

Sicheres Verhalten im organisch-chemischen Labor

Allgemeine Betriebsanweisungen zum Umgang mit Gefahrstoffen und zum Gebrauch der Laborgeräte für das organisch-chemische Grundpraktikum im Rahmen der Chemiestudiengänge am Institut für Chemie und Biochemie der FU-Berlin.

Ausgabe Sommersemester 2017

Sicheres Verhalten im organisch-chemischen Labor

Ausgabe Sommersemester 2017

Changelog

Ausgabe Wintersemester 2012: Links berichtigt, geänderte Organisationsstrukturen (BG's) berichtigt. Textüberarbeitung (Straffung so weit möglich, nicht mehr erforderliches entfernt.)

Ausgabe Wintersemester 2014: Beide Praktikumsteile zusammengeführt, Straffung

Ausgabe Sommersemester 2015: EU-Kennzeichnung nach 67/548/EWG entfernt, Straffung, kleinere Aktualisierungen

Ausgabe Wintersemester 2015: Hinweis auf Laborrichtlinien aktualisiert, Kapitel 9 leicht überarbeitet.

Ausgabe Sommersemester 2017: Bearbeitung von mehreren Kapiteln.

Hinweise:

- Die in diesem Skript angegebenen Versuche sind teilweise nicht ungefährlich und verlangen eine gewisse Erfahrung. Sie sind eigentlich nur als Demonstration durch den unterweisenden Assistenten/in gedacht. Wenn Sie diese Versuche selbst durchführen wollen, so tun Sie dies nur nach Anleitung bzw. Aufsicht des Saalassistenten/in!

Copyright:

Dieses Skript ist in Rahmen des Urhebergesetzes geschützt. Jede kommerzielle Verwertung insbesondere durch Vervielfältigung oder durch Einspeicherung in optische oder magnetische Datenträger bedarf der Zustimmung des Autors.

Verantwortlich für den Inhalt:

Ab WiSe 2015/16

Dr. Monika Wyszogrodzka

Institut für Chemie und Biochemie der Freien Universität Berlin
Takustr. 3
14195 Berlin

Erstellung:

Dr. Thomas Lehmann

Institut für Chemie und Biochemie der Freien Universität Berlin
14195 Berlin Takustr. 3

Vorwort:

Sie halten gerade ein ziemlich dickes Skript in den Händen. Muss das alles sein?

Im Umgang mit Chemikalien kann man leider viel falsch machen. Und wenn Sie alle im Prinzip auch von Ihnen jetzt schon zu beachtenden Vorschriften nebeneinander stellen wollten, bräuchten Sie ein ziemlich langes Regal. Der Service dieses Skripts besteht darin, aus all dem erst einmal genau das herauszudestillieren, was für Sie genau jetzt in diesem Studienabschnitt wichtig ist.

Trotzdem bleibt eine Menge Stoff übrig und niemand wird es Ihnen verübeln können, wenn Sie morgen noch nicht alles verinnerlicht haben. Dieses Skript ist deshalb sowohl als Vorbereitung auf Ihre Tätigkeiten im Labor und zum Test zur Arbeitssicherheit als auch als Nachschlagewerk gedacht:

- Sie müssen demnächst zum ersten Mal eine Vakuumdestillation durchführen? Lesen Sie noch einmal das Kapitel über Vakuumapparaturen.
- Ihre nächste Reaktion muss im Nachtlabor durchgeführt werden? Sie finden hier ein Kapitel, in dem steht, wie man dort richtig arbeitet.

Das Skript enthält Standardregelungen für die Arbeit in einem präparativen organisch-chemischen Labor. Wenn Sie mit besonderen hier nicht behandelten Geräten oder Chemikalien umgehen müssen, haben sie Anspruch auf eine gesonderte Unterweisung. Bestehen Sie auch darauf!

Dieses **Skript** ist auch im Internet erhältlich unter:

http://www.bcp.fu-berlin.de/chemie/chemie/studium/ocpraktikum/_Unterlagen_Sicherheit/sikskpt.pdf

Die beschriebenen **Versuche** sind unter

<http://www.bcp.fu-berlin.de/chemie/chemie/studium/ocpraktikum/sicherheit/versuche.html>
mit Bild- und Videomaterialien beschrieben.

Die nach dem Gefahrstoffrecht erforderlichen Betriebsanweisungen lassen sich nicht abtrennen von dem, was auch im allgemeinen Sprachgebrauch unter einer Betriebsanweisung verstanden wird, nämlich einer Beschreibung, wie etwas funktioniert und zu bedienen ist. Wer also weiß, wie die Laborgeräte richtig zu bedienen sind, arbeitet entsprechend stressfrei und also sicherer. Hilfen zu Laborarbeitstechniken gibt es unter:

<http://www.bcp.fu-berlin.de/chemie/chemie/studium/ocpraktikum/ressourcen/laborpraxis/>

Vorwort für Verwaltungs- und Aufsichtsbeamte, Richter, Staatsanwälte und alle anderen, für die Arbeitssicherheit aus der Einhaltung von Vorschriften besteht:

Dieses Skript ist die Allgemeine Betriebsanweisung nach § 14(1) GefStoffV für folgende Praktika:

- Organisch – chemisches Grundpraktikum für den Bachelorstudiengang Chemie
- Organisch – chemisches Grundpraktikum für den Bachelorstudiengang Biochemie
- Organisch-chemisches Grundpraktikum für Lehramtsstudiengänge mit Chemie als Fach

Dem Skript liegt die folgende **Gefährdungsbeurteilung** zugrunde: In allen genannten Praktika sind organisch-chemische Reaktion nach einem ausgehändigten Versuchsskript durchzuführen. In den Praktika werden leicht entzündliche, hochentzündliche, brandfördernde, gesundheitsschädliche, giftige, sehr giftige, krebserzeugende, erbgutverändernde, reproduktionstoxische allergisierende und umweltgefährdende Substanzen eingesetzt. Es werden keine krebserzeugenden, erbgutverändernden oder reproduktionstoxischen Produkte hergestellt. Im Sinne einer Ersatzstoffprüfung nach §§ 6,7 GefStoffV wird auf die Verwendung vermeidbarer Gefahrstoffe verzichtet. Dennoch muss es das Ziel der Ausbildung sein, den sicheren Umgang mit Gefahrstoffen an konkreten Beispielen zu üben. Mit krebserzeugenden, erbgutverändernden oder reproduktionstoxischen Stoffen wird ausschließlich in extra dafür ausgewiesenen Räumen gearbeitet. Folgende Schutzmaßnahmen sollen den sicheren Umgang gewährleisten: Die Verwendung laborüblicher Kleinmengen sowie die ausschließliche Handhabung in Abzügen minimiert sowohl das toxikologische Risiko wie auch physikalisch-chemische Risiken gemäß § 11 GefStoffV. Die Praktikanten erhalten vor Aufnahme der experimentellen Tätigkeit eine Unterweisung nach § 14(2) GefStoffV bzw. Ziff. 4.7 BGI/GUV-I 8666 bzw. Ziff. 4.3 TRGS 526 auf der Grundlage dieses Skripts. Spezielle Unterweisungen und Unterweisungen gemäß § 14 (1) Satz 3 Ziff. 2 GefStoffV sowie nach Ziff. 4.6 BGI/GUV-I 8666 erfolgen – wo nötig - durch die Versuchsskripten sowie durch die vor jedem Versuch mündlich abzulegenden Prüfungen. Die Tätigkeit der Praktikanten wird hinsichtlich der Arbeitssicherheitshygiene laufend beobachtet mit dem Ziel, diese durch verbesserte Betriebsanweisungen – wo nötig auch durch Änderung der Ausstattung zu verbessern. Für eine ev. anfallende Anfertigung von Auftragspräparaten aus Arbeitsgruppen sind die entsprechenden Auftraggeber verantwortlich. Gefahrstoffverzeichnisse gemäß § 6(10) GefStoffV befinden sich in jedem Praktikumslabor. Sicherheitsdatenblätter sind auf den Praktikumsrechnern online erhältlich. Raumluftbelastungen wurden nur exemplarisch gemessen, ansonsten wird die Konformität mit den Anforderungen der Gefahrstoffverordnung unterstellt, da die Maßnahmen nach 5.1.7 der TRGS 526 sowie nach § 4.4.1 der BGI/GUV-I 8666 zur Einhaltung eines Expositionsverbots eingehalten, bzw. beachtet werden. Da im Übrigen die Anforderungen der DGUV Information 213-850 eingehalten werden, kann das damit gemäß § 3.1 verbundene intrinsische Sicherheitskonzept unterstellt werden, nach dem ein gefahrloses Arbeiten auch mit giftigen Stoffen ohne weitere besondere Maßnahmen möglich ist. Dies schließt ein, dass für alle unter dieses intrinsische Konzept fallende Stoffe eine erleichterte Kennzeichnung gemäß TRGS 201 möglich ist. Die Identifizierbarkeit von Stoffen gemäß § 8 (2) der Gefahrstoffverordnung wird durch Verwendung von standardisierten Vordrucken für Apparaturen und Präparatgläser gewährleistet.

Zur Minderung der Glasbruchgefahr wird die Qualität des Stativmaterials laufend überwacht. Für das Brechen und Rundschmelzen von Glasstäben gibt es Betriebsanweisungen. Evakuerte Glasgeräte werden nur mit Implosionsschutzmaßnahmen (Abzug, Gitter, Vorhänge, Kunststoffcoating) betrieben. Elektrische Laborgeräte werden regelmäßig hinsichtlich offensichtlicher Mängel kontrolliert. Insbesondere werden die Steckverbindungen korrosionsfrei gehalten, um Übergangswiderstände zu vermeiden. Heiße Flüssigkeiten oder Oberflächen entstehen nur auf beabsichtigte Weise. Die Magnetrührer warnen überdies auf dem Display vor einer noch heißen Heizplatte. Weitere, gemäß § 5 ArbSchG relevante Gefährdungen, z.B. mechanische Gefährdungen oder Gefährdungen durch Klima, Licht- und Raumverhältnisse sind derzeit nicht absehbar.

