch feuerhemmende Baumaterialien horizontal und vertikal, und
- durch **Feuer- und Rauchabschlusstüren** voneinander getrennt, dadurch kann das Feuer nicht so schnell auf andere Gebäudeabschnitte übergreifen.
- die Feuer- und Rauchabschlusstüren müssen geschlossen sein oder im Brandfall automatisch schließen.
- Das Feststellen und Offenhalten der Türen mittels Keilen oder sonstigen Gegenständen ist deshalb unzulässig.

#### 4.2.1 Brandmeldung

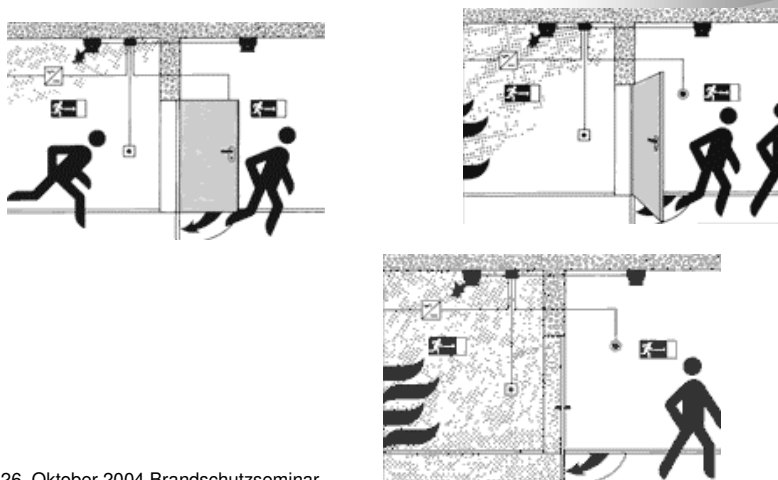
Zur schnellen **Branderkennung und Brandmeldung** sind automatische Brandmelder installiert, die über die Brandmeldezentrale im Falle eines unentdeckten Brandes eine Alarmierung der Feuerwehr und des Bereitschaftsdienstes vornehmen.

Zur manuellen Alarmierung sind in allen Bereichen Druckknopfmelder installiert, mit denen eine Feuermeldung erfolgen kann.

#### 4.2.2 Verhalten im Brandfall

- Ruhe bewahren
- Brand melden Rufnummer **2000**. Mit der Notrufnummer der Universität kann von jedem Telefonapparat, auch ohne Amtswahlberechtigung die Feuerwehr und der Rettungsdienst alarmiert werden. Wer ? Wo ? Was ? Sind Menschen in Gefahr ?
- Warten bis Feuerwehr bzw. Rettungsdienst das Gespräch beendet !!
- Gefährdete Personen in Sicherheit bringen
- Löschversuch unternehmen

#### Brandabschnitte



26. Oktober 2004 Brandschutzseminar



### 4.3 Brandbekämpfung

In allen Bereichen der Universität sind **Feuerlöscheinrichtungen** anzutreffen:

- Feuerlöscher (Pulver- und Kohlendioxidlöscher)
- Hydranten mit Schlauchleitungen
- Feuerlöschdecken
- Notduschen.

Die Löscheinrichtungen müssen gut sichtbar sein und nicht durch Schränke, Kittel oder sonstige Gegenstände verdeckt bzw. verstellt werden.

#### 4.3.1 Brandklassen

Man unterteilt alle brennbaren Stoffe in Brandklassen A, B, C und D und wählt danach den geeigneten Feuerlöscher aus.

- **Brandklasse A: Alle festen und glutbildenden Stoffe**
- **Brandklasse B: Alle flüssigen Stoffe**
- **Brandklasse C: Alle gasförmigen Stoffe**
- **Brandklasse D: Brennbar Metalle (z. B. Natrium, Kalium, Lithium)**
- **Brandklasse E: Geeignet für elektrische Anlagen bis 1000 V**

#### 4.3.2 Feuerlöscher

Pulverlöscher, Wasserlöscher, Kohlendioxidlöscher, Schaumlöscher.

An der Universität werden vornehmlich Pulver- und Kohlendioxidlöscher eingesetzt.

##### 4.3.2.1 Pulverlöscher

sind geeignet für Brandklasse A, B, C und E bis 1000 V sowie für Brandklasse D mit Metallbrandpulver.

Als Treibmittel wird in den tragbaren Feuerlöschern Kohlendioxid und in den fahrbaren Feuerlöschern Stickstoff eingesetzt. Das Löschpulver wird mit Druck ausgebracht. Der Druck beträgt ca. 18 bar. Man unterscheidet bei den Pulverlöschern die

- **Dauerdrucklöscher** (Treibmittel mit Pulverbehälter) und die
- **Aufladelöscher** (mit Gasflasche für Treibmittel [Druck ca. 60 bar] im Pulverbehälter oder außenliegend).

**Hinweis:** Mit Pulverlöschern können auch Kleiderbrände abgelöscht werden. (Vorsicht: Betriebsdruck von ca. 18 bar!). **Wichtig:** Nicht ins Gesicht halten, da das Pulver durch Druck in die Atemwege gerät und zur Erstickung führen kann.

##### 4.3.2.2 Kohlendioxidlöscher

eignen sich zum Löschen von Flüssigkeitsbränden (Klasse B). Einsatz überall dort, wo Verschmutzung durch Löschpulver vermieden werden muß (z. B. teure elektronische Geräte), da Kohlendioxid rückstandsfrei verdampft.

Beim Brand von festen, glutbildenden Stoffen (Klasse A) und gasförmigen Stoffen (Klasse C) ist der Kohlendioxidlöscher nur bedingt geeignet.

**Wichtig:** Kleiderbrände nur gezielt mit Kohlendioxidlöscher ablöschen, da es infolge einer Unterkühlung der Person zu einem Schock und zu Erfrierungen kommen kann.

##### 4.3.2.3 Metallbrandlöscher

Für brennendes Metall (Natrium, Kalium usw.) gibt es Pulverlöscher mit Metallbrandpulver. Auch Sand ist als Löschmittel einsetzbar. Unter keinen Umständen mit Wasser löschen !!!

### 4.4 Spezielle Brände

#### 4.4.1 Was tun bei Kleiderbränden ?

**Sofort handeln !!**

- Sofort unter **Notdusche**, sonst
- **Brandschutzdecke** einsetzen: In erster Linie zum Löschen von Kleiderbränden. Aber auch zum Ersticken von kleinen Brandherden geeignet. (Auch Kittel oder Wolldecke sind geeignet)

#### 4.4.2 Was tun bei Gasbränden ?

Unfallhergang:

Wasserstoff wurde als Betriebsgas für einen Gaschromatographen (GC) verwendet und aus einer 50-l-Druckgasflasche über eine Rohrleitung dem GC zugeführt. Der Betreiber vermutet eine Undichtigkeit an der Verbindung vom Druckminderer zum Flaschenventil und beschloß die Überwurfmutter nachzuziehen. Das Flaschenventil wurde nicht abgesperrt, um die am Gerät laufende Analyse nicht zu gefährden. In der irrtümlichen Annahme, es handele sich um Rechtsgewinde, setzte er den Gabelschlüssel in der falschen Richtung an. Unter hohem Druck strömte Wasserstoff aus und entzündete sich sofort (adiabatische Kompression). Beim Versuch, das Ventil zu schließen, zog sich der Betreiber Verbrennungen an den Händen zu. Ein Löschversuch mit dem CO<sub>2</sub>-Löschers blieb erfolglos. Etwa 10 Minuten später beseitigte die Feuerwehr die Gefahr durch Zudrehen des Flaschenventils.

