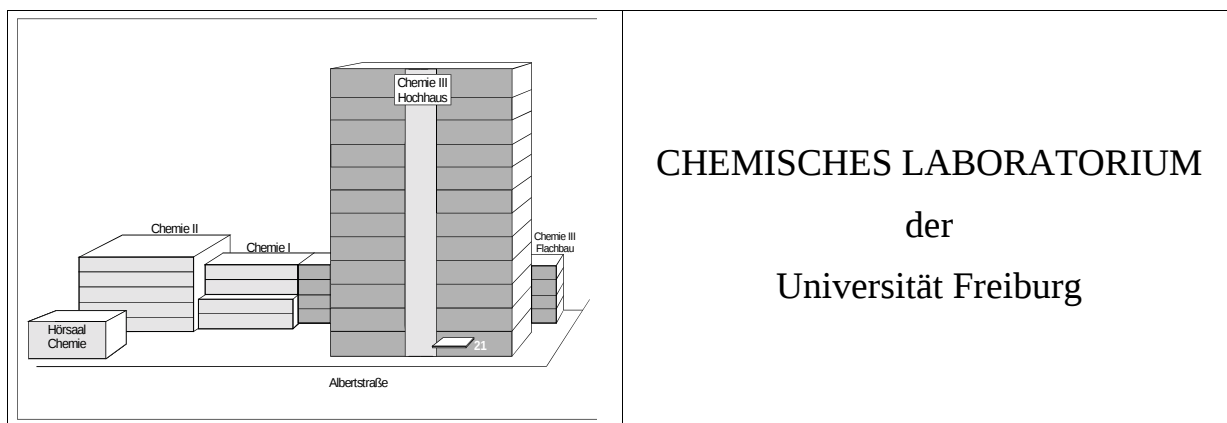




Seminar „Arbeitssicherheit“
im
Einführungskurs
zum Grundpraktikum:
„Allgemeine, Anorganische und Analytische Chemie“

1. Sicherheitsbelehrung 2001 / 2002

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).

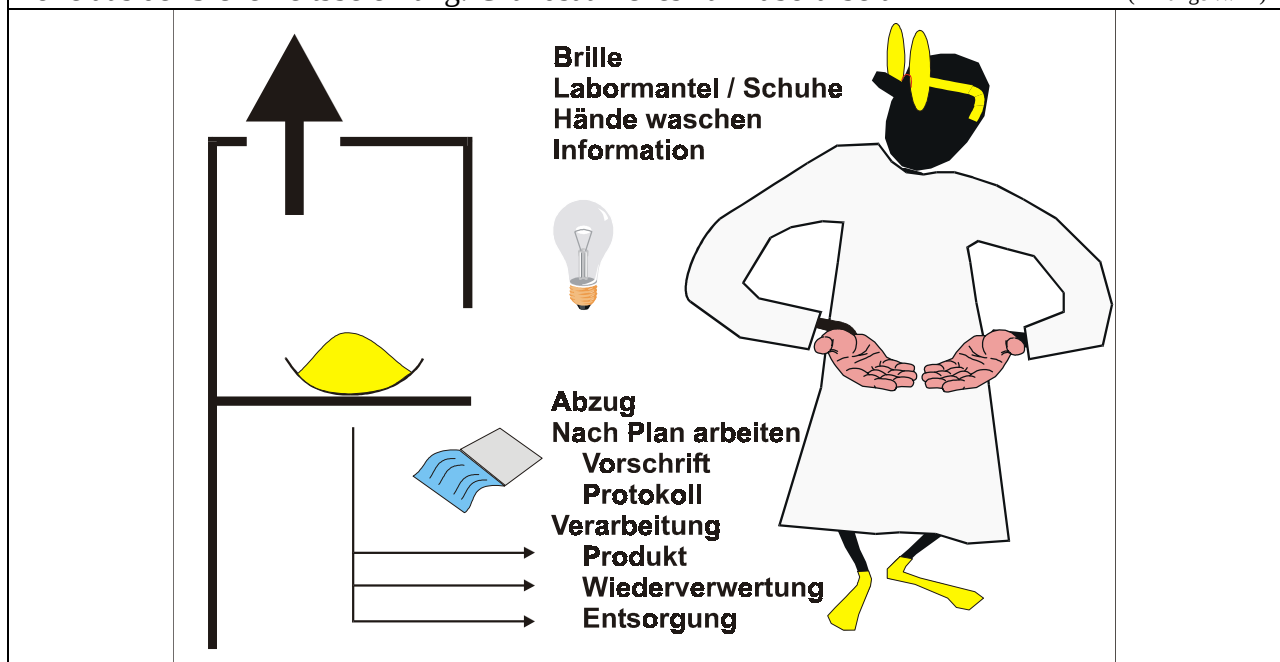
2. Mit solider Information:

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.

Folie aus der Sicherheitsbelehrung: Grundsätzliches zur Laborarbeit

(Anfänger.wmf)



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 „Warnmeldung“, 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 Dioxine¹ 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,

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

² 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 unbekannten 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 Stoffs enthalten ist. Die Dimensionen sind ml/m^3 oder mg/m^3 .