Inhaltsverzeichnis

1	Wichtige Adressen und Rufnummern	8
2	Standardmaßnahmen	10
2.1	Informationsmöglichkeiten	10
2.2	Arbeitshygiene und verantwortliches Handeln	11
2.3	Kompetenz bei der Versuchsdurchführung	12
2.4	Versuchsbezogene Betriebsanweisung	12
2.5	Bekleidung, Körperschutzmittel	13
2.5.1	Schutzbrille	13
2.5.2	Schutzkittel	14
2.5.3	Handschutz	14
2.5.4	Bekleidung	17
2.6	Weitere Personenschutzmaßnahmen	17
2.7	Sicherheitseinrichtungen	18
2.7.1	Abzüge	18
2.7.2	Weitere Sicherheitseinrichtungen	18
2.8	Chemikalienbehältnisse	19
2.8.1	Hygiene	19
2.8.2	Verschlüsse	19
2.8.3	Flaschenmaterialien	20
2.8.4	Stellflächen und Örtlichkeiten	20
2.8.5	Transport von Chemikalien	20
2.8.6	Kennzeichnung	21
2.9	Reaktionsapparaturen	23
2.9.1	Allgemeines	23
2.9.2	Beheizung	23
2.9.3	Beaufsichtigung	24
3	Entsorgung von Chemikalien	26
3.1	Allgemeines	26
3.2	Informationsquellen	26
3.3	Abfälle, die ins Abwasser gegeben werden dürfen	27
3.4	Entsorgung von Gasen	27
3.5	Entsorgung von Lösemittelabfällen und anderen organischen Substanzen	28
3.6	Wässrige Lösungen	29
3.7	Betriebsmittelabfälle	30
3.8	Brom	31
3.9	Natrium	31
3.10	Hydride und Metallalkyle	32
3.11	Quecksilber	33
3.12	Diverse Einzelchemikalien	33
3.13	Glasabfälle	34
3.14	Kanülen	35
4	Chemikalienbeseitigung im Gefahrenfall (Verschütten von Substanz)	36
4.1	Grundsätzliches	36

4.2	Beispiele spezieller Unfallschnellbeseitigungen	37
4.2.1	Organische Lösungsmittel	37
4.2.2	Quecksilber	37
4.2.3	Säuren	37
4.2.4	Polyethylenglycol	37
5	Gefährdungen durch Chemikalien	38
5.1	Systematik	38
5.2	Brände	41
5.2.1	Definitionen des Brandpotentials	41
5.2.2	Verhalten von entzündlichen oder leicht entzündlichen Flüssigkeiten	43
5.2.3	Brandverhütung	44
5.2.4	Brandbekämpfung	46
5.2.5	Verhalten nach dem Löschen von Bränden	51
5.2.6	Personenbrände	51
5.3	Brandfördernde Stoffe	52
5.4	Explosionen/Implosionen	53
5.4.1	Explosionsgefährliche Chemikalien	53
5.4.2	Explosionsgefährliche Dampf-/Luftgemische	55
5.4.3	Explosionsgefährliche Reaktionen	56
5.4.4	Arbeiten mit evakuierten Apparaturen	56
5.5	Toxikologische Gefährdungen	57
5.5.1	Aufnahmewege	57
5.5.2	Akute Toxizität	58
5.5.3	Weitere toxische Eigenschaften	59
5.5.4	Krebserzeugende, mutagene und reproduktionstoxische Stoffe (KMR-Stoffe)	60
5.5.5	Verätzungen, Reizungen	63
5.5.6	Sensibilisierende Stoffe	64
5.5.7	Verhütung von Vergiftungen, Verätzungen und Sensibilisierungen	64
5.5.8	Grenzwerte	66
5.6	Umweltgefährdungen	67
6	Spezielle Arbeitstechniken	69
6.1	Absolutieren von Lösemitteln	69
6.2	Druckgasflaschen	69
6.3	Nachtlabor	70
7	Schnittverletzungen	71
8	Erste Hilfe	73
8.1	Grundsätze	73
8.2	Angebotsuntersuchungen	74
8.3	Kreislaufprobleme, Schock	74
8.4	Erste Hilfe bei Schnittverletzungen	75
8.5	Erste Hilfe bei oralen Vergiftungen und Verätzungen	76
8.6	Erste Hilfe bei Inhalationsvergiftungen oder -verätzungen	76
8.7	Erste Hilfe bei Gifteinwirkung oder Verätzung auf der Haut	78
8.8	Erste Hilfe bei Gifteinwirkung oder Verätzung an den Augen	79
8.9	Erste Hilfe bei Verbrennungen	80
8.10	Üben von Notsituationen	80

9	Vorschriften	83
9.1	Definition von Gefahrstoffen	83
9.2	Internationale Verflechtung des Gefahrstoffrechts	83
9.3	Europäisches und Deutsches Recht	83
9.3.1	Einstufung von Gefahrstoffen	83
9.3.2	Umgang mit Gefahrstoffen	84
9.4	Unfallversicherer	85
9.5	Weitere Regelungen	86

Im Text verwendete Abkürzungen mit untergelegten Links:

GefStoffV	: Gefahrstoffverordnung
TRGS	: Technische Regel Gefahrstoffe. (Jede TRGS trägt eine Nummer.)
DGUV Vorschrift 1	: Unfallverhütungsvorschrift „Grundsätze der Prävention“
MuSchV	: Verordnung zum Schutze der Mütter am Arbeitsplatz (Mutterschutzverordnung)
DGUV Information 213-850	: Sicheres Arbeiten in Laboratorien (Diese Schrift ist auch unter dem – nicht mehr offiziellen Titel – „Laborrichtlinien“ bekannt.)
BGI/GUV-I 8666	: Tätigkeiten mit Gefahrstoffen in Hochschulen

1 Wichtige Adressen und Rufnummern

Notruf: (0)112 (Feuerwehr)

Ein Notruf kann von jedem Telefon des Instituts abgesetzt werden, weshalb das Telefon eine Sicherheitseinrichtung ist, die ständig betriebsbereit zu sein hat. Die „0“ (=Amtsleitung) darf auch weggelassen werden. Im Brandfall, oder wenn aus anderen Gründen die Haustechnik betroffen ist, ist zusätzlich die

Leitwarte der FU 55112

zu verständigen. Beide Rufnummern müssen in der unmittelbaren Umgebung eines jeden Telefons im Institut vermerkt sein (Roter Aushang im DIN a 4 - Format).

Versuchen Sie, sich für den Notruf die folgenden 6 „W-Fragen“ einzuprägen:

Wer meldet?

Geben Sie Ihren Namen an.

Wo geschah es?

Die Adresse des Gebäudes lautet:

Freie Universität Berlin, Institut für Chemie, Takustr. 3, 14195 Berlin.

Was geschah?

Geben Sie eine kurze Beschreibung der Unfallsituation.

Die Leitstelle kann daraus z.B. die Art der notwendigen Einsatzfahrzeuge ermitteln.

Wie viele Verletzte?

Die .

Welche Art von Verletzungen?

Schildern Sie vor allem lebensbedrohliche Verletzungen.

Warten auf Rückfragen

Niemals das Gespräch selbst beenden!

Sorgen Sie dafür, dass die eintreffende Hilfe am Haupteingang empfangen und zur Unfallstelle eingewiesen wird! Hierdurch kann wertvolle Zeit gespart werden, weil das Rettungspersonal nicht unnötig im Hause herumsuchen muss.

Die am nächsten gelegene Erste-Hilfe-Stelle für den Fall, dass der Verletzte zum Notarzt transportiert werden soll, ist:

Klinikum Benjamin Franklin
Klingsorstr. 107 (1.Hilfe), 12200 Berlin

045050 (Zentrale)
08445-3025 (Erste Hilfe)

Leichte Augenverletzungen, z.B. Bindehautreizungen können vorteilhaft, weil oft rascher von einer **Augenarztpraxis** versorgt werden. Wichtig ist hier **vorher anzurufen**, um sich zu vergewissern, dass die Praxis geöffnet ist und um den Notfall anzukündigen. Sie können sich wenden an:

Drs. Golder, Kruse, Servetopoulou
Clayallee 341, 14169 Berlin

08018080
Mo - Do 7:30 - 18:30, Fr 8:30 - 17:00

Weitere Rufnummern:

Ersthelfer des Instituts

54300 (Sammelrufnummer)

Hinweis:

Alle Telefonnummern sind so angegeben, wie sie von Telefonapparaten der FU zu wählen sind.

2 Standardmaßnahmen

2.1 Informationsmöglichkeiten

Informieren Sie sich **v o r** dem Beginn des Versuchs über die Gefährlichkeit der beteiligten Stoffe und Arbeitsverfahren! Die wichtigsten Quellen sind:

- **GESTIS-Stoffdatenbank:** *(Die allerbeste Informationsquelle für Ihre Vorbereitung auf die Versuche!)*

www.dguv.de/bgia/stoffdatenbank

- **Sicherheitsdatenblätter:**

Sicherheitsdatenblätter finden Sie auf die Web-Seite des Herstellers wie Merck Millipore oder Sigma-Aldrich

Merck Milipore: <http://www.merckmillipore.com/DE/de/support/Safety/material-safety-data-sheets/Ivmb.qB.TzsAAAFcXd4Xr74u.nav>

- **Roth-Weller „Gefährliche chemische Reaktionen“**

<http://vs13.kobv.de/V/V3AJP2CJ6K8EGT596D77UCVNF22VGQ8XIA71ALR4CYIKGD6MBS-01962?func=native-link&resource=KOB19452> (FUB only)

In den Praktikumslaboren stehen Ihnen folgende Informationsmöglichkeiten zur Verfügung:

- Das **Flaschenetikett**
- Broschüre „**Sicherheit im chemischen Hochschulpraktikum**“ (GUV-I 8553)
Allgemeine Hinweise zum sicheren Arbeiten.
- „**Sicheres Arbeiten in Laboratorien**“ (DGUV Information 213-850)

Fast jedes organisch-chemische **Praktikumslehrbuch** enthält heute wenigstens einige allgemeine Hinweise zur Arbeitssicherheit.

Die Hinweise, die Sie aus all diesen Quellen erhalten, sind wahrscheinlich für Sie erst mal sehr abstrakt. Wie groß die wirkliche Gefahr ist, können Sie mangels Erfahrung noch nicht einschätzen. Die Ungewissheit, wie stark die Gefährdung denn nun wirklich ist, erzeugt oft unbegründete Ängste. Angst ist aber kein guter Ratgeber, um sicher zu experimentieren.

- Alle Gefährdungen sind mengenabhängig! Und Sicherheitsdatenblätter sind nicht primär für die Millilitermengen von Grundpraktikumsexperimenten geschrieben, sondern insbesondere für die Tonnen, die industriell verarbeitet werden.

Zumindest für heftiges Reaktionsverhalten können und sollten Sie versuchen, ein Gefühl zu entwickeln. Eine kleine Menge (z.B. das Hineinwerfen eines linsengroßen Stücks Natrium in Wasser) kann oft gefahrlos ausprobiert werden, wenn man nur ein paar Vorsichtsmaßnahmen einhält, die Sie sich für solche Experimente bitte von den Assistenten zeigen lassen, bevor Sie selbst zu Werke gehen!

Als Grundpraktikant erhalten Sie Versuchsskripten, in denen die sich aus der experimentellen Erfahrung ergebenden Anweisungen mit eingearbeitet sind. Dies entbindet Sie nicht von der Verpflichtung, selbst wachsam zu sein! Bedenken Sie, dass diese Anweisungen eine spezielle Anfängerhilfe sind und Sie schon in naher Zukunft beim ersten „Nachkochen“ einer Literaturvorschrift nichts von alledem mehr vorfinden werden und Sie sich im Gegenteil die Durchführung aller Arbeitsprozesse selbst überlegen müssen!