##### Richtiger Löscheinsatz

- Zuerst Hauptabsperrventil schließen und erst dann löschen. **Nicht umgekehrt !** Andernfalls kann es durch den Gasaustritt bei erneuter Zündung zu einer Explosion kommen.

## 5. Sicherer Umgang mit Chemikalien und Apparaturen

Karin Ritter, Fachkraft für Arbeitssicherheit

### 5.1 Kennzeichnung von Gefahrstoffen:

*5.1.1 Explosionsgefährlich / E*

*5.1.2 Brandfördernd / O*

*5.1.3 Hochentzündlich und Leichtentzündlich /F+ und F*

*5.1.4 Reizende oder ätzende Chemikalien /Xi oder C*

*5.1.5 giftige und sehr giftige Chemikalien / T+ und T*

*5.1.6 Sensibilisierende, reproduktionstoxisch, mutagene und krebserzeugende Chemikalien*

*5.1.7 Umweltgefährliche Stoffe / N*

### 5.2 Wie gelangen Chemikalien in den Körper ?

*5.2.1 Aufstellung von Grenzwerten*

*5.2.2 Die maximale Arbeitsplatzkonzentration*

*5.2.3 TRK - Werte - Technische Richt-Konzentration*

*5.2.4 BAT - Werte - Biologische Arbeitsstoff Toleranz*

### 5.3 Umgang mit Chemikalien

*5.3.1 Erhitzen*

*5.3.2 Extrahieren*

*5.3.3 Mischen, Verdünnen, Abfüllen*

*5.3.4 Trocknen von Lösemitteln*

*5.3.5 Verschüttete Chemikalien - Behälterbruch*

### 5.4 Umgang mit Apparaturen

*5.4.1 Vakuumapparaturen*

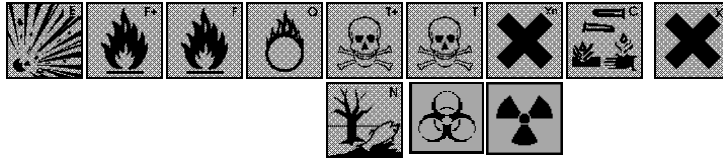
*5.4.2 Destillieren*

*5.4.3 Pipettieren*

Vergleichen Sie auch „Sicheres Arbeiten in Chemischen Laboratorien“ Kapitel 4 „Chemische Apparaturen“

## 5.1 Kennzeichnung von Gefahrstoffen:

# Gefahrstoffe



- sensibilisierend
- krebserzeugend
- fortpflanzungsgefährdend
- erbgutverändernd

**Gefahrstoffe sind Stoffe, Zubereitungen oder Erzeugnisse, die explosionsfähig, brennbar bzw. brandfördernd sind oder akute bzw. chronisch schädigende Eigenschaften besitzen**

### 5.1.5 giftige und sehr giftige Chemikalien / T+ und T

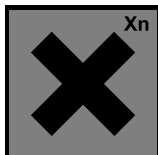
#### Akute Toxizität von Gefahrstoffen bei oraler Aufnahme Letale Dosis LD50 pro Kilogramm Körpergewicht



- sehr giftig 0-25 mg/kg KGW



- giftig 25-200 mg/kg KGW



- gesundheits-schädlich 200-2000 mg/kg KGW

### 5.1.6 Sensibilisierende, reproduktionstoxische, mutagene und krebserzeugende Chemikalien

Als „sensibilisierend“ wird ein Stoff bezeichnet, der beim Einatmen oder Hautkontakt Überempfindlichkeitsreaktionen auslösen kann, die durch das Immunsystem vermittelt sind. Der häufige Umgang mit solchen Stoffen kann Allergien auslösen.

„**Krebserzeugend**“ oder karzinogen sind Stoffe, die beim Einatmen, Verschlucken oder Aufnahme über die Haut Krebs erregen oder die Krebshäufigkeit erhöhen können.

Krebserzeugende Stoffe werden in 3 Gefährdungsklassen eingeteilt:

*K1* Stoffe, die beim Menschen bekanntermaßen krebserzeugend wirken.

*K2* Stoffe, die als krebserzeugend angesehen werden sollten.

*K3* Stoffe, die wegen möglicher krebserzeugender Wirkung Anlaß zur Besorgnis geben.

Die Einteilung wird ständig nach dem neuesten Wissensstand verändert.

**Mutagene** oder erbgutverändernde Stoffe können die Informationen der Keimzellen verändern. Viele mutagen wirkende Stoffe haben eine hohe Latenzzeit.

**Reproduktionstoxische** Substanzen können die Fortpflanzung beeinträchtigen oder den Embryo schädigen.

### 5.1.7 Umweltgefährliche Stoffe

Dürfen nicht ins Abwasser gelangen

## 5.2 Wie gelangen Chemikalien in den Körper ?

### Aufnahmewege von Chemikalien in den menschlichen Körper

#### Oral

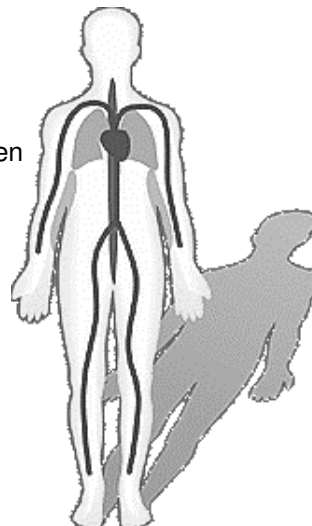
- Verschlucken von Stäuben und Flüssigkeiten

#### Dermal

- Stäube und Flüssigkeiten

#### Einatmen

- Gase, Dämpfe, Stäube, Aerosole



### 5.2.1 Aufstellung von Grenzwerten

So, wie die tödliche Dosis je nach Substanz unterschiedlich groß ist, unterscheiden sich auch die Konzentrationen, die meßbare Wirkungen im Körper hinterlassen. Um diesen unterschiedlichen Wirkungen Rechnung zu tragen, wurden für viele Substanzen maximale Arbeitsplatzkonzentrationen aufgestellt, bei deren Einhaltung man davon ausgehen kann, daß keine Schädigung auftritt. Der Senatskommission der Deutschen Forschungsgemeinschaft, die aus gewählten Mitgliedern der verschiedenen wissenschaftlichen Disziplinen besteht, ist die Aufgabe übertragen worden, die wissenschaftlichen Grundlagen des Gesundheitsschutzes vor toxischen Stoffen am Arbeitsplatz zu erarbeiten. Die wichtigsten praktischen Ergebnisse der Kommissionsarbeit sind wissenschaftliche Empfehlungen zur Aufstellung von MAK- und BAT-Werten, zur Einstufung krebserzeugender Arbeitsstoffe und zur Bewertung frucht-schädigender und erbgutschädigender Wirkungen. Die Gründe, die zur Einstufung geführt haben, werden mit ausführlichen Begründungen veröffentlicht.