Um diese Mengenangaben deutlicher zu machen gibt es verschiedene Vergleichsbilder. Das Freiburger Bild geht von 1 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 ⁴	1m ³ ; Würfel im Hörsaal
1 Millarde Teile	10^9	1 ppb ⁵	Volumen Hörsaal Chemie
1 Billion Teile	10^{12}	1 ppt ⁶	Breisgauer Bucht
1 Billiarde Teile	10^{15}	1 ppq ⁷	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

³ ~ kleiner Fingerhut oder Mocalöffel voll Flüssigkeit

⁴ parts per million

⁵ parts per billion. Billion (amerik.) = Milliarde

⁶ parts per trillion. Trillion (amerik.) = Billion

⁷ parts per quadrillion. Quadrillion (amerik.) = Billiarde

Toxizität: Störung eines biologischen Systems (LD_{50} 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 in chemischen Laboratorien

R. van der Linde, Sicherheitsingenieur

3.1 Arbeitsschutz

3.1.1 Ziele des Arbeitsschutzes

3.1.2 Verantwortung für den Arbeitsschutz

3.1.2.1 Schutzziel beim "Umgang mit Gefahrstoffen"

3.1.2.2 Grundsätzliche Methoden des Arbeitsschutzes

3.2 Einführung in das Gefahrstoffrecht

3.2.1 Definitionen "Gefahrstoff" und "Umgang mit Gefahrstoffen"

3.2.2 Rechtsvorschriften

3.3 Schutzmaßnahmen nach Gefahrstoffverordnung

3.3.1 Arbeiten am Abzug

3.3.2 Schutzbekleidung / persönliche Schutzausrüstung

3.3.3 Gefahreigenschaften eines Gefahrstoffes

3.3.3.1 Kennzeichnung gefährlicher Stoffe

3.3.3.2 Vollständige Kennzeichnung der Originalverpackung

3.3.3.3 Eingeschränkte Kennzeichnung von Standgefäßen

3.4 Sicherheitseinrichtungen in chemischen Laboratorien

3.4.1 Fluchtwege / Notausgänge

3.4.2 Brandschutz

3.4.3 Erste - Hilfe - Einrichtungen

3.4.4 Spezielle Schutzeinrichtungen

3.5 Verhaltensmaßnahmen im Laboratorium

3.5.1 Allgemein

3.5.2 Umgang mit Gefahrstoffen

3.6 Gefahren durch Druckgase und Druckgasflaschen

3.6.1 Kennfarben von 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

3.1.1 Ziele des Arbeitsschutzes

Der Arbeitsschutz nimmt im heutigen Berufsleben einen hohen Stellenwert ein. Er ist neben wirtschaftlichen und rechtlichen Gesichtspunkten ein humanitäres und ethisches Erfordernis und sollte Grundlage des allgemeinen Führungsverhaltens sein.

Arbeitsschutz bedeutet: "Das Vermeiden von Arbeitsunfällen, Berufskrankheiten und anderer arbeitsbedingter Erkrankungen und Belastungen im Berufsleben". Ziel ist die Gewährleistung der Gesundheit und die Schaffung von Wohlbefinden im Berufsleben.

3.1.2 Verantwortung für den Arbeitsschutz

Wie ist die Arbeitsschutzorganisation außer- und innerbetrieblich aufgebaut und welche Institutionen sind normsetzend, überwachend, beratend tätig und wer ist letztendlich verantwortlich für den Arbeitsschutz ?

3.1.2.1 Grundsätzliche Methoden des Arbeitsschutzes

Die Ziele des Arbeitsschutzes lassen sich grundsätzlich mit 4 Methoden erreichen, die jedoch in der Wirksamkeit sehr unterschiedlich sind. Hiernach ergibt sich auch die Rangfolge der Schutzmaßnahmen beim Umgang mit Gefahrstoffen gemäß der GefStoffV.

1. Größte Wirksamkeit hat die "Beseitigung der Gefahr", z. B. Ersatz von gefährlichen durch weniger gefährliche Stoffe, also z. B. eines krebserzeugenden Stoffes durch einen nicht krebserzeugenden Stoff, mit dem ebenfalls das verfolgte Ziel erreicht wird. (Ist nicht immer möglich.)
2. Große Wirksamkeit hat die "Entfernung der Person aus dem System, z. B. Arbeiten mit gefährlichen Stoffen in Systemen, bei denen der Mensch nicht mit diesen Stoffen in Berührung kommen kann, d. h. Gestaltung des Arbeitsverfahrens so, daß gefährliche Gase, Dämpfe oder Schwebstoffe nicht frei werden können und ein Hautkontakt sicher ausgeschlossen ist.
3. Die "Abschirmung der Gefahr" ist ebenfalls eine wirksame Arbeitsschutzmethode, deren Wirksamkeit jedoch immer davon abhängt, wie gut der Mensch die Gefahr abschirmt, z. B. das Arbeiten mit einem Gefahrstoff unter einem Abzug.
4. Der Schutz der Person durch persönliche Schutzausrüstung will gut überlegt sein, denn ist die Schutzausrüstung nicht geeignet, so ist deren Wirksamkeit gleich null.

Keine Methode des Arbeitsschutzes und der Unfallverhütung ist das Vertrauen darauf, daß beim Umgang mit Gefahrstoffen schon nichts passieren wird. Diese Methode ist "grob fahrlässig" und kann u. U. juristische Folgen haben.

3.2 Einführung in das Gefahrstoffrecht

3.2.1 Definitionen

"Ein Gefahrstoff ist ein Stoff in festem, flüssigem, dampfförmigem oder gasförmigem Zustand mit folgenden Gefahreneigenschaften".

Oberstes Schutzziel beim Umgang mit Gefahrstoffen ist durch richtige Verhaltensmaßnahmen im Labor und durch sicheres Gestalten der Arbeitsverfahren bzw. Versuchsabläufe das Freiwerden, Berühren, Einatmen, Verschlucken oder gefährliche chemische Reaktionen zu verhindern, um sich selbst und Mitarbeiter sowie die Umwelt nicht zu gefährden.