Systematisieren Sie Gefährdungen, mit denen Sie bei der Arbeit konfrontiert werden:

- Je volatil ein Kohlenwasserstoff ist, umso leichter ist er in der Regel feuergefährlich.
- Je volatil ein Gift ist, umso leichter können Sie es einatmen. Je ölicher ein Gift ist, umso länger persistiert es auf Haut oder Bekleidung.
- Bestimmte Stoffklassen haben das gleiche Gefährdungspotential. Nitrile sind z.B. mehr oder weniger giftig (Cyanid-Analogon!) - Schwermetalle, Methylierungsmittel und mehrkernige Aromaten sind oft krebserzeugend.

2.2 Arbeitshygiene und verantwortliches Handeln

Mindestens 80 % der sicheren Laborarbeit besteht in der Einhaltung hygienischen Arbeitens, also

- Dreck wegräumen
(z.B. verschüttetes sofort beseitigen, Abfälle nicht stapeln, sondern sofort entsorgen)
- Arbeitsmaterialien in gutem Zustand erhalten
(z.B. Arbeitsflächen, Chemikalienflaschen etc. sauber halten)

In einem Praktikum ist die Aufrechterhaltung der Arbeitshygiene leider besonders schwer:

- Alle sind noch ungeschickt und deshalb wird noch relativ viel verschüttet.
- Intuitiv fühlt sich jeder (nur) für seinen eigenen Dreck verantwortlich. Die anderen sollen ihren Mist bitteschön selbst wegmachen.

Weil man die verschütteten Krümel, Pfützen und gemeinsam benutzte Abfallsammelgefäße aber niemandem mehr zuordnen kann, ist die Arbeitshygiene – so bitter es für die ist, die es dann doch wieder für die wirklichen Ferkel machen – eine gesamtverantwortliche Verpflichtung.

- Achten Sie strikt auf hygienisch einwandfreie Verhältnisse
- Halten Sie alle Ressourcen instand. (Sagen Sie Bescheid, wenn etwas defekt ist, fehlt oder lose ist, so dass es bei nächster Gelegenheit abfällt und dann verloren ist.)
- Handeln Sie gesamtverantwortlich! Wenn Sie z.B. als letzter das Labor verlassen, achten Sie darauf, dass alles abgeschaltet ist und die Flügelfenster geschlossen sind.

Fühlen Sie sich **jetzt schon** mit **verantwortlich** für den ordnungsgemäßen Praktikumsbetrieb. Fühlen Sie sich auch **jetzt schon** mit verantwortlich für die Bewältigung von Notsituationen, soweit Ihnen das derzeit möglich ist. Solche Fähigkeiten bekommt man nicht mit dem Abschlusszeugnis überreicht, sondern muss sie erlernen! Leider sollten Sie dabei auch auf verdächtige Personen achten. Immer wieder mal gibt es Heimsuchungen von Diebesbanden, die sich zum Beispiel sehr für Laptops interessieren.

- Sprechen Sie Leute an, die sich offensichtlich im Haus nicht auskennen. Es reicht vollkommen aus, höflich nach dem Ziel zu fragen und den Vorfall bei einer verdächtigen Antwort zu melden.

2.3 Kompetenz bei der Versuchsdurchführung

Einen Versuch führen Sie nur dann sicher durch, wenn Sie die durchzuführenden Operationen in allen Einzelheiten verstanden haben! Wenn die Assistenten Sie in den Prüfungen eingehend zum Reaktionsablauf befragen, so dient dies auch der Sicherheit!

- Fragen Sie von selbst nach, wenn Ihnen etwas nicht klar ist!
- Wenn Sie einen Versuch durchführen, sollten Sie die Vorschrift im Wesentlichen im Kopf haben. Wenn es in einer Zeile heißt: „Die Reaktionslösung wird in den Kolben getropft.“ in der darauf folgenden aber: „Vorsicht! Sehr heftige Reaktion!“, riskieren Sie schlimme Folgen, wenn Sie die Vorschrift einfach nur Zeile für Zeile abarbeiten.

2.4 Versuchsbezogene Betriebsanweisung

Sie müssen vor jeder Reaktion eine versuchsbezogene Betriebsanweisung¹ anfertigen, welches ausschließlich auf Gefahren hinweisen und Schutzmaßnahmen aufzeigen soll.

Das Formular ist wie folgend aufgebaut:

1. Anwendungsbereich (Reaktionsgleichung, Stoffmengen + Versuchsdurchführung)
2. Schutzmaßnahmen und Verhaltensregeln (H- und P-Sätze)

¹ Das Formular für eine versuchsbezogene Betriebsanweisung ist im Blackboard zu finden.

3. Gefahren für Mensch und Umwelt
4. Verhalten bei Unfällen, Erste Hilfe
5. Sachgerechte Entsorgung von Gefahrstoffen

In einer versuchsbezogenen Betriebsanweisung sind alle wichtigsten Informationen kurz, prägnant und systematisch zusammengefasst. Das Dokument im Fall des Unfalls ist eine wichtige Informationsquelle für die Feuerwehr! Während der Durchführung des Experiments kann jede/r Praktikant/in sowie auch das Aufsichtspersonal jederzeit wichtige Schutzmaßnahmen und Verhaltensregeln nachlesen.

2.5 Bekleidung, Körperschutzmittel

2.5.1 Schutzbrille

Der Aufenthalt im Labor ohne das Tragen einer Schutzbrille ist untersagt! (**DGUV Information 213-850** § 2; **BGI/GUV-I 8666** 8.4). Sofern das Labor über Schreibbereiche (z.B. Schreibtische) verfügt, die so aufgestellt sind, dass dort eine Gefährdung durch verspritzende Chemikalien sicher ausgeschlossen werden kann, darf dort die Brille abgesetzt werden. Korrekturbrillen sind wegen durchweg mangelhaftem Spritzschutz kein Schutzbrillenersatz! Im Praktikum werden Schutzbrillen verwendet, die auch über einer Korrekturbrille getragen werden können. Komfortabler ist die Anfertigung einer speziellen Schutzbrille mit optisch geschliffenen Gläsern, die verglichen mit einer normalen Sehbrille überraschend preiswert ist, jedoch auf eigene Kosten beschafft werden muss. Schutzbrillen mit Sehkorrekturgläsern werden z.B. von den Firmen **UVEX** oder **Infield** angeboten, deren beider Produkte in Fielmann-Filialen vertrieben werden.¹

Sofern dies aus medizinischer Sicht nicht unumgänglich ist, sollten im Labor **keine Kontaktlinsen** getragen werden. Diese haben die folgenden Nachteile:

- In das Auge eingedrungene Chemikalien gelangen zwischen Kontaktlinse und Auge, wo sie lange persistieren. In Weichlinsen können sich bestimmte Substanzen auch lösen.

¹ Wenn Sie einen Kauf erwägen, schauen Sie am besten vorher in den betreffenden Online-Katalog. Es geht nicht nur darum, sich schon vorab das schönste Modell auszusuchen, sondern im Geschäft selbst kompetent zu sein, was die Auswahl des Scheibenmaterials anbelangt. Hier gibt es nämlich je nach Verwendungszweck unterschiedliche Materialien. Sie müssen auf eine gute Chemikalienbeständigkeit achten, was bedeutet, dass zum Beispiel Polycarbonat vollkommen unbrauchbar ist.

- Das Spülen des Auges kann wirkungslos bleiben, weil das Auge nach Chemikalienkontakt oft reflexartig geschlossen ist und sich nicht weit genug öffnen lässt, um die Linse zu entfernen. Helfer merken möglicherweise sogar gar nicht, dass eine Linse zu entfernen ist.

2.5.2 Schutzkittel

Das Tragen eines Schutzkittels im Labor ist obligatorisch. (**DGUV Information 213-850** §§ 2; 4.4.1) Der Kittel soll lang und hoch geschlossen sein, sowie einen Baumwollanteil von mindestens 35 % haben. (**DGUV Information 213-850** § 4.4.1)¹ Der Begriff „Schutzkittel“ ist eigentlich irreführend, denn er kann z.B. Flüssigkeiten nicht von der darunter getragenen Kleidung oder vom Körper fernhalten, sondern lässt durch die weiße Farbe nur besonders gut erkennen, dass es zu einem entsprechenden Malheur gekommen ist. Statt „Schutzkittel“ findet man deshalb in der Literatur häufiger den Begriff „Labormantel“. Mit Chemikalien verschmutzte Kittel müssen augenblicklich abgelegt werden können. Zu diesem Zweck müssen sie vorn – am besten mit Druckknöpfen - schließbar sein. Verschmutzte Kittel sind zu reinigen! Darüber hinaus ist eine turnusmäßige Reinigung eine Selbstverständlichkeit.

Für die Arbeit im Labor benötigen Sie mindestens 2 Kittel, damit Ihnen stets ein sauberer Kittel zum Wechseln zur Verfügung steht!

2.5.3 Handschutz

Was Sie hier lesen, ist gefahrstoffrechtlich der sogenannte **Hautschutzplan** für das Praktikum gemäß 4.6.3 der **DGUV Information 213-850**.

2.5.3.1 Handschuhe

Von einer Hautcreme erwarten Sie, dass sie schnell in die Haut einzieht. Diverse Gifte können das auch. Der Kontakt mit Allererweltsstoffen wie Phenol, Anilin und Flusssäure kann tödlich sein! Der Hautkontakt mit Chemikalien gehört demnach zu den herausragenden Gefährdungen im Labor. Deshalb ist beim Arbeiten mit entsprechenden Stoffen das Tragen von Schutzhandschuhen Pflicht. (**BGI/GUV-I 8666** 8.2; (**DGUV Information 213-850** §§ 2; 4.5.3)

Handschuhe müssen richtig verwendet werden. Durch falsche Verwendung kann man sich mehr gefährden als wenn man ganz ohne Handschuhe arbeitet.

¹ Marktübliche Kunstfasern sind ungeeignet, wenn diese im Brandfall leicht schmelzen oder durch elektrostatische Aufladungen zur Zündquelle werden können (Siehe Kap. **5.2.3**).

- Wenn Handschuhe zu lange getragen werden, quillt die Haut auf. Das schweißig-feuchte Milieu begünstigt Hauterkrankungen (Ekzeme), die auch ansteckend sein können. Überdies kann die aufgequollene Haut von Chemikalien viel leichter durchdrungen werden.
- Wenn Sie die ganze Zeit mit Handschuhen herumlaufen und dabei alles anfassen, gibt es ganz schnell nichts mehr, was man noch ohne Handschuhe anfassen kann! Sie verteilen das, was Sie an Ihren Handschuhen haben und vor dem Sie sich schützen wollten, gleichmäßig im gesamten Labor!

Tragen Sie Handschuhe nur in dem Augenblick, wo Sie sie wirklich brauchen!

Das richtige Verwenden von Handschuhen bedeutet also, dass Sie die Handschuhe ständig an- und ausziehen müssen!

- **Tragen Sie nur Ihre eigenen Handschuhe! Markieren Sie Ihre eigenen Handschuhe in geeigneter Weise, um Verwechslungen auszuschließen!**
- **Halten Sie immer mindestens zwei Paar Handschuhe vorrätig, um verschwitzte Handschuhe wechseln zu können!**

Handschuhe schützen nicht vor jeder beliebigen Chemikalie! Vielmehr hat jedes Handschuhmaterial sein eigenes Resistenzspektrum.