### 5.2.2 Die maximale Arbeitsplatzkonzentration MAK

ist die höchstzulässige Konzentration eines Stoffes als Gas, Dampf oder Schwebstoff in der Luft während eines Arbeitstages von 8 Stunden.

Der **MAK-Wert** wird für einen durchschnittlich gesunden Menschen aufgestellt. Er ist historisch als 8-Stunden-Mittelwert konzipiert. In der Praxis schwankt die aktuelle Konzentration der Schadstoffe in der Luft oft erheblich, so daß man Abweichungen nach oben je nach Wirkungscharakter des Stoffes als Spitzenbegrenzung festschreibt. Die Schadstoffe sind in überschaubare Kategorien eingeteilt, die die toxikologischen Erfordernisse und die analytische Vollziehbarkeit berücksichtigen. Der 8-Stunden Mittelwert ist in jedem Fall einzuhalten. Für die Festsetzung der MAK-Werte haben grundsätzlich die beim Menschen gewonnenen Erkenntnisse Vorrang. Viele Ergebnisse sind allerdings in tierexperimentellen Studien gewonnen worden. Der im Tierexperiment ermittelte Grenzwert wird unter Anwendung eines Sicherheitsfaktors je nach Gefährdungspotential drei- bis dreißigfach erniedrigt. Der MAK-Wert ist keine feststehende Größe, sondern wird nach dem neuesten Wissensstand jeweils korrigiert. Theoretisch ist davon auszugehen, daß auch die kleinste Menge eines Schadstoffs im Organismus einen Effekt hervorruft. Wird der Fremdstoff jedoch schneller ausgeschieden als aufgenommen, oder kann der Organismus die Veränderungen schneller zurückbilden als sie entstehen, dann kann insgesamt keine Wirkung beobachtet werden. Daraus ergibt sich, daß Wirkschwellen nur dann angenommen werden, wenn keine Dauerschäden auftreten. Die maximale Arbeitsplatzkonzentration wird im ppm (part per million) gemessen, Größeneinheit ist  $\text{ml/m}^3$ .

### 5.2.3 TRK - Werte - Technische Richt Konzentration

werden für Substanzen festgelegt, die als krebserzeugend gelten. Bei karzinogenen Stoffen geht man davon aus, daß es keine unbedenklichen Konzentrationen gibt. Der TRK-Wert ist die Konzentration, die nach dem Stand der Technik erreicht werden kann und die als Anhaltspunkt für zu treffende Schutzmaßnahmen und meßtechnische Überwachung herangezogen werden kann. Die Einhaltung der Werte kann das Risiko minimieren, aber nicht vollständig ausschließen.

#### 5.2.4 BAT - Werte - *Biologische Arbeitsstoff Toleranz*

werden für solche Stoffe angegeben, die über die Lunge bzw. über Körperoberflächen in den Organismus eintreten. Sie stellen die höchstzulässige Menge eines Stoffes bzw. seiner Metaboliten dar, oder die durch ihn ausgelöste Abweichung eines biologischen Indikators von seiner Norm. Wie beim MAK-Wert geht man von einer täglich 8-stündigen Exposition bei 40 Wochenstunden aus. Die Mengen sind als Höchstwerte für gesunde Personen konzipiert. Nachgewiesen werden sie in der Regel im Blut oder Harn. Die Dosis einer toxischen Substanz, die einen Effekt im Körper auslöst, bestimmt ihre Gefährlichkeit.

### 5.3 Umgang mit Chemikalien

- Hautkontakt vermeiden. - Chemikalienbeständige Schutzhandschuhe tragen.
- Beim Umfüllen von Substanzen immer Trichter verwenden.
- Kleine Mengen nur mit Spatel oder Pipetten entnehmen.
- Chemikalien nie direkt aus dem Vorratsgefäß in den Reaktionsansatz geben.
- Chemikalien nicht in die Vorratsbehälter zurückgeben. (Verschmutzung !)
- Ansätze nicht größer durchführen als vorgeschrieben.
- Bruchgefahr beim Transport von Chemikalien in Glasgefäßen beachten.

#### 5.3.1 Erhitzen

Brennbare Flüssigkeiten dürfen nur mit elektrischen Geräten, Heizpilzen oder elektrisch beheizten Ölbädern erhitzt werden.

- Ölbäder müssen sich gefahrlos absenken lassen.
- Bei Ölbädern max. Betriebstemperatur nicht überschreiten.
- Überhitzte, in Brand geratene Ölbäder können durch die Zugabe sehr geringer Wassermengen zu einer Fettexplosion führen.
- Die Volumenvergrößerung beim Erwärmen und die Verdrängung, die das Eintauchen der Apparatur bewirkt, muß bei der Bemessung des Heizmediums in Betracht gezogen werden.
- Verunreinigungen z. B. durch Tropfwasser muß wirksam begegnet werden, z. B. durch saugfähige Filtrierpapierstreifen an den Hälsen der Gefäße.
- Bunsenbrenner dürfen nur mit Sicherheitsschläuchen an die Gasleitung angeschlossen und nur unter Aufsicht betrieben werden.

#### 5.3.2 Extrahieren

Bei Extraktionen kann sich beim Durchmischen der beiden Phasen im Scheidetrichter ein Überdruck bilden

- Das erste Durchmischen muß sehr vorsichtig erfolgen.
- Zum Belüften das Auslaufrohr des Scheidetrichters schräg nach oben in den Abzug halten.
- Nie in den Raum belüften und nie in Richtung Nachbarn.

### 5.3.3 Mischen, Verdünnen, Abfüllen

- Beim **Mischen zweier Flüssigkeiten** muß man immer auf exotherme Reaktionen gefaßt sein. Das Mischen deshalb sehr vorsichtig durchführen, möglichst unter Rühren oder Schütteln.
- Das **Verdünnen von Säuren** darf nur so vorgenommen werden, daß man die Säure in das Wasser gibt und nicht umgekehrt (wegen der heftigen exothermen Reaktionen). Grundsätzlich unter Rühren (evtl. Kühlen) z. B. im Erlenmeyer- oder Rundkolben - nie im Meßzylinder oder Meßkolben durchführen.