3.2.2 Rechtsvorschriften

Die Grundlage bildet das Grundgesetz, in dem es heißt:

"Jeder hat das Recht auf Leben und körperliche Unversehrtheit".

Auf dieser Rechtsgrundlage bauen sich eine Vielzahl von Gesetzen, Verordnungen und Vorschriften auf, die den Arbeitgeber sowie jeden Vorgesetzten aufgrund seiner Fürsorgepflicht dazu verpflichten, Anordnungen und Maßnahmen zur Verhütung von Arbeitsunfällen, Berufskrankheiten und anderer arbeitsbedingter Erkrankungen zu treffen, zu überwachen und zu verantworten. Beschäftigte und Studenten haben ebenso Pflichten und Verantwortung für den Arbeitsschutz: Sie müssen Anweisungen Folge leisten und z. B. die vorgeschriebene Schutzausrüstung (wie z. B. Schutzbrillen, Schutzhandschuhe etc.) tragen.

Um diesen Pflichten nachkommen zu können, ist das Wissen über die jeweils anzuwendenden Rechtsvorschriften und deren unterschiedliche Rechtsqualität von Bedeutung.

Ein Gesetz setzt allgemein verbindliche Rechtsvorschriften, die Rechte und Pflichten durch abstrakte und generelle Gebote und Verbote regeln.

Eine Verordnung wird aufgrund einer besonderen gesetzlichen Ermächtigung durch Bundes- bzw. Landesregierung sowie ihrer Minister erlassen. Rechtsverordnungen sind in der Verbindlichkeit Gesetzen gleich. Autonome Rechtsnormen werden aufgrund gesetzlicher Ermächtigung durch Organe der Selbstverwaltungskörperschaften (z. B. Sozialversicherungsträger, Gemeinden) erlassen. Ihre unmittelbare Verbindlichkeit, Gesetzen und Verordnungen gleich, beschränkt sich auf den Zuständigkeitsbereich der Selbstverwaltungskörperschaft.

Nichtgesetzliche Regelwerke konkretisieren Gesetze, Rechtsverordnungen und autonome Rechtsnormen.

Wichtige nichtgesetzliche Technische Regelwerke sind Technische Regeln, Durchführungsanweisungen zu Unfallverhütungsvorschriften (UVV), DIN-Normen, Richtlinien, Sicherheitsregeln und Merkblätter.

Nichtgesetzliche Regelwerke sind keine Rechtsnormen, gelten aber als wichtiger Bewertungsmaßstab.

Verbindlichkeit erlangen sie dann, wenn Rechtsvorschriften ihre Anwendung vorschreiben.

Vorschriften allein helfen jedoch wenig, wenn die innere Einstellung der Betroffenen zum Arbeitsschutz nicht die notwendige Voraussetzung für ein sicherheitsgerechtes Handeln bei der täglichen Arbeit bildet.

3.3 Schutzmaßnahmen nach Gefahrstoffverordnung

3.1 Arbeiten am Abzug

- Der Versuchsaufbau muß so gestaltet sein, daß gefährliche Gase, Dämpfe oder Stäube nicht frei werden, z. B. Arbeiten unter dem Abzug, Nachschalten von Waschflaschen.
- Bei Arbeiten im Abzug Frontschieber schließen, sofern an Apparatur hantiert werden muß, Frontschieber nicht mehr als unbedingt öffnen.
- Kopf soll immer im Schutz der Frontschieber sein.

3.2 Schutzkleidung / persönliche Schutzausrüstung

Im Labor stellt das Tragen geeigneter Schutzausrüstung einen zusätzlichen, unabdingbaren Schutz dar und ist grundsätzlich erforderlich, da es - wie eingangs erwähnt - zu unvorhersehbaren Reaktionen oder auch Apparaturenbruch kommen kann, in dessen Verlauf Gefahrstoffe frei werden können.

Zur Standardausrüstung und Arbeitskleidung im Labor gehören daher grundsätzlich:

- Laborkittel aus Baumwolle
- Schutzbrille mit Seitenschutz und oberer Augenbrauenabdeckung, auch als Überbrille über Korrekturbrille zu tragen, da eine Korrekturbrille einen wirksamen Schutz nicht bieten kann.
- Geschlossene Schuhe mit rutschfester Sohle
- Chemikalienbeständige Schutzhandschuhe, wenn Hautkontakt mit Gefahrstoffen nicht ausgeschlossen werden kann.

3.3 Gefahreigenschaften eines Gefahrstoffes

Vor dem Umgang mit Gefahrstoffen muß grundsätzlich ermittelt werden, (Ermittlungspflicht nach § 16 GefStoffV)

- welche Gefahreigenschaften ein Gefahrstoff hat,
- Ersatz von gefährlichen Stoffen durch weniger gefährliche Stoffe.
- Verwendung von Versuchsaufbauten oder Systemen, die das Entweichen von Gefahrstoffen in die Umwelt ausschließen.
- Arbeiten unterm Abzug bzw. mit gezielten Absaugvorrichtungen.

- Tragen persönlicher Schutzausrüstung.

3.3.1 Kennzeichnung gefährlicher Stoffe

Um mit einem Gefahrstoff sicherheitsgerecht umgehen zu können, ist es zunächst erforderlich, die gefährlichen Eigenschaften des Gefahrstoffes selbst und die Reaktionen im Zusammenwirken mit anderen Stoffen zu kennen.

3.3.2 Vollständige Kennzeichnung der Originalverpackung

Wichtige erste Hinweise über die Gefahreigenschaften eines Stoffes erhalten Sie vom Etikett der originalverpackten Chemikaliengefäße, denn gemäß der Gefahrstoffverordnung bzw. dem Chemikaliengesetz ist der Hersteller eines Gefahrstoffes verpflichtet, diesen mit einer definierten Kennzeichnung zu versehen.