Versuch:

*Je ein Einmalhandschuh aus **Latex** und **Nitril** wird für ein paar Minuten in Cyclohexan bzw. in Aceton eingetaucht. In Aceton quillt der Nitrilhandschuh stark auf und hat seine Reißfestigkeit völlig eingebüßt. In Hexan ist es umgekehrt der Latexhandschuh, der nicht beständig ist.*

Beachten Sie, dass es auch Fälle gibt, in denen das Handschuhmaterial ohne sichtbare Veränderungen der Materialeigenschaften von Chemikalien durchdrungen wird.

Für das Arbeiten im Praktikum wird nur ein **Spritz-Schutz** benötigt. Das heißt, dass es ausreicht, wenn das Handschuhmaterial für ein paar Minuten beständig ist.

- Vermeiden Sie auch mit Handschuhen, dass Ihnen Substanzen auf die Hände gelangen.
- Gehen Sie davon aus, dass die in der Regel verwendeten Latex-Handschuhe nur eine kurzzeitige Schutzwirkung haben und deshalb ersetzt werden müssen, wenn gesundheitsschädliche Chemikalien auf den Handschuh gelangt sind, die das Material durchdringen können, oder die die Materialeigenschaften verschlechtern.

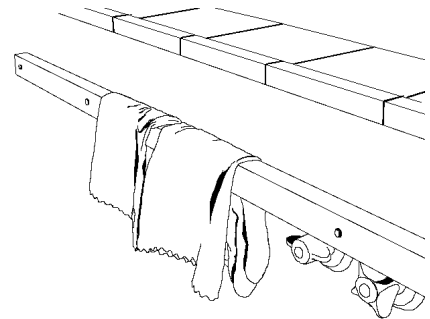
Die einwandfreie hygienische Beschaffenheit von Handschuhen lässt sich verlängern, indem man die Handschuhe außen reinigt. Das sieht komisch aus, aber man wäscht sich dazu die Hände mit angezogenen Handschuhen.

Die Schutzwirkung von Handschuhen lässt sich beträchtlich steigern, wenn 2 Handschuhe übereinander getragen werden, wobei man bei Bedarf sogar verschiedene Materialien kombinieren kann. Dazu zieht man erst einen dünnen Einmalhandschuh und darüber einen Handschuh mit normaler Wandstärke an.

Wenn Chemikalien auf die Handschuhe gelangt sind, müssen sie entscheiden, was zu tun ist: Die 3 Möglichkeiten sind: Ablüften lassen, verwerfen oder abwaschen.

Vergewissern Sie sich vor dem Anziehen der Handschuhe, dass diese intakt sind. Sind sie rissig, spröde oder reißt beim Anziehen ein Stück ab, so verwerfen sie die Handschuhe.

- Handschuhe können auch beim Lagern spröde werden. „Horten“ Sie deshalb keine Vorräte am Arbeitsplatz sondern besorgen Sie sich stets frische Ware.
- Legen Sie Handschuhe an einem hygienisch einwandfreien Platz ab, wenn diese noch verwendet werden können. Eine gute Möglichkeit ist das vor den Arbeitsflächen der Abzüge des Praktikums installierte Vierkantrohr, welches eigentlich zum Sichern von Stahlflaschen gedacht ist. Vorteil:



⇒ Die Handschuhe sind stets dort griffbereit, wo sie benötigt werden.

⇒ Sie sind luftig aufbewahrt und können deshalb gut ablüften.

2.5.3.2 Waschen der Hände

Waschen Sie sich die Hände bei jedem Verdachtsfall, sowie routinemäßig nach Arbeitsende. Sie können dazu die ausstehende Handseife verwenden. Verwenden Sie **keine Lösemittel** zum Reinigen der Haut. Die meisten Lösemittel entfetten die Haut stark, wodurch sie schnell stark geschädigt wird.

2.5.3.3 Cremes

Achten Sie auf gepflegte Hände! Rissige oder spröde Haut wird von Chemikalien leichter durchdrungen als intakte Haut. Gerade das häufige Händewaschen bewirkt ein schnelles Verspröden der Haut. Verwenden Sie zur Hautpflege ein übliches Haushaltsprodukt.

Cremen Sie die Hände vor Arbeitsbeginn mit der in den Praktikumsräumen ausstehenden Arbeitsschutzcreme ein! Diese Cremes haben spezielle Wirkungen, indem sie z.B. die Haut versiegeln oder das Aufquellen der Haut im Handschuh verzögern.

Beachten Sie, dass die Creme erst eingezogen sein muss, bevor Sie einen Handschuh anziehen. Die Creme-Bestandteile können sonst die Haltbarkeit des Handschuhs nachteilig beeinflussen.

2.5.4 Bekleidung

Was für den Kittel gilt, gilt auch für die gesamte Wäsche:

- Vermeiden Sie **Kunstfasern**, die durch elektrostatische Aufladung zur Zündquelle werden können. Sie sind dann so etwas wie ein wandelnder Gasanzünder!¹ Denken Sie dabei auch an Unterwäsche und Schuhe! Finden Sie die Ursache heraus, wenn Sie beim Anfassen von Türklinken o.ä. Funkenschlag verspüren und sorgen Sie für Abhilfe!
- Jedes mit Chemikalien kontaminierte Kleidungsstück muss sofort abgelegt werden. Halten Sie für den Notfall eine **komplette Garnitur Ersatzkleidung** im Garderobenschrank bereit! Sie könnten sonst äußerstenfalls in die Situation kommen, ganz ohne Bekleidung dastehen zu müssen!
- Rechnen Sie mit kleinen Bekleidungsschäden. Vermeiden Sie deshalb teure Bekleidung!
- Tragen Sie keine kurzen Röcke oder Hosen! (Sie wehren das ab, was der Kittel frei lässt.)
- Schuhe müssen trittsicher (keine hohen Absätze) und geschlossen (keine Sandalen) sein. (**DGUV Information 213-850** § 4.4.2) Durch offene Schuhe gelangen Chemikalien leicht auf die Strümpfe und können dort sehr lange auf die Haut einwirken.

2.6 Weitere Personenschutzmaßnahmen

- Tragen Sie lange Haare nicht offen! Diese können unbeabsichtigt in Chemikalien tauchen oder sich in Rührmotoren verheddern.
- Schwangere Frauen dürfen krebserzeugenden, fruchtschädigenden oder erbgutverändernden Stoffen nicht - allen übrigen Gefahrstoffen nur bei Unterschreitung des Arbeitsplatzgrenzwerts ausgesetzt sein. (**MuSchV** § 5) Stillende Mütter dürfen allen Gefahrstoffen nur bei dauerhafter Unterschreitung des Arbeitsplatzgrenzwerts ausgesetzt sein. (**MuSchV** § 5). Schwangerschaft oder Stillzeit müssen der Praktikumsleitung unverzüglich mitgeteilt werden.
- Verständigen Sie sich untereinander, wenn Sie Arbeiten durchführen, die über das „normale“ Gefährdungsmaß hinausgehen! (z.B. Gebrauch einer offenen Flamme) Dies gilt insbesondere, wenn Sie mit mehreren Praktikanten im gleichen Abzug arbeiten. (**DGUV Information 213-850** § 4.3.7)

¹ Die Gefahr ist besonders in den Wintermonaten wegen der dann trockeneren Heizungsluft groß.

- Zu Gefahrstoffen dürfen nur Fachkundige Personen Zugang haben. Betriebsfremde Personen - dazu zählen auch persönliche Freunde und Bekannte - dürfen sich deshalb nicht im gesamten Praktikumsbereich aufhalten. (**GefStoffV** § 10(3))

2.7 Sicherheitseinrichtungen

2.7.1 Abzüge

- Da fast alles, mit dem Sie arbeiten, Dämpfe entwickelt, müssen die Tätigkeiten in der Regel im Abzug durchgeführt werden! (**DGUV Information 213-850** § 4.11.1) An defekten Abzügen darf nicht gearbeitet werden. (Beachten Sie die Funktionsanzeige sowie das Windrädchen.) Der Frontschieber ist stets so weit und so oft wie möglich geschlossen zu halten.

Versuch:

Ein Gefäß mit warmem Wasser wird im Abzug mit flüssigem Stickstoff oder Trockeneis versetzt. (Schutzbrille!) Die dabei aufsteigenden Dampfschwaden bestehen aus harmlosem Wasserdampf. Bei geöffnetem Frontschieber gelangen beträchtliche Anteile des Dampfes in den Laborraum, besonders dann, wenn die Luft vor den Abzügen verwirbelt wird, z.B. indem man vor dem Abzug hin- und her läuft. Bei geschlossenem Frontschieber gelangt dagegen nichts nach draußen.

- Gehen Sie grundsätzlich davon aus, dass Heizbäder schädliche Dämpfe entwickeln¹. Benutzen Sie Bäder daher nur im Abzug, wo sie anschließend verbleiben müssen, bis sie abgekühlt sind.
- Arbeiten Sie im Stinkraum 36.16 oder im „Etherraum“ 36.01, wenn Sie mit starken Inhalationsgiften umgehen müssen. In beiden Räumen gibt es mehr Abzüge pro Laborfläche und damit einen höheren Luftdurchsatz als in normalen Laboratorien.

2.7.2 Weitere Sicherheitseinrichtungen

- Verstellen oder verhängen Sie keine Sicherheitseinrichtungen (Telefon, Feuerlöscher, Brause, Notausstieg). (**DGUV Information 213-850** § 4.18.1) Fluchtwege sind ständig freizuhalten. Hierzu zählen:

⇒ der gesamte Laborfußboden. (Stellen Sie keine Chemikalienbehältnisse oder Laborgeräte auf dem Boden ab! Zulässig sind nur Hocker, Trittleitern und Pumpstände.)

¹ Polyethylenglycol zersetzt sich bei Gebrauch, über die Lebensdauer eines Bades gelangt dort alles mögliche hinein, was nicht dort hinein gehört.

- ⇒ Der gesamte Flurbereich des Hauses. (Lassen Sie dort nichts herumstehen! Nur vorhandenes festgeschraubtes, nicht brennbares Mobiliar ist zulässig.)
- ⇒ Die umlaufenden Fluchtbalkone. (Stellen Sie keine Stühle zum Sonnen auf und hängen Sie keine Gegenstände zum Trocknen auf!)
- ⇒ Die Zufahrten zum Haus. (Benutzen Sie nur die ausgewiesenen Park- bzw. Abstellmöglichkeiten für Autos und Fahrräder!)
- Achten Sie darauf, alle Sicherheitseinrichtungen ständig funktionsfähig zu halten! Melden Sie defekte Geräte oder sonstige gefahrbringende Zustände unverzüglich Ihrem Assistenten!