**Merke: Gieße Wasser nie in Säure**, sonst geschieht das Ungeheure.

- Beim **Abfüllen** konzentrierter Säuren und Laugen sind feste Korbbrillen zu tragen. Spritzer von konz. Säuren und Laugen können zur Erblindung führen.

### 5.3.4 Verschüttete Chemikalien - Behälterbruch

**Säuren und Laugen** können mit Absorptionsmittel oder Sand gebunden werden. Vorsicht bei Salpetersäure - bei Kontakt mit organischen Stoffen können sich Nitrose-Gase bilden. (Nitrose-Gase verursachen Lungenödeme) **Karzinogene, mutagene** und **reproduktionstoxische Stoffe** sind unter Beachtung der eigenen Sicherheit (Schutzhandschuhe, ggf. Atemschutz) mit Absorptionsgranulat zu binden und in geschlossenen Behältern (z. B. bei dichten Kunststoffbeuteln o.ä.) zu entsorgen.

Bei **brennbaren Flüssigkeiten** (org. Lösungsmitteln) mit niedrigem Flammpunkt müssen alle Zündquellen beseitigt und der Raum gut gelüftet werden. Zum Binden kann Absorptionsgranulat eingesetzt werden.

Verschüttetes **Quecksilber** muß quantitativ erfaßt werden, da es durch seinen hohen Dampfdruck auch in kleinen Mengen eine Gefährdung darstellt (Quecksilber schädigt die Nieren und das Nervensystem). Assistenten sofort benachrichtigen !

## 5.4 Umgang mit Apparaturen

Die meisten Apparaturen in chemischen Labors sind aus Glas. Das bedeutet Verletzungsgefahren durch Splitter bei Glasbruch und eine Gefährdung durch freiwerdende Gefahrstoffe. Alle Geräte müssen vor Einsatz auf Unversehrtheit überprüft werden. Kleine Risse und Sternchen können z. B. beim Erhitzen zu Glasbruch führen. Eine erhöhte Bruchgefahr besteht beim Einführen von Glasrohren in Stopfen, beim Aufziehen von Schläuchen sowie beim Lösen festsitzender Schliffverbindungen. Niemals Gewalt auf festsitzende Hähne, Schliffe oder Glas-Schlauchverbindungen ausüben. Kraft darf grundsätzlich nur gleichmäßig und kontrolliert auf leere Glasgeräte ausgeübt werden. Keinesfalls auf Geräte, die unter Druck oder Vakuum stehen. In Apparaturen darf sich kein Überdruck bilden. Auch geschlossene Apparaturen haben einen Druckausgleich, z. B. Gasableitung oder nachgeschaltete Waschflaschen. Alle Apparaturen müssen spannungsfrei und standsicher aufgebaut werden. Der Werkstoff Glas ist Temperaturschwankungen gegenüber relativ stabil. Abrupte Temperaturänderungen sollten jedoch vermieden werden, insbesondere gilt das für Saugflaschen oder Exsikkatoren.

### 5.4.1 Vakuumapparaturen

Es dürfen nur unbeschädigte einwandfreie Glasgeräte evakuiert werden. Nur Glasgeräte mit gewölbter Oberfläche dürfen den Druckbelastungen ausgesetzt werden, es sei denn, es handelt sich um eigens für Vakuumarbeiten hergestellte Glasgeräte, wie Saugflaschen oder Exsikkatoren. Abrupte Druckänderungen können ein Bersten der Apparaturen verursachen, deshalb



evakuierte Glasgeräte nie schlagartig belüften. Evakuierte Apparaturen dürfen nur an geschützter Stelle mit wirksamem Splitterschutz (Schutzschilder, Drahtkörbe, Folien etc.) betrieben und aufgestellt werden. Das gilt auch für Exsikkatoren und Rotationsverdampfer. Trotz Splitterschutz ist grundsätzlich Schutzbrille ggf. Gesichtsschutz zu tragen.

#### 5.4.2 Destillieren

- Bei Destillationsapparaturen müssen Kühlschläuche gegen Abrutschen gesichert werden (s. o. verspritzendes Öl führt zu starken Verbrühungen).
- Nur einwandfreie Schläuche dürfen eingesetzt werden.
- In der Apparatur darf sich kein Druck aufbauen (Trockenrohre deshalb auf Durchgängigkeit prüfen).

**Siedeverzüge** entstehen, wenn eine Flüssigkeit über ihren Siedepunkt erhitzt wird und dann durch Erschütterung oder Druckabfall schlagartig zu sieden beginnt.

- Siedesteine, intensives Rühren oder Siedekapillaren (bei Vakuumdestillationen) gewährleisten gleichmäßiges Sieden.
- Siedesteine müssen in die **kalte** Lösung gegeben werden, man kann sie nur **einmal** verwenden, da Abkühlung die Siedesteine inaktiviert.
- Vergessene Siedesteine nie nachträglich in bereits erhitzte Flüssigkeiten werfen, s. o..

#### 5.4.3 Pipettieren

- Pipettieren mit dem Mund ist nicht erlaubt.
- Beim Pipettieren von Säuren entstehen z. B. irreversible Zahnschäden allein durch die Säuredämpfe.
- Pipettiert wird nur mit Peleusbällen oder Pipettierhilfen.

## 6. Maßnahmen der Ersten Hilfe

Dr. J. Pietsch; Arbeitsmediziner

### 6.1 Grundprinzipien der Ersten Hilfe

### 6.2 Hilfsmittel der Ersten Hilfe

### 6.3 Notruf / Vergiftungszentrale

### 6.4 Maßnahmen bei Laborunfällen

#### 6.4.1. Soforthilfe (allgemein)

#### 6.4.2 Säure- / Laugenverletzungen

#### 6.4.3 Schnitt- / Stichverletzungen

#### 6.4.4 Verbrennungen /Verbrühungen

#### 6.4.5 Intoxikationen

#### 6.4.6 Reizgasinhalationen

#### 6.4.7 Elektrounfälle

#### 6.4.8 Augenverletzungen

Vergleichen Sie auch: „Kapitel 11; Erste Hilfe bei Chemieunfällen“ in Sicheres Arbeiten in Chemischen Laboratorien

## 6.1 Grundprinzipien der Ersten Hilfe

**Bergung:** Verletzten aus dem Gefahrenbereich holen

**Erhaltung der Vitalfunktionen:** Atmung, Kreislauf

**Zusätzlich:**

- Selbstschutz (Gase, Feuer, Strom)
- Wundversorgung: Verbandkasten nach DIN 13.157-C
- Sachkundigen zuziehen (Ersthelfer (Liste), Laborassistent, -leiter.)
- Klärung der Ursache und möglicher Mechanismen der Schädigung
- Unfallmeldung: Zur Dokumentation bei erforderlicher ärztlicher Behandlung (Formular in der Verwaltung). Sonst Eintrag ins Verbandbuch.