Hinweise über gefährliche Eigenschaften von Gefahrstoffen erhalten Sie aus einschlägigen Nachschlagewerken wie z. B. den Merkblättern „Gefährliche Arbeitsstoffe“ von Kühn/Birett (Loseblattsammlung) und „Gefährliche chemische Reaktionen“ von Roth/Weller.

Hinweise über Eigenschaften von Gefahrstoffen erhalten Sie auch aus den Sicherheitsblättern, die Sie über den Fachhandel auf Anfrage erhalten.

3.3.3 Eingeschränkte Kennzeichnung von Standgefäßen

Sofern Gefahrstoffe oder Zubereitungen aus Originalgefäßen in Standgefäße umgefüllt werden, müssen auch die Standgefäße mit einer eingeschränkten Kennzeichnung versehen werden.

- Bezeichnung des Gefahrstoffes
- Gefahrensymbol und Gefahrenbezeichnung.

3.4 Sicherheitseinrichtungen in chemischen Laboratorien

Auch bei richtigen Verhaltensmaßnahmen im Labor und beim sicheren Gestalten der Versuchsabläufe und Arbeitsverfahren ist ein Unfallereignis oder ein Brand nicht mit absoluter Sicherheit auszuschließen. Auch für diesen Fall sind Sicherheitseinrichtungen geschaffen, um die Gefährdung für Leib und Leben von Personen und auch materiellen Schaden möglichst gering zu halten.

Jeder Beschäftigte hat daher die Pflicht, sich über die Lage der Fluchtwege und der Sicherheitseinrichtungen sowie deren Funktion zu informieren.

3.4.1 Fluchtweg

Die Fluchtwegkennzeichnung (weißes Männchen auf grünem Grund) gibt im Gefahrenfall den vom jeweiligen Standort aus kürzesten Weg ins Freie an.

3.4.2 Brandschutz

In jedem Bereich der Universität ist eine Brandschutzordnung ausgehängt.

3.4.3 Erste Hilfe Einrichtungen

- Notduschen, meist im Türbereich von Laboratorien
- Löschdecken, meist in Flurbereichen in Aufbewahrungskästen
- Augenduschen an verschiedenen Wasserzapfhähnen
- Erste - Hilfe - Kästen
- Tragen und ggf. Bergetücher.

3.4.4 Spezielle Sicherheitseinrichtungen

- Brandmelder wie Druckknopfmelder in allen Bereichen und die automatischen Rauchmelder sowie die unterschiedlichen Feuerlöscheinrichtungen, d. h. Feuerlöscher für unterschiedliche Brandklassen und Löschdecken.
- Binde- und Absorptionsmittel werden für den Havariefall vorgehalten.
- Spezielle Schutzeinrichtungen wie z. B. Atemschutzgeräte mit entsprechenden Filtern befinden sich in der Nähe zu den Laboratorien.
- Säureschutzschürzen oder aluminisierte Latzschürzen, die beim Umgang mit metallorganischen Verbindungen getragen werden müssen, werden vorgehalten.

3.5 Verhaltensmaßnahmen im Laboratorium

Richtige Verhaltensmaßnahmen beim Umgang mit Gefahrstoffen, die jeweils auch in den Laborordnungen, Betriebsanweisungen, Praktikumsanleitungen und darüber hinaus in den Richtlinien für Laboratorien festgelegt sind.

3.5.1 Allgemeine Verhaltensmaßnahmen im Laboratorium

- Den Laborordnungen, Praktikumsanleitungen und den Anweisungen der Saalassistenten ist strikt Folge zu leisten. Grundsätzlich muß man wissen, wo sich die zuständigen Assistenten aufhalten, damit im Notfall schnell fachkundige Hilfe erreichbar ist.
- ein Laborkittel aus Baumwolle,
- festes geschlossenes und trittsicheres Schuhwerk,
- Schutzbrille mit Seitenschutz und oberer Abdeckung.
- sofern ein Hautkontakt mit Gefahrstoffen nicht ausgeschlossen werden kann, müssen geeignete chemikalienbeständige Schutzhandschuhe getragen werden.
- Im Labor besteht striktes Eß-, Trink- und Rauchverbot.
- Es ist verboten, alleine im Labor zu arbeiten.
- Schwangere Frauen dürfen nicht mit Gefahrstoffen umgehen.
- Vor Versuchsbeginn müssen alle benötigten Geräte, Apparaturen und Chemikalien verfügbar sein.
- Am Arbeitsplatz ist unbedingt auf Ordnung und höchste Sauberkeit zu achten. Verschüttetes Material ist ordnungsgemäß zu entfernen und zu beseitigen.
- Nach der Laborarbeit sind Hände und Gesicht gründlich zu waschen.