2.8 Chemikalienbehältnisse

2.8.1 Hygiene

- Halten Sie Chemikalienbehältnisse so sauber, dass man diese ohne Handschuhe anfassen kann. Auch der Flaschenboden muss sauber sein. Bei Gebrauch kommt es oft dazu, dass Chemikalien auf die Außenseite des Gefäßes gelangen, z.B. der „letzte Tropfen“, der beim Umfüllen einer Flüssigkeit beim Absetzen außen entlangläuft. Wenn das nicht spontan von selbst verdunstet, machen Sie das anschließend weg, je nach Beschaffenheit z.B. mit Wasser oder mit einem lösemittelgetränkten Stück Zellstoff .
- Gießen Sie Flüssigkeiten aus Behältnissen stets so aus, dass das Flaschenetikett sich auf der Oberseite der gekippten Flasche befindet! Auf diese Weise kann der „letzte Tropfen“ nicht in das Flaschenetikett laufen. Außerdem ist dadurch zumindest eine saubere Seite des Behältnisses „vereinbart“.

2.8.2 Verschlüsse

Gefahrstoffe dürfen nur in dicht verschlossenen Gefäßen aufbewahrt werden. Geeignete Verschlüsse sind Schliffstopfen oder Schraubkappen. (**DGUV Information 213-850** 5.2.3) Achten Sie bei Schraubverschlüssen darauf, dass sie dicht schließen. Dies ist dann nicht der Fall,

- ⇒ wenn die Dichtung (meist in der Schraubkappe) fehlt oder defekt ist,
- ⇒ wenn die Flaschenöffnung beschädigt, z.B. angesprungen ist oder
- ⇒ wenn eine falsche Schraubkappe verwendet wurde.

Die zuletzt genannte Gefahr ist leider vor allem bei der Weiterverwendung von Originalflaschen der Chemikalienhersteller sehr groß, da häufig die sehr ähnlichen aber eben nicht völlig gleichen Ver-

schlusskappen verwechselt werden. In Raum 31.02 gibt es einen umfangreichen Deckelvorrat für den Fall, dass Sie einen passenden Deckel suchen.

- PARAFILM® ist kein Allheilmittel für defekte oder nicht passende Deckel. Geheilt werden kann das Problem nur durch den richtigen und passenden Deckel!

2.8.3 Flaschenmaterialien

- Chemikalienbehältnisse müssen resistent gegen den eingefüllten Stoff sein. Insbesondere lösen organische Lösungsmittel viele Kunststoffe oder führen bei längerem Kontakt zu deren Versprödung. (**DGUV Information 213-850** 4.9.1). Der Inhalt versprödeter oder sogar schon aufgerissener Kunststoffbehältnisse muss sofort umgefüllt werden.
- Plastikspritzflaschen mit leicht verdampfbarem Inhalt neigen zum unbeabsichtigten Verspritzen der Flüssigkeit, weil durch die verdampfende Flüssigkeit insbesondere in warmer Umgebung ein dazu ausreichender Überdruck erzeugt wird. Zu vermeiden ist dies am besten, indem die Verschlusskappe bei Nichtbenutzung etwas gelockert wird. Verwenden Sie Spritzflaschen nur dann, wenn der Inhalt auch tatsächlich zum Verspritzen bereitgehalten werden soll!

2.8.4 Stellflächen und Örtlichkeiten

- Alle leicht entzündlichen Chemikalien sind in den dafür vorgesehenen Sicherheitsschrank einzustellen. (**DGUV Information 213-850** 4.15.1) In diesem Sicherheitsschrank dürfen keine giftigen, brandfördernden, bei Kontakt mit Wasser oder Luft selbstentzündlichen oder entzündliche Gase abspaltenden Stoffe (z.B. Natrium) aufbewahrt werden. Vermeiden Sie es, den Schrank unnötig mit nicht brennbaren Chemikalien (z.B. wässrige Lösungen) voll zu stellen!
- Zur Aufbewahrung sonstiger Dämpfe entwickelnder Chemikalien (z.B. Salzsäure) stehen unter jedem Abzug dauerabgesaugte Schrankfächer zur Verfügung.
- Gefährliche Arbeitsstoffe dürfen nur so hoch gelagert werden, dass sie sicher abgestellt und entnommen werden können. (**DGUV Information 213-850** 4.9.2) Verwenden Sie die ausstehenden Tritte, wenn die Gefäße für Ihre Körpergröße zu hoch abgestellt sind. Dies gilt auch für die Bedienung hoher Reaktionsapparaturen. (**DGUV Information 213-850** 5.2.1.3)

2.8.5 Transport von Chemikalien

- Tragen Sie Flaschen niemals am Verschluss, schwere Flaschen auch nicht am Hals! Der Flaschenverschluss kann abreißen, wenn die Flasche sehr schwer ist (Eine volle 1-l-Bromflasche

wiegt etwa 3,5 kg!), oder der Verschluss defekt ist oder nicht zu der Flasche passt. Die Flasche fällt dann auf den Boden während Sie nur noch den Deckel in der Hand halten! Schwere Flaschen sind beim Transport auch am Boden zu unterstützen. (**DGUV Information 213-850** 4.10.3) Beim Transport über Laborgrenzen hinweg verwenden Sie die dafür vorgesehenen in jedem Labor ausstehenden Eimer oder die vorhandenen Transportkarren!

- Chemikalien dürfen in **Fahrstühlen** niemals zusammen mit Personen befördert werden. Sie können jedoch ohne weiteres z.B. größere Chemikalienmengen auf einem Wagen **separat** durch den Fahrstuhl transportieren lassen. Das Verbot gilt ganz besonders auch für erstickende Gase, z.B. flüssigen Stickstoff.

2.8.6 Kennzeichnung

Werden Substanzen innerbetrieblich¹ **vollständig gekennzeichnet**, so sind folgende Angaben zu machen:

- **Vollständiger Substanzname**, bei Lösungen auch die **Konzentration**
Es dürfen keine Formeln oder Abkürzungen verwendet werden.
- **H-/P-Sätze** sowie zutreffende **Piktogramme** sowie das zutreffende **Signalwort** („Achtung“ oder „Gefahr“)

Füllen Sie möglichst keine Gebinde um! Wenn das Umfüllen unumgänglich ist, zum Beispiel wegen einer Beschädigung des Gefäßes, fragen Sie bei der Praktikumsleitung nach einem neuen Etikett. Der Praktikumsleitung steht eine Software zur Verfügung, mit der Etiketten mit allen erforderlichen Angaben leicht ausgedruckt werden können.

Wenn Sie verderbliche Substanzen **aufgereinigt** und abgefüllt haben (Beispiele: Aufgereinigte Lösemittel, aufgereinigter Benzaldehyd), sollten Sie das Gefäß zusätzlich mit Ihrem **Namen** und dem **Datum** der Abfüllung versehen. Insbesondere das Datum gibt später Hinweise, ob die eingefüllte Substanz noch den Qualitätskriterien entspricht.

In einer Multiuserumgebung wie einem Praktikum ist darüber hinaus die Angabe des **Standortes** zweckmäßig. In der Regel wird dies von der Praktikumsleitung veranlasst. Sie dürfen aber gern auch selbst mit darauf achten.

Die innerbetriebliche Kennzeichnung richtet sich nach der Gefährdungsbeurteilung². Verfahren Sie wie folgt:

Apparaturen

kennzeichnen Sie bitte mit dem dafür vorgesehenen **Vordruck**. Die wichtigste Angabe dabei ist die Identifizierbarkeit. (**Wer** betreibt die Apparatur und **was** ist drin.) Da es sich bei Reaktionen um Gemische handelt, brauchen Sie die zutreffenden Piktogramme nur nach Plausibilitätskriterien anzukreuzen. Wenn Sie Chemikalien mit besonders hohem Gefahrenpotential verwenden müssen, finden Sie im Versuchsskript einen zusätzlichen Warnhinweis, den Sie bitte ausfüllen und zusätzlich am Abzug anbringen.

Fertige Präparate

kennzeichnen Sie bitte mit den dafür vorgesehenen herunterladbaren (im Blackboard) **Etiketten**. Da die Präparate in den Fläschchen nicht verbleiben, sondern entweder zu weiteren Verwendung umgefüllt oder von den Assistenten/innen weiter bearbeitet werden, befinden sich die als Präparat abgegebenen Substanzen immer noch „im Arbeitsgang“ weshalb eine Kennzeichnung nicht zwingend vorgeschrieben ist.

- Stellen Sie sicher, dass die Beschriftung dauerhaft ist! Das Beschriften der Gefäße mit Filzschreibern ist **nicht dauerhaft**. Verwenden Sie grundsätzlich Etiketten zum Beschriften! Für Ihre Präparate stehen **Formulare** mit zum Herunterladen zur Verfügung. Befestigen Sie diese Etiketten mit dem im Assistentenraum ausstehenden Klarsichtfilm!
- Überkleben Sie keine vorhandenen Etiketten mit Ihren eigenen! Wenn sich Ihr Etikett durch einen misslichen Umstand ablöst, kommt die ursprüngliche – jetzt falsche - Beschriftung wieder zum Vorschein.
- Beschriften Sie keine Etiketten um! Verwenden Sie stattdessen ein neues Etikett!
- Verwenden Sie zum Beschriften keine leicht abwaschbaren Tinten! Eine sehr dauerhafte Beschriftung ergibt das Beschriften des Etiketts mit Bleistift und anschließendes Überkleben mit Klarsichtfolie.
- Verwenden Sie die Gefahrenkennzeichnung sachgerecht, also nur dann, wenn die ausgewiesene Gefahr tatsächlich gegeben ist! „Dekorieren“ Sie nicht „zum Spaß“ Kittel, Bücher etc. mit GHS-Piktogrammen! Von leeren gfls. gereinigten Gefäßen ist die Gefahrenkennzeichnung zu entfernen oder dauerhaft unkenntlich zu machen³.

¹ In der **TRGS** 201 heißt es: „Bei Tätigkeiten“

² Die Gefährdungsbeurteilung müssen Sie nicht selbst machen. Das ist Sache der Praktikumsleitung. Es geht im Kern darum, dass gemäß **TRGS** 201 eine Gefährdungsbeurteilung ergeben kann, dass bei der innerbetrieblichen Verwendung eine vollständige Kennzeichnung nicht erforderlich ist.

³ Wenn Sie die Flasche längere Zeit in Wasser einweichen, lässt sich das Etikett im allgemeinen leicht ablösen.

2.9 Reaktionsapparaturen

2.9.1 Allgemeines

- Jede Apparatur muss zum Druckausgleich mindestens eine Öffnung nach draußen haben. Achten Sie auf die Durchlässigkeit von Trockenrohren! (**DGUV Information 213-850** 5.2.6.3)
- Saugen Sie mit einer Membranpumpe die Kühlwasserreste aus den Kühlwendeln von Dimrothkühlern, bevor sie diese im Trockenschrank ausheizen. Andernfalls sind Siedestöße in den Kühlwendeln möglich, die lokal so hohe Drücke erzeugen können, dass die Wendel reißt. Wenn Sie derart defekte Kühler verwenden, tropft Ihnen Wasser in die Reaktionsmischung!