## 6.2 Hilfsmittel der Ersten Hilfe

### 6.2.1 Allgemeine Hilfsmittel

- Verbandkasten nach DIN 13.157-C
- Wasser
- Augenspülflasche oder Labor-Augendusche

### 6.2.2 Spezielle Hilfsmittel - Medikamente (Notfall-Box)

**oral**

Auxiloson Spray [Notfallbox] für spezielle Erste Hilfe

**Flußsäure-Antidot**

Calciumgluconat Gel

Calcium Sandoz 20% Lsg.

**Augen**

Chibro Kerakain Augentropfen

Isogutt Augentropfen Lösung 250 ml

## 6.3 Notruf / Vergiftungszentrale

### 6.3.1 Notarzt / Rettungsdienst

<p style="text-align: center;"><b>Telefon 2000</b> <b>von allen Apparaten</b> <b>Angaben: Unfallort (Gebäudeteil, Geschoß, Raum-Nr.)</b> <b>Art der Vergiftung / Unfall</b> <b>Anzahl der Verletzten</b> <b>Name des Anrufers</b></p>
---

### 6.3.2 Vergiftungszentrale

Telefon 270-4361 Uni-Kinderklinik, Telefon 270-4300/01 Pforte

- Art der Vergiftung
- Verhaltensregeln erfragen
- Anfragen, ob Mittel aus der Notfallbox gegeben werden können: Auxiloson, Calciumgluconatgel, Chibro Kerakain Tropfen.

### 6.4 Maßnahmen bei Laborunfällen

#### 6.4.1 Soforthilfe

#### **Bei Verschlucken von Säuren und Laugen**

- sofort viel Wasser trinken lassen
- keine Zeit verlieren (Verätzungen des Magens treten ab 20 sec. auf)

#### **Bei eingeatmeten Giftstoffen**

- aus dem Gefahrenbereich holen - Selbstschutz !
- bei geringstem Verdacht auf Vergiftung durch Einatmen sofort: Auxiloson: 5 Hübe alle 10 Minuten inhalieren lassen (Auxiloson-Dosier-Aerosol in der Notfallbox)
- Vergiftungszentrale anrufen - Notarzt/Notruf

#### **Bei verschluckten Giftstoffen**

- reichlich Wasser trinken
- Vergiftungszentrale anrufen - Notarzt/Notruf

#### **Bei Verätzungen der Haut**

- Benetzte Kleider entfernen
- Haut mit Wasser abspülen (u. U. Dusche)

#### **Bei Verätzungen des Auges**

- Sofort mit beiden Händen das Auge weit aufhalten und ausgiebig mit Wasser spülen (Augendusche)
- Notfallbox: Chibro Kerakain Augentropfen (2 Tropfen) oder Isogutt Augentropfen
- Anschließend ärztliche Behandlung !

### 6.4.2 Säure- / Laugenverletzungen

Säuren und Laugen verbinden sich mit Eiweiß (Gewebe) und führen zum Tod von Schleim-/ Hautzellen.

Säuren bilden einen relativ festen, oberflächlichen Ätzschorf,

Laugen verursachen sog. Kolloquationsnekrosen: Die Oberfläche ist weich, die Ätzwirkung schreitet auch in tieferen Gewebsschichten fort. Rötung, Verschorfung, Hautnekrosen.

**Haut:** Verunreinigte, benetzte Kleidung entfernen mit H<sub>2</sub>O spülen. (Selbstschutz !)

**Atmung:** Lagerung mit mäßig erhöhtem Oberkörper Auxiloson Spray [Notfallbox]: 5 Hübe alle 10 Min. nur durch unterwiesene Mitarbeiter. Bei Atemnot (Cyanose) - Notarzt !

**Verschlucken:** Verdünnung mit Wasser - 1 Ltr., sinnvoll innerhalb der ersten 15 - 20 Minuten. Kein Erbrechen provozieren !

**Auge:** Mit Wasser spülen (reichlich, mehrere Minuten) Chibrokerakain Augentropfen [Notfallbox] Isogutt Augentropfen [Notfallbox].

### 6.4.3 Schnitt- und Stichverletzungen

Fremdkörper möglichst entfernen (sofern mit einfachen Mitteln möglich und je nach Lokalisation).

Tiefsitzende Fremdkörper / Pfählungen belassen ! (immer bei Verdacht auf arterielle Gefäßbeteiligung)

Maßnahmen: Verband / Kompressionsverband (blutende Wunden)-Abbinden / Kompressionen der zuführenden Arterie (bei stark blutenden Wunden, bes. großer Gefäße) Puls sollte tastbar sein ! Zeitpunkt des Abbindens vermerken ! Nur im Notfall für 10 Minuten. -Ärztliche Versorgung.

### 6.4.4 Verbrennungen / Verbrühungen

Abhängig von Schwere und Ausdehnung

- Stadium I Rötung
- Stadium II Blasenbildung
- Stadium III Nekrose

Schmerz, Infektionsgefahr, Flüssigkeitsverlust, Schock.

**Maßnahmen:** Kleidung über der Wunde entfernen (sofern nicht verklebt). Kaltes Wasser (10 - 15 Minuten).

Steriler Verband, kein Öl, Salben, Puder !

Bei großflächigen Verbrennungen vor Auskühlungen schützen !

### 6.4.5 Intoxikationen

**oral:**

- Mund spülen
- Kleine Portionen Wasser schlucken lassen (etwa 1 Ltr.)
- Erbrechen - wenn sicher ist, daß keine ätzenden Säuren / Laugen oder schäumende Stoffe verschluckt wurden.
- Besser: schnelle ärztliche Behandlung/Rettungsdienst.

**perkutan:**

- Benetzte Kleidung entfernen
- Haut mit viel Wasser spülen
- Steriler Verband (bei äußeren Verletzungen)
- Selbstschutz

### 6.4.6 Reizgasinhalation

- Dämpfe, Rauche, Gase durch
- leicht flüchtige organische Substanzen: Acetaldehyd, Formaldehyd, Phosgen, Ester (Essigsäure-ethylester)
- schwer flüchtige organische Substanzen : Härter für Epoxidharze, Isocyanate
- leicht flüchtige anorganische Substanzen : Ammoniak, Halogene, Nitrose Gase, SO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S
- schwer flüchtige anorganische Substanzen.
- Beschwerden: Laryngitis, Laryngospasmus, Bronchitis, Lungenödem: möglich noch nach 1 bis 2 Tagen
- Maßnahmen: Entfernen aus Gefahrenort; frische Luft, Oberkörper aufrecht. Selbstschutz !
- Auxiloson Spray [Notfallbox] durch Unterwiesenen
- Ärztliche Behandlung !

### 6.4.7 Elektrounfall

Die Schädigung ist abhängig von: Stromstärke, Einwirkungsdauer, Frequenz, Strömungsverlauf, (Herz in der Flußachse).

-lokale Verbrennungen (Strommarken), -Herzrhythmusstörungen, -Schock, -Bewußtlosigkeit, -Atemlähmung.