3.5.2 Umgang mit Gefahrstoffen

- Beim Transport von Chemikalienbehältnissen müssen geeignete Transporthilfen / Überbehältnisse wie Eimer oder Transportwagen benutzt werden.
- Richtiges Tragen von Chemikalienbehältnissen am Arbeitsplatz, d. h. sowohl am Flaschenhals als auch am Boden des Gefäßes mit einer Hand unterstützen.
- Beim Umgang mit brennbaren Flüssigkeiten keine größeren Mengen als für den Versuch erforderlich am Arbeitsplatz bevorraten (max. 1 Liter bei A1 - und B - Flüssigkeiten).
- Bei der Handhabung brennbarer Flüssigkeiten sind alle Zündquellen und offene Flammen aus der Umgebung zu entfernen.
- Zum Aufbewahren von Chemikalien dürfen möglichst nur Originalgebinde oder ausschließlich nur geeignete Chemikaliengefäße benutzt werden, die so gekennzeichnet und beschaffen sind, daß eine Verwechslung u. a. auch mit Nahrungsmittelbehältnissen ausgeschlossen ist. Die Benutzung von Nahrungsmittelbehältnissen ist strikt verboten !
- Das Aufbewahrungsverbot bestimmter besonders gefährlicher Stoffe wie z. B. explosionsgefährlicher, selbstentzündlicher oder sehr giftiger Gefahrstoffe am Arbeitsplatz und das Zusammenlagerungsverbot mit anderen Gefahrstoffen ist zu beachten.
- In Regalen dürfen Gefahrstoffe nur bis zu einer Höhe aufbewahrt werden, die sicheres Entnehmen und Abstellen gewährleisten (Nicht über Kopfhöhe !).
- Aus Vorratsflaschen einmal entnommene Chemikalien dürfen nicht wieder in diese zurückgegeben werden.
- Beim Umfüllen von Chemikalien sollte immer ein Trichter verwendet werden. Für kleine Substanzmengen benutzt man besser Pipetten oder Spatel.
- Pipettierarbeiten dürfen grundsätzlich nicht mit dem Mund vorgenommen werden. Es müssen die vorhandenen Pipettierhilfen benutzt werden.
- Reaktionsansätze sollen grundsätzlich nicht größer als unbedingt erforderlich durchgeführt werden.
- Nach Beendigung der Arbeiten sind Gefahrstoffe wieder an den entsprechenden Aufbewahrungs- oder Lagerort zu bringen. Sehr giftige und giftige Stoffe gehören nach dem Einsatz wieder unter Verschuß.
- Die Umsetzungsprodukte (Abfallstoffe) sind in die entsprechenden dafür vorgesehenen, farblich gekennzeichneten Reststoffbehälter zu geben.
- Während der Versuchsdauer darf der Laborplatz nicht verlassen werden.
- Bei der Durchführung gefährlicher Arbeiten, die besondere Vorsichtsmaßnahmen erfordern, sind die in unmittelbarer Nähe arbeitenden Mitarbeiter vorher zu unterrichten, um ebenfalls erforderliche Schutzmaßnahmen ergreifen zu können. Dies gilt insbesondere auch, wenn mehrere Personen gleichzeitig an einem Abzug arbeiten.
- Alle Versuchsaapparaturen, bei denen ein Über- oder Unterdruck (Vakuum) entsteht oder entstehen kann, erfordern einen Splitterschutz (Aufstellen hinter Schutzwänden, Arbeiten in Abzügen, Umwickeln mit Tüchern, Bekleben mit Folie).

3.6 Gefahren durch Druckgase und Druckgasflaschen

Im Laborbereich wird u. a. auch mit Gasen gearbeitet, die ebenfalls Gefahrstoffe im Sinne der Gefahrstoffverordnung sind und die gleichen Gefahreneigenschaften haben können wie Chemikalien. Diese Gase werden meistens in Druckgasflaschen aufbewahrt, wobei neben der Gefährdung durch Undichtigkeiten an dem Flaschenventil oder den Armaturen die Druckgasflaschen selbst als Druckbehälter ein nicht unerhebliches Gefahrenpotential darstellen, insbesondere dann, wenn man die Druckgasflaschen unsachgemäß behandelt. Durch Umstürzen oder starke Hitzeeinwirkung (z. B. bei einem Brand) können Druckgasflaschen zerbersten und wie Bomben wirken oder auch zu Raketen werden, die Wände durchschlagen.

3.6.1 Kennfarben von Druckgasflaschen

Gassorte	Farbe
alle brennbaren Gase (außer Acetylen)	rot
Acetylen	gelb
Sauerstoff (O ₂)	blau
Stickstoff (N ₂)	grün
Andere nicht brennbare Gase (außer N ₂)	grau

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

R. van der Linde, Sicherheitsingenieur

4. Brände

4.1 Vorbeugender Brandschutz

4.1.1 Brandverhütungsmaßnahmen

4.1.2 Flammpunkt

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 Kohlensäurelöscher

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

Damit eine Verbrennung mit Feuererscheinung möglich ist, müssen drei Voraussetzungen gegeben sein: Es müssen ein brennbarer Stoff, Sauerstoff (z. B. aus der Luft) und eine Zündquelle mit ausreichender Energie gleichzeitig vorhanden sein. Zur Brandverhütung und Brandbekämpfung ist also erforderlich, 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 schnelle Fluchtmöglichkeit von Personen ermöglichen (Folie)

4.1.1 Brandverhütungsmaßnahmen

Die Brandschutzordnung der Universität Freiburg gibt allgemeine Brandverhütungs- und Verhaltensmaßnahmen im Brandfall vor (Folie: "Brandschutzordnung").

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

Durch brennbare Flüssigkeiten, durch selbstentzündliche Stoffe, exotherme Reaktionen und Zersetzungsreaktionen besteht im Labor permanent eine Brandgefahr.

Viele Flüssigkeiten, mit denen im Laboratorium umgegangen wird, sind brennbar. Ihre Dämpfe bilden mit Luft in bestimmten Konzentrationsbereichen explosionsfähige Gemische. Die Brennbarkeit, der Dampfdruck und der Flammpunkt von Gefahrstoffen muß daher bei chemischen Umsetzungen, beim Destillieren, Extrahieren oder auch beim Lagern und **vor allem beim offenen Umgang mit diesen Stoffen** beachtet werden.