2.9.2 Beheizung

Im Praktikum werden ausschließlich Bäder zum Beheizen verwendet. Bäder haben den Vorteil, auf eine definierte Temperatur einstellbar zu sein und ermöglichen einen hohen und trotzdem gleichmäßigen Wärmefluss, der sich außerdem exakt auf die Eintauchtiefe des beheizten Rundkolbens begrenzen lässt.

- **Polyethylenglycol (PEG)**

ist das Standardheizbad im Praktikum. Es hat den großen Sicherheitsvorteil, mit Wasser mischbar zu sein. Gelangt Wasser in das heiße Bad, führt das lediglich zum Aufkochen aber nicht zum Verspritzen heißer Flüssigkeit. Polyethylenglycol hat einen Flammpunkt von ca. 250 °C, kann also bis etwa 230 °C verwendet werden. Wenn ein PEG-Bad bereits kurz oberhalb von 100 °C zu rauchen anfängt, liegt die Ursache in der Regel daran, dass das – etwas hygroskopische – PEG Wasser aufgenommen hat, welches jetzt abdampft.

- **Siliconbäder**

können im Assistentenraum (31.05) ausgeliehen werden. Sie werden in größeren Sicherheitstöpfen bereitgehalten, die nicht vom Magnetrührer herunterrutschen können. Es können damit also größere Kolben beheizt werden. Silicon ist immer dann zu verwenden, wenn die verwendeten Reagentien, z.B. Trockenmittel heftig mit Polyethylenglycol reagieren würden.¹ Nachteil der Siliconbäder: Sie sind nicht mit Wasser mischbar. Wird über 100 °C aufgeheizt, ist also Wasser strikt auszuschließen. Insbesondere darf für Kühlwasseranschlüsse nur intaktes Schlauchmaterial (keine rissigen Schläuche) verwendet werden, welches an den Anschlüssen sicher befestigt sein muss (ggf.

¹ Sie haben bei Ihren Versuchsaufbauten immer auch den Havariefall vorausschauend mit zu betrachten. Dies ist hier ein möglicher Kolbenbruch.

Schellen verwenden). Silicon kann bis etwa 250 °C verwendet werden. Überhitztes Silicon geliert und ist dann verdorben.

Elektrische Heizquellen sind träge. Kochen Ihnen zu Hause die Kartoffeln über, ziehen sie den Topf vom Herd. Auch Laborapparaturen müssen jederzeit von der Beheizung zu trennen sein. Da Laborapparaturen fest eingespannt sind, muss hier umgekehrt die Heizquelle durch die Verwendung einer Hebebühne abgesenkt werden. Hebebühnen sind Verschleißartikel. Mindestens eine Hebebühne der Grundausstattung muss stabil genug sein, um Magnetrührer und Heizbad kippelfrei tragen zu können. Tauschen Sie ausgeleierte Hebebühnen in Raum 31.02 aus!

2.9.3 Beaufsichtigung

- Apparaturen sind im Labor so zu beaufsichtigen, dass keine unkontrollierten Prozesse ablaufen. Eine ständige Kontrolle ist z.B. erforderlich,
 - ⇒ beim Anheizen,
 - ⇒ beim Zusammenfügen von Reaktanden (z.B. durch Zutropfen),
 - ⇒ beim Abdestillieren, insbesondere wenn sich gefährliche Rückstände bilden können (z.B. Trockenmittel oder Peroxide)
 - ⇒ beim Quenchen von Reaktion.
- Apparaturen, in denen z.B. eine Reaktion durch längeres Sieden vervollständigt wird, erfordern dagegen nur eine gelegentliche Kontrolle, wobei jedoch jemand im Labor anwesend sein soll. Sie dürfen in so einem Fall die Beaufsichtigung der Apparatur auch jemand übertragen, um z.B. eine Mittagspause zu machen¹. Beachten Sie, dass Sie den Versuch ansonsten selbstständig durchzuführen haben und deshalb nur die Beaufsichtigung in dem Maße übertragen dürfen, wie dies unumgänglich ist.

Unter folgenden Voraussetzungen dürfen Apparaturen im Labor über Nacht laufen:

- Es wird nicht geheizt sondern nur gerührt und es ist keine Kühlung notwendig.
- Es laufen keine exothermen Reaktionen ab und es ist nicht mit Verdampfungsverlusten zu rechnen.

Treffen diese Voraussetzungen zu, so ist folgendes zu veranlassen:

- Die Apparatur muss sich in einem ansonsten vollkommen leeren 24-h-Abzug befinden. Insbesondere dürfen keine weiteren Lösemittel dort abgestellt sein.

¹ Rechtlich gesehen handelt es sich dabei um eine Übertragung der Verantwortung.

- Die Rührgeschwindigkeit ist so einzustellen, dass der Magnetrührkern nicht taumelt und dabei gegen den Kolben schlägt.
- Unter den Kolben wird eine Plastischale untergestellt, die im Falle des Kolbenbruchs den gesamten Inhalt auffangen kann.
- Der Kolben wird fest verschlossen. Falls eine Druckentlastung notwendig ist, wird ein Gasableitungsrohr aufgesetzt und falls nötig ein bis in den Abzugschacht hineinreichender Schlauch angeschlossen.

Treffen die genannten Voraussetzungen nicht zu, so ist im Nachtlabor zu arbeiten. (Siehe Kap. [6.1](#))

3 Entsorgung von Chemikalien

3.1 Allgemeines

- Das Sammeln der Abfälle unterliegt den Auflagen des Gesetzgebers und des Entsorgungsunternehmens. Es gelten immer die aktuellen Bekanntmachungen der Materialverwaltung.
- Chemikalien dürfen nicht in die Hausmüllbehälter unter den Waschbecken gegeben werden.
- Alle Behältnisse zum Sammeln von Abfällen müssen außen so sauber sein, dass man sie ohne Handschuhe anfassen kann. Reinigen Sie, falls erforderlich, hierzu mit einem geeigneten Lösungsmittel!
- Entsorgen Sie nicht mehr benötigte Substanzreste unverzüglich! Später können Sie sich an den Inhalt nicht mehr genau erinnern und andere wollen das wegen möglicher Risiken sowieso nicht anfassen. Stellen Sie sicher, dass sich am Ende Ihrer Arbeit alle verwendeten Geräte und Gefäße wieder in Ihrem Besitz befinden!
- Entsorgen Sie Abfälle mit ökologischem Sachverstand! Verdünnen Sie hochkonzentrierte Abfälle nicht mit ökologisch Unbedenklichem! Schutzhandschuhe gehören normalerweise in den Hausmüll.¹ Sofern das in kleiner Menge zum Trocknen einer etherischen Lösung verwendete Natriumsulfat nach dem Abfiltrieren und Nachwaschen nach Beurteilung aller Umstände offensichtlich keine bedenklichen Anhaftungen von Chemikalien enthält, kann es nach dem Ablüften des Lösungsmittels ins Abwasser gegeben werden. Trifft für den verwendeten Filter das gleiche zu, so kann dieser in den Hausmüll gegeben werden.
- Stellen Sie sicher, dass in alle Sammelgefäße ausschließlich die deklarierten Inhalte gegeben werden! Überlegen Sie, was es für einen Aufwand bedeutet, ein falsch befülltes Gefäß in einen abgabefähigen Zustand zu versetzen! Ziehen Sie Ihren Assistenten zu Rate, wenn Sie unsicher sind!

3.2 Informationsquellen

- Im Praktikum können Sie neben den grundsätzlichen Angaben in diesem Skript die folgenden Informationsquellen nutzen:
 - ⇒ Für jede im Grundpraktikum verwendete Substanz:
Die in jedem Labor aushängende Gefahrstoffliste

¹ Sie sollten es im Normalfall nicht so weit kommen lassen, dass Ihre Handschuhe als Sonderabfall entsorgt werden müssen!

⇒ Gfls. spezielle Entsorgungsvorschriften für Einzelchemikalien im Praktikum:

Die Versuchsskripten

⇒ Sonderabfallregelungen des Instituts:

<http://www.bcp.fu-berlin.de/chemie/chemie/sicherheit/entsorgung/>

Eine Liste der ausstehenden Sammelgefäße finden Sie in Raum 36.16.

3.3 Abfälle, die ins Abwasser gegeben werden dürfen

Die nachfolgenden Chemikalien dürfen in laborüblichen Mengen ins Abwasser gegeben werden. Die „laborübliche Menge“ wird durch die ([DGUV Information 213-850](#) 3.3.3) definiert. Für die nachfolgend unter a) und b) genannten Substanzen sind das maximal ein Kilogramm. Bitte beachten Sie, dass Vermengungen mit gefährlicheren Stoffen eine Sonderabfallentsorgung erforderlich machen können.

a. Leichtmetallsalze oder ihre wässrigen Lösungen:

- Natriumchlorid
- Natriumsulfat
- Magnesiumsulfat
- Calciumchlorid
- Natriumcarbonat
- Technisches Salz für Kältemischungen

b. Säuren und Basen:

- Salzsäure
- Bromwasserstoffsäure
- Schwefelsäure
- Salpetersäure
- Essigsäure
- Natriumhydroxid/Natronlauge
- Kaliumhydroxid/Kalilauge

Verdünnen Sie konzentrierte Säuren oder Basen vor der Abgabe in das Abwasser, damit keine Rohrleitungen durchgeätzt werden¹. Spülen Sie aus dem gleichen Grund mit reichlich Wasser nach!

3.4 Entsorgung von Gasen

Saure Reaktionsgasen, wie HCl oder HBr werden entweder in Natronlauge aufgefangen oder im Kühlwasser der Apparatur gelöst. Da sich diese Gase sehr heftig und rasch in Wasser lösen, muss die

¹ Eine exakte Neutralisation ist nicht nötig, da die Abwässer vor der Übergabe in das Kanalisationsnetz automatisch neutralisiert werden.

Rückhaltevorrichtung so gebaut sein, dass kein Wasser zurücksteigen kann. Entsprechende Hinweise finden Sie unter

http://www.bcp.fu-berlin.de/chemie/chemie/sicherheit/entsorgung/einzelchemikalien/saure_gase.html

3.5 Entsorgung von Lösemittelabfällen und anderen organischen Substanzen

Es sind die folgenden Lösemittelabfälle zu unterscheiden:

- halogenfreie Lösemittelabfälle (Entsorgungskosten: 1,10 €/kg¹)
- halogenhaltige Lösemittelabfälle (Entsorgungskosten: 1,22 €/kg)

Lösemittelabfälle werden verbrannt. Halogenhaltige Lösemittel erfordern dabei wegen der entstehenden Halogenwasserstoffsäuren eine aufwändigere Rauchgaswäsche. „Halogenfreie“ Lösemittelabfälle dürfen nur einen extrem geringen Halogengehalt aufweisen. Im Praktikum werden zwar in der Regel keine halogenhaltigen Lösemittel verwendet. Trotzdem sind die erzeugten Abfälle halogenhaltig, weil sie gelöste halogenhaltige Substanzen enthalten.