**Bereich 0 - 25 mA:** Muskelverkrampfungen, Loslaßgrenze am Strom

**Bereich 25 - 80 mA:** Herzstillstand, durch Herzmuskelverkrampfung nach ca. 30 sec., Atemstörungen

**Bereich 80 - 5000 mA:** Herzstillstand nach ca. 0,3 sec. (Sekundenherztod)

**Bereich > 5000 mA:** Verbrennung auf dem Stromweg

**Maßnahmen:**

- **Strom abschalten:** Patienten erst berühren, wenn der Stromkreis sicher unterbrochen ist
- bei äußeren Verletzungen/Verbrennungen: - steril abdecken -
- Reanimation etc. bei Störungen der Vitalfunktion.

### 6.4.8 Augenverletzungen

Fremdkörper, Verätzungen Laugen/Säuren, Mechanische Verletzung, Perforierende Fremdkörper

**Maßnahmen:**

- Fremdkörper entfernen; bei Perforation belassen.
- Verätzungen: Reichlich mit Wasser von der Nase her nach außen spülen.
- Chibro Kerakain: 2 Tropfen je Auge (Oberflächenanaesthesie), Isogutt-Augentropfen: nach dem Spülen
- Bei Verletzungen des Augapfels beide Augen durch Verband ruhigstellen. St. Josepshkrankenhaus - Augenarzt

## 7. Wege der Chemikalien an der Hochschule

Dr. D. Goepfel / Dr. J. Steck

7.1 Einkauf und Verteilung im Institut

7.2 Recycling und Wertstoffbörse

7.3 Entsorgung chemischer und radioaktiver Sonderabfälle an der Universität  
Freiburg

Vergleichen Sie auch „Sicheres Arbeiten in Chemischen Laboratorien“ Kapitel 5 „Reinigen und Entsorgen

7.1 Einkauf und Verteilung im Institut

Chemikalien können entweder im Chemikalienlager oder in der Wertstoffbörse bezogen werden. Für Studierende werden in den Anfangssemestern die Chemikalien im Praktikumsraum vorrätig gehalten. In den Fortgeschrittenen Praktika können Chemikalien bezogen werden, wenn ein Erlaubnisschein vorgezeigt wird, der vom Assistenten unterschrieben ist.

Im Chemikalienlager werden ca. 600 Standardchemikalien bereitgehalten. Feinchemikalien müssen über die Wertstoffbörse bezogen werden.

Um sicherzustellen, daß vor jeder Bestellung von Feinchemikalien der Bestand der Wertstoffbörse berücksichtigt wird, werden alle Bestellungen über den Verwalter der Börse abgewickelt. Jeder, der Chemikalien benötigt, gibt seinen Wunsch an Herrn Jerg weiter (Zettel). Der überprüft, ob der Stoff in der Datenbank der Börse vorrätig ist und bietet ihn an. Er achtet dabei auf den Sperrvermerk, der regelt ob ein angebotener Stoff frei verfügbar ist, oder ob der Besitzer Rücksprache und eventuell Bezahlung wünscht. Dieser Vermittlungsdienst der Wertstoffbörse erhöht die Akzeptanz für die gelagerten Reststoffe, weil er zwischen dem Abnehmer und dem ursprünglichen Besitzer, die sich in der Regel kennen, einen Informationsaustausch ermöglicht und dadurch das Vertrauen in die Weiterverwendung von Chemikalienreststoffen fördert. Die Verantwortung für den Reststoff bleibt beim Erzeuger und wird nicht an den Börsenverwalter übertragen.

Kann der Kunde die angebotene Ware für seinen Zweck nicht einsetzen oder ist die Chemikalie nicht vorrätig, erfolgt die Bestellung (zweimal wöchentlich) über die Wertstoffbörse. Der Wareneingang wird ebenfalls von der Zentralstelle der Börse kontrolliert und gleichzeitig in die Datenbank aufgenommen, wenn der Stoff voraussichtlich nicht restlos aufgebraucht wird.

## 7.2 Recycling und Wertstoffbörse

Der übliche Weg vom Labor zum zentralen Sammelager der Universität sollte unterbrochen werden.

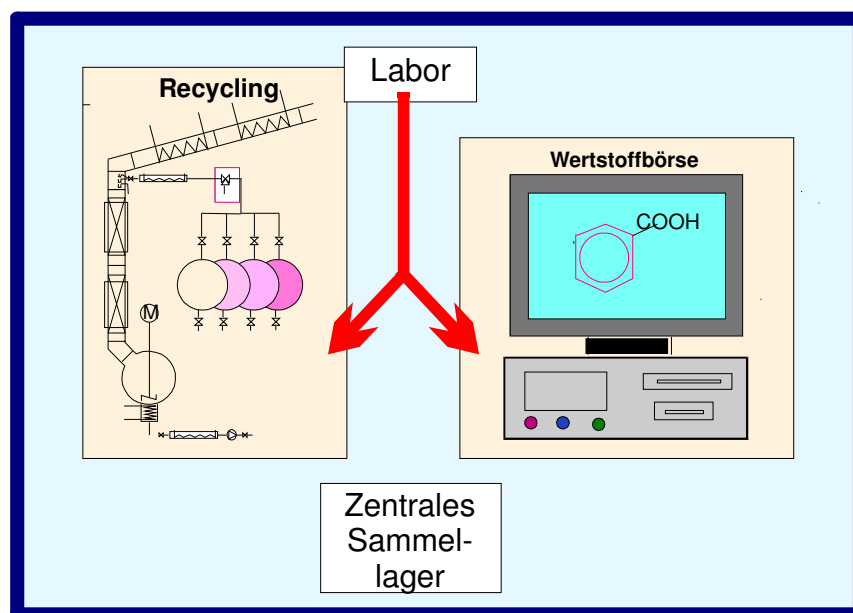


Abbildung 1: Vermeidungs-Strategie beim Freiburger Konzept

Die flüssigen Abfälle werden einem Recycling unterzogen, die Feinchemikalienreste gehen in eine Wertstoffbörse. Die Erfahrungen lassen sich mit drei Sätzen wiedergeben:

Recycling und Wiedergewinnung in Forschungslaboratorien ist machbar, zumutbar und sollte auf Institutsebene betrieben werden. Es rechnet sich und ist didaktisch geboten. Membranpumpen und der Wille, etwas für die Verminderung der Abfälle zu tun, sind Voraussetzung.

Vermeiden von Abfall in Praktika und Kurs-Praktika bedeutet neben einer Anbindung an Rektifikation und Chemikalienbörse vor allem, daß die geplanten Versuche mit immer geringeren Mengen durchgeführt werden und daß Produkt-Ketten gebildet werden. Diese Ansätze des „Zürcher Modells“ werden in den verschiedenartigen Praktika der Institute fachspezifisch gelöst.