Bei den meisten Lösemitteln ist die Dichte der Gase größer als Luft, sodaß Dämpfe sich auf dem Arbeitstisch oder am Boden sammeln.

4.1.2 Flammpunkt

Entscheidend bei der Beurteilung brennbarer Flüssigkeiten und der Bildung explosionsfähiger Atmosphäre ist der Flammpunkt. (Folie: "Flammpunkt" Einteilung brennbarer Flüssigkeiten entspr. ihrem Flammpunkt in Gefahrenklassen)

Der Flammpunkt ist die niedrigste Temperatur, bei der die Flüssigkeit Dämpfe in solcher Menge entwickelt, daß diese im Gemisch mit Luft durch eine Zündquelle zur Entzündung gebracht werden können.

4.1.3 Gefahrenklassen brennbarer Flüssigkeiten

Brennbare Flüssigkeiten werden nach ihrem Flammpunkt und nach ihrer Mischbarkeit mit Wasser in Gefahrenklassen AI, AII, AIII und B eingeteilt. (Folie: "Sicherheitsregeln beim Umgang mit brennbaren Flüssigkeiten")

- Gefahrenklasse A : Mit Wasser nicht mischbare, brennbare Flüssigkeiten
- Gefahrenklassen A I : Flüssigkeiten mit Flammpunkt $< 21^{\circ}\text{C}$ (Beispiel: Ether -40°C)
- Gefahrenklasse A II : Flüssigkeiten mit einem Flammpunkt von 21°C bis 55°C
- Gefahrenklasse A III : Flüssigkeiten mit einem Flammpunkt über 55°C bis 100°C
- Gefahrenklasse B : Flüssigkeiten mit einem Flammpunkt $< 21^{\circ}\text{C}$, die sich bei 15°C in Wasser lösen oder deren brennbare flüssige Bestandteile sich bei 15°C im Wasser lösen (Beispiel: Aceton -20°C ; Methanol 11°C)

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.
- Bei der Handhabung sind alle Zündquellen, insbesondere offene Flammen, aus der Umgebung zu entfernen.
- Regale dürfen nicht mit Chemikalien vollgestopft werden, da hier das versehentliche Herunterreißen von Flaschen zu befürchten ist.

- Brennbare Flüssigkeiten der Gefahrenklasse A I 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 Kühlschränken aufbewahrt werden, deren Innenraum explosionsgeschützt ist. Kühlschränke sind entsprechend zu kennzeichnen.
- Beim Abfüllen und Umgießen Zündgefahren durch elektrostatische Aufladung beachten. Metallgebinde 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. Der Raum ist zu lüften.
- Brennbare Flüssigkeiten dürfen nicht offen verdampft werden.
- 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.
- Die Laborrichtlinie GUV 16.17 beschreibt, welche Maßnahmen beim Umgang mit brennbaren Flüssigkeiten, selbstentzündlichen Stoffen und explosionsgefährlichen Stoffen zu treffen sind. Es ist zwingend erforderlich, sich vor Beginn der Arbeiten sachkundig zu machen.
- Vor Versuchen, im Labor Sprengstoff (z. B. in Form von Feuerwerkskörpern) herzustellen, muß ausdrücklich gewarnt werden. Dies ist aufgrund sprengstoffrechtlicher Vorschriften strengstens 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. Dies geschieht durch Teilung des Gebäudes in Brandabschnitte. Die einzelnen Brandabschnitte sind durch feuerhemmende Baumaterialien horizontal und vertikal, und durch Feuer- und Rauchabschlußtüren voneinander getrennt. So kann das Feuer nicht so schnell auf andere Gebäudeabschnitte übergreifen.

Funktionieren kann diese vorbeugende Maßnahme jedoch nur dann, wenn die Feuer- und Rauchabschlußtüren geschlossen sind oder im Brandfall automatisch geschlossen werden.

Das Feststellen und Offenhalten der Türen mittels Keilen oder sonstigen Gegenständen ist unzulässig.

4.2.1 Brandmeldung

Zur schnellen **Branderkennung und Brandmeldung** sind automatische Brandmelder installiert, die über die Brandmeldezentrale im Falle eines unbeobachteten 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

4.3 Brandbekämpfung

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

- Feuerlöscher (Pulver- und Kohlensäurelöscher)
- 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: Brennbare Metalle (z. B. Natrium, Kalium, Lithium)**
- **Brandklasse E: Geeignet für elektrische Anlagen bis 1000 V**

4.3.2 Feuerlöscher

Pulverlöschgeräte, Wasserlöscher, Kohlensäurelöscher, Schaumlöschgeräte.

An der Universität werden vornehmlich Pulver- und Kohlensäurelöscher 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 Kohlensäure und in den fahrbaren Feuerlöschern Stickstoff eingesetzt. Das Löschpulver muß mit Druck ausgebracht werden. Der Druck beträgt ca. 18 bar. Man unterscheidet bei der Pulverlöschern die

Dauerdrucklöscher (Treibmittel mit Pulverbehälter) und die

Aufladelöschler (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 Kohlensäurelöscher

eignen sich zum Löschen von Flüssigkeitsbränden (Klasse B). Einsatz überall dort, wo Verschmutzung durch Löschpulver vermieden werden muß (z. B. sehr teure elektronische Geräte), da Kohlensäure rückstandsfrei ist. Beim Brand von festen, glutbildenden Stoffen (Klasse A) und gasförmigen Stoffen (Klasse C) ist der Kohlensäurelöscher nicht geeignet.