Die Lösemittelabfälle des Praktikums müssen deshalb grundsätzlich als halogenhaltiger Lösemittelabfall entsorgt werden!

Beachten Sie beim Sammeln der Abfälle folgendes:

- Verwenden Sie ausschließlich die dafür vorgesehenen Behälter! Etikettieren Sie ausschließlich mit dem dafür vorgesehenen Etikett
- Überfüllen Sie die Behälter nicht. („Das bisschen von mir geht auf jeden Fall auch noch rein.“)
- Geben Sie volle Behälter unverzüglich in der Materialverwaltung ab. Unnötig herumstehende volle Behälter schaffen ein hohes Brandpotential!
- Die Lösemittelabfälle dürfen auch gelöste organische Stoffe enthalten. Machen Sie von dieser Möglichkeit der Entsorgung organischer Feststoffe ausgiebig Gebrauch! Das Auflösen fester organischer Abfälle in den Lösemittelabfällen ist die preisgünstigste und sicherste Entsorgung. „Sicher“ deswegen, weil die Inhaltsstoffe des Abfalls innerhalb kurzer Zeit ausreagiert haben².

¹ Alle hier und im folgenden genannten Entsorgungskosten entsprechen dem Stand 2014.

² Gefühlsmäßig wäre es Ihnen vielleicht lieber, wenn da nichts abreagiert. Bedenken Sie, dass das alternative Zusammengeben von Feststoffabfällen viel problematischer ist, weil mögliche Reaktionen wegen des Fehlens eines vermittelnden Lösemittels heimtückisch erst nach Stunden oder gar Tagen – auf jeden Fall dann zum falschen Zeitpunkt, völlig unerwartet und wegen der akkumulierten Menge auch sehr heftig einsetzen. Da immer nur kleine Mengen in den Lösemittelabfall gegeben werden, werden ablaufende Reaktionen in der Regel unmerklich sein.

- Geben sie keine noch reaktionsfähigen Stoffe oder Gemische ohne vorhergehende Deaktivierung in den Abfall¹! Eine milde Wärmetönung reicht bereits aus, um niedrig siedende Lösemittel (Ether!) abdestillieren zu lassen.
- Verschließen Sie den Sammelbehälter während der Sammelphase nicht fest, um einen Druckstau zu verhindern. Lassen sie andererseits nicht unnötig offen stehen. Dies begünstigt unerwünschte Verdunstungsverluste. Legen oder drehen Sie also den Deckel lose auf!
- Entsorgen Sie Ihre Abfälle möglichst nicht am Ende des Praktikumstages, damit der Sammelbehälter nach der Zugabe noch unter Aufsicht bleibt.

Wenn Sie ein volles Gefäß in der Materialverwaltung abliefern wollen, stellen Sie sicher, dass der Inhalt ausreagiert hat. Verschließen Sie fest, drehen und kippen Sie dann das Gefäß ein paar Mal hin und her, damit sich der Inhalt gut durchmischt. Stellen Sie dann wieder aufrecht hin und lassen Sie noch einen Tag mit leicht angedrehtem Deckel (Druckentlastung!) stehen. Dann wird fest verschlossen und in der Materialverwaltung abgegeben.

Ethanol und Aceton können im Regelfall als sog. „Spülol“ immer wieder durch Destillation am Rotationsverdampfer recycelt werden. Geben Sie diese Stoffe daher möglichst nicht in die Abfallbehältnisse.

3.6 Wässrige Lösungen

Wässrige Lösungen werden wie die organischen Lösemittel durch Verbrennung entsorgt. Da sie selbst nicht die Energie liefern können, um die erforderliche Verbrennungstemperatur von 1200 °C zu erreichen² und also durch andere Energiequellen entsprechend geheizt werden muss, ist die Entsorgung solcher Abfälle besonders kostenintensiv und auch ökologisch wegen des hohen Ressourceneinsatzes problematisch.

Überlegen Sie also drei Mal, ob die Entsorgung ins Abwasser nicht die ökologisch günstigere Alternative ist.³ Ist das Wasser z.B. nur mit Leichtmetallsalzen verunreinigt, ist die Entsorgung ins Abwasser auf jeden Fall besser. Problematischer sind Mischungen mit wassermischbaren organischen

¹ Die im Praktikum aus den Versuchen übrig bleibenden Reaktionsmischungen sind in der Regel ausreagiert und können – wenn nichts anderes in den Versuchsskripten vermerkt ist - ohne Bedenken in den Lösemittelabfall entsorgt werden.

² Diese Temperatur ist notwendig, weil sich sonst bei der Verbrennung Dioxine bilden können.

³ Sie werden das bei den laborüblichen Kleinabfällen nur „nach Gefühl“ beurteilen können – es gibt keinen Kriterienkatalog, der Ihnen bei der Entscheidung helfen kann. Diskutieren Sie Ihr „Gefühl“ mit den Assistenten!

Substanzen, wobei ein „Naturprodukt“ (z.B. Essigsäure) wiederum unproblematischer ist als „Chemie“ (z.B. Pyridin).

- **Belastete Wässer werden mit in die Lösemittelkanne entsorgt.**

Vom derzeitigen Entsorgungsunternehmen werden wässrige Beimengungen in geringer Menge in den Lösemittelabfällen toleriert und es hat bis jetzt noch keine Beanstandungen gegeben.

- **Geben Sie keine carbonathaltigen wässrigen Lösungen in die Lösemittelabfälle! Durch langsame Hydrolyse von z.B. Halogenalkanen kann der pH-Wert auch nach längerer Standzeit so weit fallen, dass CO₂ und damit Druck entwickelt wird, der den verschlossenen Behälter zum Platzen bringen kann!**

3.7 Betriebsmittelabfälle

Betriebsmittelabfall sind alle Dinge, die für sich genommen nicht als Sonderabfall zu entsorgen wären, jedoch wegen anhaftender Chemikalien als Sonderabfall zu entsorgen sind. Die nachfolgend genannten Dinge sind also nur dann als Betriebsmittelabfall zu entsorgen, wenn es tatsächlich solche Anhaftungen oder Vermengungen gibt.

- Filterpapiere
- Fließpapier (Zellstoff)
- Trockenmittel (Natriumsulfat, Calciumchlorid) Die Trockenmittel dürfen keine Lösungsmittel mehr enthalten!
- Sonstige Gebrauchsmaterialien, z.B. DC-Karten

Alle vorgenannten Dinge dürfen keine reaktionsfähigen Chemikalienrückstände haben. Beispiel:

- Filter, mit denen Natrium oder Hydride abfiltriert worden sind, dürfen erst nach vollständigem Eintauchen in Wasser entsorgt werden.

Reaktionsfähige Feststoffabfälle können mit heimtückischer Verzögerung reagieren.

Da die Betriebsmittel von Hand umgepackt werden, dürfen Sie keine spitzen oder scharfen Gegenstände enthalten. Für Kanülen und Glasabfälle stehen gesonderte Sammelbehältnisse zur Verfügung. (Siehe Kap. [3.12](#) und [3.13](#).)

3.8 Brom

Brom ist ein sehr starkes Ätz- und Atemgift und darf daher nur unter dem Abzug gehandhabt werden. Brom ist sehr schwer, daher vergewissern Sie sich **vor** dem Abmessen, dass Sie auch die kleine Flasche ruhig und sicher halten können! Brom lässt sich wegen seines hohen Gewichtes und seines hohen Dampfdruckes kaum pipettieren und muss daher im Messzylinder abgemessen werden. **Keine Spritzen oder (Pasteur-)Pipetten verwenden!** Während der gesamten Reaktionsvorbereitung müssen **dicke Handschuhe** getragen werden!

Wenn Brom auf die Haut kommen sollte, muss diese sofort mit gesättigter $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ -Lösung behandelt werden. Vor Versuchsbeginn ist davon eine Flasche mit mindestens 500 mL vor dem Abzug bereitzustellen. Auch alle Abfälle und Geräte, die Brom enthalten können, müssen mit $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ -Lösung behandelt werden.

Brom wird mit einem Reduktionsmittel zum Halogenid reduziert und darf danach ins Abwasser gegeben werden. Das als Reduktionsmittel oft empfohlene Thiosulfat gibt bei der Reaktion Schwefel als unlöslichen Niederschlag. Mit Sulfit- oder Hydrogensulfit-Lösungen werden dagegen nach der Desaktivierung klare Lösungen erhalten. Da die bei der Reaktion entstehende Bromwasserstoffsäure zu einer unerwünschten Entwicklung von Schwefeldioxidgasen führen kann, verhindert man bei größeren Mengen eine zu starke Versauerung zweckmäßig durch Zugabe von Natronlauge. Zur Entfernung von Bromdämpfen in Gefäßen werden diese vor den Abzugsschacht hingelegt.

In den Abzügen, in denen mit Brom gearbeitet wird darf auf **keinen Fall** eine Aceton-Spritzflasche stehen! (Warum?)

3.9 Natrium

Natrium ist mit Alkohol zu desaktivieren.

Versuch:

Jeweils eine kleine Menge Natrium wird in einer Schale in die Lösungsmittel Butanol, Ethanol und Wasser gegeben. Mit Butanol ist die Reaktion nur sehr träge. Mit Ethanol ist sie dagegen lebhaft. Mit Wasser ist sie sehr heftig. Vor allem, wenn Verunreinigungen oder das Natrium selbst zum Aufglühen kommen, sind Explosionen durch das gebildete Wasserstoffgas möglich. Der Explosionsdruck kann so heftig sein, dass das Schälchen dabei auseinander bricht.

Natrium ist immer in überschüssigen Alkohol einzutragen, weil sonst die Mischung dickflüssig wird und die Kühlung des Metalls ausbleibt: Es glüht dann auf und kann eine Entzündung des entwickelten

Knallgasgemisches verursachen. Arbeiten Sie in einem trockenen und gut ziehenden Abzug (*Wasserstoffentwicklung!*)! Kühlen Sie nicht mit einem Wasser-oder Eisbad¹. Zündquellen (*Magnetrührer!*) dürfen nicht den entwickelten Gasen ausgesetzt sein! Verwenden Sie vorzugsweise einen Rundkolben mit aufgesetztem Rückflusskühler und Gasableitung direkt in den Abzugschacht! Stellen Sie eine Schale oder eine Schüssel unter, wenn Sie mit offenen Gefäßen arbeiten müssen. Dies verhindert, dass bei einer unbeabsichtigt zu stürmisch verlaufenden Reaktion der Gefäßinhalt auf die Arbeitsfläche oder in die Wassereinläufe quillt und dort zündet.

Bitte beachten Sie:

- Die beim Vernichten des Natriums erhaltene Alkoholatlösung ist ein überaus nützliches Mittel zur Desaktivierung verschiedener Stoffe. (z.B. Iodmetan, Dimethylsulfat, Benzylhalogenide) Es ist deshalb zum Entsorgen viel zu schade und wird extra gesammelt. (Sammelbehälter in Raum 31.05). Falls dennoch entsorgt werden soll, muss die Mischung zuvor filtriert werden, um ev. vorhandene Natriumnester abzutrennen². Der zurückbleibende Filter kann erst nach vollständigem Eintauchen in Wasser entsorgt werden.