Das Vermindern von Abfällen mit einer Rektifikation, einer Chemikalienbörse und verschiedenartigen Versuchen, Lösungen zu konzentrieren, betrifft sowohl Praktika als auch Arbeitskreise. Die wesentlichste Aufgabe hierbei ist neben der Bereitstellung von Räumen und Apparaten, die Organisation des Ablaufs und eine unablässige Kontrolle des gesamten Systems.

In den Jahren 1989 und 1990 lieferten die Institute des Chemischen Laboratoriums der Universität 26 Tonnen Abfall. Das waren 20 Tonnen Lösungsmittel, 5 Tonnen Säuren und Laugen und eine Tonne Feinchemikalien. Durch die Maßnahmen gelang es z.B. im Jahr 1993 nur noch 7 Tonnen zu produzieren, das entspricht einer Reduktion auf 27%.



## Entsorgung chemischer und radioaktiver Sonderabfälle an der Universität Freiburg

Der Betriebsbeauftragte für Abfall, Dr. Jürgen Steck, Diplom-Chemiker

An der Universität Freiburg gibt es etwa 45 Institute, die stark unterschiedliche Mengen und Arten von Sonderabfällen erzeugen. Für die Organisation der ordnungsgemäßen Beseitigung dieser Sonderabfälle ist die Abteilung Umweltschutz und Abfallwirtschaft zuständig. Sie ist ebenso für die Angelegenheiten des Boden- und Gewässerschutzes wie des Immissionsschutzes verantwortlich. Die Abteilung verwaltet darüber hinaus auch die Wertstoffbörse und betreibt Analytik-, Recycling- und Behandlungslaboratorien.

Eine zentrale Entsorgung von Sonderabfällen macht es erforderlich, dass alle betroffenen Einrichtungen nach einheitlichen Kriterien Sonderabfälle getrennt halten, verpacken und deklarieren. Im Jahr 2000 wurden über 20 verschiedene Abfallarten zwischengelagert und entsorgt. Es wurden insgesamt 91 Tonnen chemische Sonderabfälle und 15 m<sup>3</sup> radioaktive Abfälle an externe Verwerter- und Entsorgungsfirmen abgegeben. Diese Sonderabfälle wurden bei den einzelnen Einrichtungen der Universität und des Universitätsklinikums abgeholt und in zentralen Lagerräumen in der Stefan-Meier-Straße 17, im Chemikalienlager FMF/VF, in der Halle 74 auf dem Flugplatzgelände oder in der Albertstraße 21 zwischengelagert.

In allen Einrichtungen gibt es Abfallbeauftragte, die sich vor Ort um die Einhaltung aller gesetzlichen Vorschriften und internen Regelungen kümmern. Die AnsprechpartnerInnen für alle StudentInnen sind die LeiterInnen und BetreuerInnen der Praktika in den betroffenen Einrichtungen.

Die Abfallstatistik für das Jahr 2000 (Tabelle 1) zeigt die Mengen der einzelnen Sonderabfallarten und deren Verteilung auf das Klinikum, die medizinische Fakultät und die Universität. Entsorgungen, die vom Klinikum direkt durchgeführt wurden, blieben in dieser Tabelle unberücksichtigt (Fotochemikalien, Putztücher, Altöl und Leuchtstoffröhren), ebenso die Fremdentsorgungen. Tabelle 2 zeigt die Entwicklung der Abfallmengen über einen Zeitraum von 5 Jahren.

Beim Vergleich der Lösemittelmengen werden die positiven Auswirkungen des Lösemittelrecyclings im Chemischen Laboratorium und in der Abteilung 4.8 ersichtlich. In den Jahren 1989-1991 waren jährlich etwa 40 Tonnen zu entsorgen, 1993 noch 31,9 Tonnen und 2000 knapp 27 Tonnen.

Innerhalb von 2 Jahren gelang die Umstellung der Konservierungsanlage im Anatomischen Institut. Alle Komponenten der Konservierungslösung wurden durch biologisch gut abbaubare Substanzen ersetzt. Durch diesen Austausch ist es möglich, die jährlich anfallende Menge von 10 Tonnen, anstatt wie bisher als besonders überwachungsbedürftige Abfälle zur Verbrennung zu geben, in die Kläranlage in der Breisgauer Bucht einzuleiten.

ABFALLART	EAK-Nr.	Universität		Klinikum		Medizin. Fakultät	
		to	DM	to	DM	to	DM
Verbrauchte säurehaltige Lösungen, Abfälle a.n.g.*	060199	1,62	4.193,99	0,31	806,54	0,16	403,27
Laugen, Laugengemische und Beizen, a.n.g.	060299	2,71	6.756,70	0,15	371,70	0,00	0,00
Salze und Lösungen, die organische Bestandteile enthalten*	060312	3,23	6.520,94	3,49	6.948,64	0,85	1.677,55
Quecksilberhaltige Abfälle Leuchtstoffröhren	060404	1,88	4.166,26	0,09	170,19	0,05	64,35
Organische halogenierte Lösemittel, Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen*	070103	3,73	5.747,63	0,36	533,39	0,11	171,24
Andere organische Lösemittel, Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen*	070104	15,22	19.318,75	10,66	13.417,24	0,92	1.104,64
Halogenierte Reaktions- und Destillationsrückstände*	070107	5,19	10.209,89	0,08	172,52	0,53	1.064,39
Alte Lacke und Farben, halogenfrei	080102	0,21	324,25	0,03	40,53	0,00	0,00
Entwickler und Aktivatoren auf Wasserbasis	090101	1,18	1.139,86	0,65	629,45	1,90	1.831,33
Fixierbäder	090104	0,98	950,32	0,52	505,23	1,69	1.643,97
Bearbeitungsemulsionen, halogenfrei	120109	1,48	745,02	0,09	43,83	0,00	0,00
Nichthalogenierte Maschinen-, Getriebe-, Schmieröle	130202	0,68	374,75	0,00	0,00	0,05	28,83
Feststoffe aus Öl/Wasserabscheidern	130501	8,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Schlämme aus Öl/Wasserabscheidern	130502	4,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Metallbehäl. mit schädli. Verunreinigungen, Spraydosen	150199 D1	0,04	83,59	0,00	0,00	0,00	0,00
Verpackungen, Aufsaug-, Filtermaterialien, Wischtücher und Schutzkleidung*	150299 D1	8,99	18.016,97	1,00	2.013,23	0,54	1.095,31
Verpackungen, Aufsaug-, Filtermaterialien, Wischtücher, Schutzkleidung(ÖVB)	150299 D1	0,81	1.162,04	0,00	0,00	0,01	16,50
Verpackungen mit schädlichen Restinhalten	150299 D1	0,05	102,44	0,00	0,00	0,00	0,00
Andere Abfälle mit anorganischen Chemikalien, z.B. Laborchemikalien a.n.g.*	160502	0,77	3.509,75	0,00	0,00	0,20	752,23
Andere Abfälle mit organischen Chemikalien, z.B. Laborchemikalien a.n.g.*	160503	0,69	2.472,88	0,00	0,00	0,16	613,40
Andere Abfälle mit organischen Chemikalien (Vials)*	160503	0,64	862,66	1,35	1.833,16	1,91	2.587,98
<b>Summe:</b>		<b>63,56</b>	<b>86.658,69</b>	<b>18,77</b>	<b>27.485,65</b>	<b>9,07</b>	<b>13.054,99</b>