Wichtig: Keine Person mit Kohlensäurelöscher 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 handle sich um Rechtsgewinde, setzte er den Gabelschlüssel in der falschen Richtung an. Unter hohem Druck strömte Wasserstoff aus und entzündete sich sofort. Beim Versuch, das Ventil zu schließen, zog sich der Betreiber Verbrennungen an den Händen zu. Ein Löschversuch mit dem CO₂-Löcher 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, Sicherheitsfachkraft

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, teratogene, 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

5.2.5 NOEL

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:

Ein Gefahrstoff muß wie folgt gekennzeichnet werden:

Bezeichnung des Stoffes oder der Zubereitung

Gefahrensymbole, Gefahrenbezeichnung

Gefahrenhinweise (R-Sätze) - Sicherheitsratschläge (S-Sätze)

Name und Anschrift des Herstellers bzw. des Händlers, der diesen Stoff auf den Markt bringt (Inverkehrbringer)

Für kleine Laborgebinde gilt eine eingeschränkte Kennzeichnung:

Chemikalienname

Gefahrensymbol und Bezeichnung.

Die Gefahrstoffverordnung schreibt die Kennzeichnung gefährlicher Stoffe bindend vor.

5.1.1 Explosionsgefährlich / E

Die Kennzeichnung „explosionsgefährlich“ ist Stoffen vorbehalten, die durch Einwirkung von Zündquellen oder durch Schlag/Reibung zur Explosion gebracht werden können.

Mit einem fast leeren Benzinkanister lassen sich zwar wunderschöne Explosionen demonstrieren, aber Benzin ist „nur“ leichtentzündlich. Die Explosion erfolgt lediglich durch den Einschluß der Dämpfe.

5.1.2 Brandfördernd / O

Wenn Chemikalien ihren Sauerstoff leicht abgeben, spricht man von Oxidationsmitteln oder brandfördernden Stoffen. Die Heftigkeit der entstehenden Brände ist von der verfügbaren Sauerstoffmenge abhängig. In 1 kg Kaliumnitrat z. B. ist mehr Sauerstoff gebunden, als in einem Kubikmeter Luft. Deshalb dürfen brandfördernde Stoffe nicht mit brennbaren zusammen gelagert werden.

5.1.3 Hochentzündlich und Leichtentzündlich / F+ und F

Mit **hochentzündlich** werden Stoffe gekennzeichnet, die einen Flammpunkt unter 0° C und einen Siedepunkt von > 35° C haben.

Leicht entzündlich sind Stoffe, die einen Flammpunkt von < 21° C haben.

5.1.4 Reizende oder ätzende Chemikalien / Xi und C

Die unterschiedliche Kennzeichnung von reizenden und ätzenden Chemikalien erklärt sich durch die unterschiedliche Wirkung. Bei der Kennzeichnung „**ätzend**“ handelt es sich um einen Stoff, der die gesunde Haut bei Kontakt zerstört. Wird das Hautgewebe in seiner gesamten Dicke bei einer Einwirkzeit bis zu 4 Stunden zerstört, spricht man von Verätzung, läuft die gleiche Schädigung bereits innerhalb 3 Minuten ab, spricht man von einer schweren Verätzung. Stoffe, die mit dem Symbol „**reizend**“ gekennzeichnet sind, verursachen auf gesunder Haut nach max. 4 h Einwirkungsdauer eine deutliche Entzündung, die nach Schluß der Einwirkungszeit 24 h oder länger anhält. - Oder bei Einwirkung in das Auge rufen sie deutliche Augenschäden hervor, die länger als 24 h andauern. Ätzend und reizend wirken können aber nicht nur Chemikalien, die auf die Haut gelangen, sondern auch Gase und Dämpfe.

5.1.5 giftige und sehr giftige Chemikalien / T+ und T

sehr giftig (Totenkopf und T+)

giftig (Totenkopf und T)

gesundheitsschädlich (Andreaskreuz und n)

richtet sich nach der akuten Toxizität der Chemikalie.

Die Toxizität eines Stoffes wird in LD₅₀ oder LC₅₀ ausgedrückt. Als letale (tödliche) Dosis wird die Menge pro Kilogramm Körpergewicht bezeichnet, die bei einmaliger Aufnahme 50 % der Versuchstiere tötet. **Sehr giftig** sind Stoffe, deren akute Toxizität bei folgenden Mengen liegt:

Kennzeichnung	LD ₅₀	LD ₅₀	LC ₅₀
	oral, Ratte [mg/kg Körpergewicht]	dermal, Ratte o. Kaninchen [mg/kg Körpergewicht]	inhalativ, Ratte [mg / l in 4 h]
sehr giftig	< 25	<50	0,5
giftig	25 - 200	50 - 400	0,5 - 2
gesundheitsschädlich	200 - 2000	400 - 2000	2 - 20

5.1.6 Sensibilisierende, teratogene, mutagene und krebserzeugende Chemikalien

Außer den bisher genannten Gefährdungen, die von Chemikalien ausgehen können, gibt es sensibilisierend, mutagen, teratogen und cancerogen wirkende 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 cancerogen 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.

Teratogene oder fruchtschädigende Substanzen beeinträchtigen in der Regel die Gesundheit der werdenden Mutter nicht, schädigen aber den Embryo.

5.1.7 Umweltgefährliche Stoffe

5.2 Wie gelangen Chemikalien in den Körper ?

Atmung: Lösemitteldämpfe, (inhalative Aufnahme) freiwerdende Gase Stäube, Aerosole

Verschlucken: möglich, durch verspritzende Substanzen bei Unfällen; beim Pipettieren mit dem Mund (**streng verboten !**); durch kontaminierte Nahrungsmittel

Hautresorption: Gase, Feststoffe und Flüssigkeiten (dermale Aufnahme) können durch die Haut resorbiert werden. Hautresorptive Stoffe sind oft mit einem großen **H** gekennzeichnet.

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 fruchtschädigender und erbgutschädigender Wirkungen. Die Gründe, die zur Einstufung geführt haben, werden mit ausführlichen Begründungen veröffentlicht.

5.2.2 Die maximale Arbeitsplatzkonzentration

ist die höchstzulässige Konzentration eines Stoffes als Gas, Dampf oder Schwebstoff in der Luft während eines Arbeitstages von 8 Stunden. Sie gilt als dauerhaft eingehalten, wenn bei Schadstoffmessungen (die als Momentaufnahmen gelten) $\frac{1}{4}$ MAK nicht überschritten wird.

Dieser $\frac{1}{4}$ MAK wird als **Auslöseschwelle** bezeichnet, bei deren Überschreitung zusätzliche Maßnahmen zum Schutz der Gesundheit erforderlich werden.

Der **MAK-Wert** wird für einen durchschnittlich gesunden Menschen aufgestellt. Er ist historisch als 8-Stunden-Mittelwert konzipiert. In der Praxis schwankt allerdings 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 ml/m^3 . 1 ppm bedeutet 1 Stück Zucker auf die Füllung eines Tankwagens von 2700 l.

5.2.3 TRK - Werte - Technische Richt Konzentration

werden für Substanzen festgelegt, die als krebserzeugend gelten. Bei cancerogenen 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.

5.2.5 NOEL

Die Schwelle, unter der keine Wirkung mehr festgestellt werden kann, bezeichnet man als **NOEL** (**n**o **o**bserved **e**ffekt **l**evel). In der Regel gilt $\text{NOEL} \cong \text{MAK}$. Alle aufgestellten Grenzwerte beziehen sich auf Einzelprodukte. Bei Schadstoffgemischen ist die Verstärkung bzw. die Abschwächung der Wirkung möglich. Schon deshalb darf mit gesundheitsgefährdenden Chemikalien nur im Abzug gearbeitet werden. Wobei der Abzug nur wirksam arbeitet, wenn der Frontschieber geschlossen ist. Der Frontschieber regelt den Luftvolumenstrom und dient als Splitterschutz. Auch beim Hantieren an laufenden Apparaturen sollte der Kopf im Schutz der Scheibe bleiben.

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 Kieselgur oder Sand gebunden werden. Vorsicht bei Salpetersäure - bei Kontakt mit organischen Stoffen können sich Nitrose-Gase bilden. (Nitrose-Gase verursachen Lungenödeme) **Cancerogene, mutagene und teratogene 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. 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 sind eine große Gefahr bei Destillationen, sie 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

Telefon 2000
von allen Apparaten
Angaben: Unfallort (Gebäudeteil, Geschoß, Raum-Nr.)
Art der Vergiftung / Unfall
Anzahl der Verletzten
Name des Anrufers

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. Kolliquotationsnekrosen: Die Oberfläche ist weich, die Ätzwirkung schreitet auch in tieferen Gewebsschichten fort. Rötung, Verschorfung, Hautnekrosen.

Haut: Verunreinigte, benetzte Kleidung entfernen mit H₂O 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, SO₂, H₂S
- 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. Josephs Krankenhaus - Augenarzt

7. Wege der Chemikalien an der Hochschule

Dr. D. Goeppel / 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.

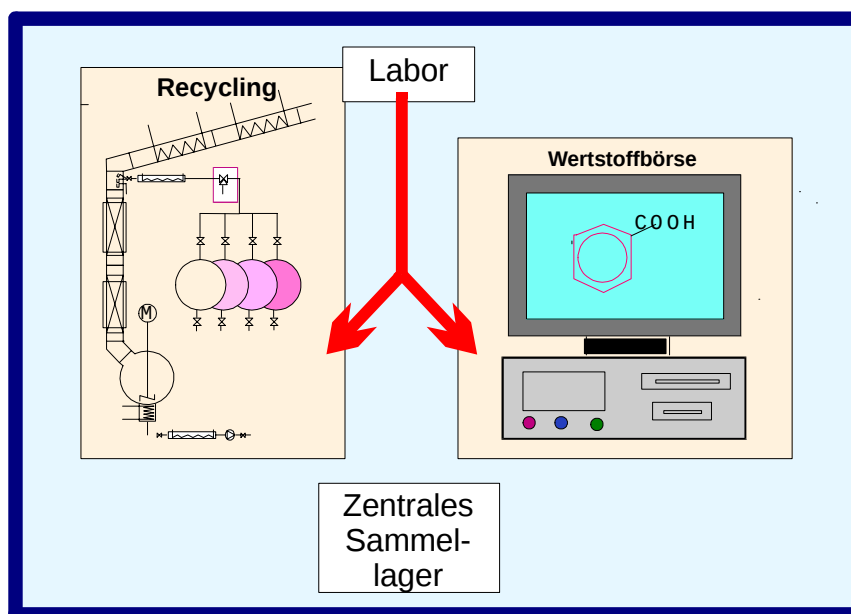


Abbildung 1: Vermeidungs-Strategie beim Freiburger Konzept

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 m³ radioaktive Abfälle an externe Verwerter- und Entsorgerfirmen 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 StudentenInnen 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, Ab-fälle 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
Summe:		63,56	86.658,69	18,77	27.485,65	9,07	13.054,99

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
Zwischensumme		30,4	32,0	33,1	20,8	22,3	11,6
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
Summe flüssiger Abfälle		76,6	67,8	72,9	64,5	70,3	60,6

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
Summe fester Abfälle		12,1	9,1	11,8	21,3	22,2	19,7

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 der 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 H_2O_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.