**Tabelle 1: Abfallstatistik für das Jahr 2000 (Besonders überwachungsbedürftige Abfälle nach §41KrW-/AbfG).**

Anorganische Säuren und Säuregemische werden zum Beispiel neutralisiert und einer zweistufigen Schwermetallfällung unterzogen. Da organische Inhaltsstoffe dabei nicht erfasst werden, ist es sehr wichtig, dass in den entsprechenden Sammelbehältern keine Lösemittel enthalten sind, denn das so behandelte Wasser wird über eine Kläranlage in den Wasserkreislauf zurückgegeben.

Erfreulich ist die Sonderabfallvermeidung durch entsprechende Abwasserbehandlungsanlagen. Im Institutsviertel sind nahezu alle Laborausgussbecken an eine Neutralisationsanlage angeschlossen. Abwasser, das keine Verunreinigungen außer Säuren und Laugen enthält, kann ohne weiteres direkt in den Ausguss gegeben werden.

ABFALLART	EAK-Nr.	1995 to	1996 to	1997 to	1998 to	1999 to	2000 to
Laugen, Laugengemische und Beizen, a.n.g.	060299	0,0	1,8	1,9	2,7	3,5	2,9
Salze und Lösungen, die organische Bestandteile enthalten	060312	19,4	10,6	7,7	8,3	8,6	8,7
Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen	070701	11,0	19,6	23,5	9,8	10,2	0,0
<b>Zwischensumme</b>		<b>30,4</b>	<b>32,0</b>	<b>33,1</b>	<b>20,8</b>	<b>22,3</b>	<b>11,6</b>
Verbrauchte säurehaltige Lösungen, Abfälle a.n.g.	060199	2,3	1,1	1,7	2,3	1,6	2,2
Quecksilberhaltige Abfälle	060404	0,1	0,3	0,1	0,2	0,2	0,0
Organische halogenierte Lösemittel, Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen	070103	2,5	3,3	4,1	4,3	3,1	4,3
Andere organische Lösemittel, Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen	070104	24,6	17,3	19,8	20,8	28,6	27,5
Halogenierte Reaktions- und Destillationsrückstände	070107	5,0	4,2	6,3	5,3	6,3	5,8
Entwickler und Aktivatoren auf Wasserbasis	090101	5,7	4,9	3,2	4,0	3,9	3,7
Fixierbäder	090104	4,4	3,7	2,2	3,4	2,9	3,2
Bearbeitungsemulsionen, halogenfrei	120109	1,6	1,0	2,4	3,4	0,9	1,6
Nichthalogenierte Maschinen-, Getriebe- und Schmieröle	130202					0,5	0,7
<b>Summe flüssiger Abfälle</b>		<b>76,6</b>	<b>67,8</b>	<b>72,9</b>	<b>64,5</b>	<b>70,3</b>	<b>60,6</b>

**Tabelle 2:** ABGEGEBENE FLÜSSIGE SONDERABFÄLLE IN DEN JAHREN 1995 - 2000, AUFGESCHLÜSSELT NACH DEN WESENTLICHEN ABFALLARTEN (Die Zuordnung zu den Abfallarten Spül- und Waschwasser, Konzentrate und Laugengemische erfolgt erst nach den Eingangsanalysen. Diese Abfallarten werden im Rahmen dieser Tabelle zu einer Zwischensumme zusammengefasst).

ABFALLART	EAK-Nr.	1995 to	1996 to	1997 to	1998 to	1999 to	2000 to
Quecksilberhaltige Abfälle, Leuchtstoffröhren	060404	1,6	1,8	2,2	2,0	1,9	2,0
Andere Abfälle mit organischen Chemikalien (Vials)	160503	6,8	5,1	3,8	3,8	7,0	3,9
Verpackungen, Aufsaug- und Filtermaterialien, Wischtücher und Schutzkleidung	150299 D1	1,5	1,2	2,3	4,0	9,8	11,1
Transformatoren und Kondensat. die PCB oder PCT enthalten	160201	0,1	0,1	0,3	0,0	0,1	0,0
Andere Abfälle mit organischen Chemikalien; z.B. Laborchemikalien a.n.g.	160503	1,3	0,6	2,8	10,3	2,0	1,0
Andere Abfälle mit anorganischen Chemikalien, z.B. Laborchemikalien a.n.g.	160502					1,0	0,9
Verpackungen, Aufsaug- und Filtermaterialien, Wischtücher, Schutzkleidung (ÖVB)	150299 D1	0,8	0,3	0,4	1,2	0,4	0,8
<b>Summe fester Abfälle</b>		<b>12,1</b>	<b>9,1</b>	<b>11,8</b>	<b>21,3</b>	<b>22,2</b>	<b>19,7</b>

**Tabelle 3:** ABGEGEBENE FESTE SONDERABFÄLLE IN DEN JAHREN 1995 - 2000, AUFGESCHLÜSSELT NACH DEN WESENTLICHEN ABFALLARTEN

Tabelle 3 zeigt, dass es bei der Abfallart Verpackungen, Aufsaug- und Filtermaterialien, Wischtücher und Schutzkleidung jedes Jahr steigende Mengen zu verzeichnen gibt. Die Hälfte dieser Abfälle

stammt aus dem chemischen Laboratorium und hier muss überprüft werden, ob die derzeit ausgeübte Praxis der Trennung und Sammlung dieser Abfallart Korrekturbedarf zeigt. Hier geht ein Appell an Sie, unnötige Einwürfe in die Sammelbehälter zu vermeiden.

In der Reagenzienzentrale des Universitätsklinikums wird eine Cyanid-Entgiftungsanlage betrieben, die das Hämatologieabwasser entgiftet. Wässrige Cyanidlösungen werden mit  $\text{H}_2\text{O}_2$  versetzt. Dadurch wird das giftige Cyanid zum Cyanat oxidiert, welches anschließend zerfällt. Durch den Betrieb dieser Anlage gelang es binnen Jahresfrist, die abgegebenen Spül- und Waschwasser aus dem Klinikum um 45% zu reduzieren.

Für alle Arten von Recycling und Sonderabfallbehandlung ist die Sammeldisziplin in den einzelnen Laboratorien sehr wichtig. Erst die genaue Einhaltung der Vorschriften erlaubt ganz gezielte Maßnahmen mit verschiedenen Sonderabfallarten. Der Erfolg aller Anstrengungen hängt auch von Ihrem Engagement und Ihrer Mitarbeit ab.