3.10 Hydride und Metallalkyle

Im Praktikum kommen insbesondere vor:

- Lithiumaluminiumhydrid, Natriumborhydrid, Calciumhydrid
- *n*-Butyllithium (25 %ige Lösung in Hexan)

Die genannten Stoffe reagieren mehr oder weniger heftig mit Wasser. Ökologisch günstiger ist die Desaktivierung mit Wasser dennoch. Da in der Regel nur verdorbene, also schon aktivitätsgeminderte Chargen entsorgt werden, ist das oft auch eine praktikable Möglichkeit. Geben Sie vorsichtig portionsweise in Wasser³. Ist Ihnen das Reaktionsgeschehen zu unheimlich, besprechen Sie das weitere Vorgehen mit Ihrem Assistenten. Sofern Niederschläge entstehen, können diese mit etwas Salzsäure wieder in Lösung gebracht werden. Anschließend kann ins Abwasser entsorgt werden.

- Beachten Sie, dass die *n*-Butyllithium-Lösung Hexan enthält, welches vor der Entsorgung abgetrennt werden muss.

¹ Die Reaktion im Falle eines Kolbenbruchs wäre verheerend! Überdies bleibt eine erwärmte Mischung länger dünnflüssig als eine kalte. Es mag paradox klingen, aber die warme Mischung kühlt das Natrium also u.U. besser als die kalte.

² Oxidkrusten können kleine Metallreste einschließen und zunächst vor einer Reaktion mit der Umgebung schützen.

³ *n*-Butyllithium ist auch in höher konzentrierten Lösungen erhältlich, die erheblich brisanter sind und sich deshalb nicht mehr durch einfaches Eintragen in Wasser entsorgen lassen.

- Teilweise verdorbene Hydride, die für einen stöchiometrischen Einsatz nicht mehr taugen, können immer noch problemlos als Trockenmittel zur Absolutierung bestimmter Lösemittel verwendet werden. Besprechen Sie die weitere Verwendung mit Ihrem Assistenten.

3.11 Quecksilber

Quecksilber wird immer gesondert von allen anderen Abfällen gesammelt! Eine Vermengung mit anderen Abfallarten muss unter allen Umständen vermieden werden. Es werden gesondert gesammelt:

- **Thermometerbruch**

Versuchen Sie aus Kostengründen, quecksilberfreies Glas von quecksilberbehaftetem Glas zu trennen, soweit dies durch grobes Auslesen möglich ist. Thermometer lassen sich in der Regel mit einer Glasfeile anritzen, so dass sie in eine quecksilberhaltige untere Hälfte und in eine quecksilberfreie obere Hälfte geteilt werden können. Für Thermometerbruch steht ein gesondertes Entsorgungsgefäß zur Verfügung.

- **Freigesetztes Quecksilber**

In der Regel stammt dieses Quecksilber auch aus Thermometerbruch. Es wird nach Aufsammeln gemäß Kap. 4.2.2 in einem gesonderten Gefäß gesammelt

- **Quecksilberhaltiger Bodenkehricht**

Freigesetztes Quecksilber, welches sich auf dem Fußboden derart mit weiterem Bodenkehricht vermengt hat, dass eine Trennung nicht mehr möglich ist. Es wird in einem gesonderten Entsorgungsgefäß gesammelt.

3.12 Diverse Einzelchemikalien

Einige weitere Chemikalienabfälle können nicht nach den vorstehend genannten Kategorien entsorgt werden. Sie werden deshalb als Einzelchemikalie entsorgt. Im Praktikum handelt es sich dabei vor allem um:

- gebrauchte Heizbadflüssigkeiten
- Chromatographiehilfsmittel (Kieselgel, Aluminiumoxid)
- verschiedene anorganische (Schwermetall-) Verbindungen

Die Sammelgefäße befinden sich in Raum 36.16. Sie finden dort eine Liste mit den vorhandenen Sammelgefäßen. Anweisungen, bei welcher Gelegenheit Abfälle in diese Gefäße zu entsorgen sind, finden Sie in den Versuchsskripten.

Die Entsorgungskosten für Einzelchemikalien betragen 1,30 €/kg. Beachten Sie, dass dabei das Bruttogewicht berechnet wird also Inhalt + Flasche!

- Geben Sie nur dann Abfälle in die Sammelgefäße, wenn es sich wirklich überwiegend um diesen Abfall handelt! Handelt es sich eher um Filterpapier „mit ein bisschen was dran“, so kann preiswerter als Betriebsmittelabfall gemäß Kap. 3.7 entsorgt werden.
- Sollten Sie neben den ausstehenden Sammelgefäßen einmal selbst ein Abfallsammelbehältnis aufstellen wollen, so tun Sie dies bitte nur nach Rücksprache mit Ihrem Assistenten¹. Verwenden Sie ein Kunststoffgefäß mit weitem Hals! Quetschen Sie keine pampnenbehaftete Filter in Enghalsgefäße!

3.13 **Glasabfälle**

Es gibt 3 verschiedene Sorten von Glasabfällen:

- sauberes Flaschenglas
- sauberes Laborglas
- verunreinigte Gläser (egal welcher Art, auch verunreinigtes Porzellan kann hier entsorgt werden.)
(Entsorgungskosten: 0,32 €/kg)

Es ist ökonomisch sinnvoll, Gläser möglichst so weit zu reinigen, dass sie als saubere Gläser entsorgt werden können.

Sauberes Flaschenglas

wird in die Recyclingtonnen der Stadtreinigung entsorgt. Im Praktikum werden dazu keine Sammelgefäße ausgestellt, weil die Flaschen in der Regel ganz sind und auf einem Regal abgestellt werden können. Auf den zu entsorgenden Flaschen müssen alle Warnhinweise entfernt werden. (Siehe Kap. 2.7.6)

Sauberes Laborglas

ist ein temperaturbeständiges hochschmelzendes Glas. Die meisten Glasgeräte bestehen aus diesem Glas (Ausnahme ist zum Beispiel der Exsikkator). Es ist nicht zusammen mit den Flaschengläsern recycelbar und darf daher nicht in die vorstehend genannten Abfalltonnen der Stadtreinigung entsorgt werden! Für die Scherben stehen stattdessen in jedem Labor Sammelgefäße – und im übrigen auch Handfeger und Müllschaufel bereit.

¹ Es mag Sie selbst seelisch beruhigen, wenn Sie einen Abfall nicht weggeworfen, sondern lieber gesammelt haben. Bitte überlegen Sie, dass solch ein Sammeln das Problem noch nicht wirklich löst, denn der Behälter kann und soll ja nicht für alle Zeiten herumstehen sondern entsorgt werden. Was aber, wenn er in der konkreten Form nicht oder nur mit großen Schwierigkeiten entsorgt werden kann??

Verunreinigte Gläser

werden in einem separaten Behältnis (blaue Tonne) gesammelt.

3.14 Kanülen

Kanülen bergen eine hohe Verletzungsgefahr und müssen deshalb in den in jedem Labor ausstehenden durchstichfesten Sammelgefäßen entsorgt werden. Gebrauchte Spritzen können als Betriebsmittelabfall entsorgt werden.

Die Entsorgungskosten betragen 0,32 €/kg

4 Chemikalienbeseitigung im Gefahrenfall (Verschütten von Substanz)

4.1 Grundsätzliches

Sichern Sie die betreffende Stelle ab!

Sie – nein nicht der Assistent, sondern Sie! – sollten wissen, ob dazu das Absenken des Frontschiebers ausreicht, Fußbodenbereiche abgesperrt werden müssen oder sogar das Labor zu räumen ist. Veranlassen Sie das nötige – und zwar schleunigst!

Alles Weitere hat in der Regel so viel Zeit, dass Sie sich die bestmögliche Strategie überlegen können, wie das Malheur zu beseitigen ist. Ziehen Sie in Zweifelsfällen Ihren Assistenten zu Rate!

Die Maßnahmen zum Aufnehmen verschütteter Substanzen sind sehr stoffspezifisch.

Je nach Art des Stoffes ist zweckmäßig bzw. zulässig:

- **Das Wegspülen mit Wasser in den Ausguss.**

(z.B. Leichtmetallsalze, Salzsäure, verschiedene harmlose organische Stoffe.)

- **Aufnehmen mit Wasser**

(verschiedene Feststoffe). Auch wenn der verschüttete Stoff sich nicht in Wasser löst, wird durch das Anfeuchten die Bildung von Stäuben unterdrückt. Um die Substanz nicht aufzuwirbeln, sollte das Wasser in feinem Sprühstrahl aufgetragen werden.

- **Zusammenfegen**

wird oft in der Literatur empfohlen, ist aber problematisch wegen möglicher aufgewirbelter Stäube, die sich auch in der Bekleidung verfangen können. Außerdem hat man es hinterher zusätzlich mit einem kontaminierten Handfeger zu tun. Meist ist das Aufnehmen mit Wasser einfacher und ungefährlicher.

- **Aufnehmen mit Zellstoff oder Vermiculit**

Für fast alle Flüssigkeiten oder Aufschlämmungen ist Zellstoff geeignet. Zellstoff darf nicht für stark oxidierende Substanzen verwendet werden (z.B. konz. Salpetersäure). Für diesen Fall steht ein saugendes nicht oxidierbares Mineral (Vermiculit) zur Verfügung.

- **Das Ablüften lassen**

Bei sehr volatilen Substanzen erledigt sich das Problem oft schneller von selbst.

Bei der sog. Unfallschnellbeseitigung hat die Sicherheit Vorrang. Unfallschnellbeseitigungen können sich daher von der regulären Entsorgung unterscheiden.

4.2 Beispiele spezieller Unfallschnellbeseitigungen

4.2.1 Organische Lösungsmittel

Je nach Gefahrenpotential können sich bei verschütteten organischen Lösungsmitteln rasch explosionsgefährliche oder toxische Dämpfe entwickeln. Bei leicht entzündlichen Lösungsmitteln sind augenblicklich alle Zündquellen zu beseitigen (Das sind insbesondere alle Stromverbraucher, z.B. der Magnetprüher.). In der Praxis bedeutet das, dass Sie augenblicklich das Labor verlassen und dabei den NOT-Ausschalter betätigen. Danach ist sachgerecht abzuwägen, ob das Ablüften lassen oder das Aufnehmen mit Absorptionsmitteln die bessere Alternative ist.

4.2.2 Quecksilber

Quecksilber lässt sich sehr leicht zusammenfegen. Rückstände wurden in den verwendeten Hilfsmitteln (Handfeger, Bürstchen) bisher nicht gefunden. Kann es nicht auf eine Schaufel gebürstet werden, kann es auch mit einem blanken **Zinkblech** aufgenommen werden (Sie können sich ein Zinkblech in Raum 31.02 oder 31.05 ausleihen). Lassen Sie sich das Arbeiten mit dem Zinkblech von Ihrem Assistenten vorführen! Ist Quecksilber auf den Boden gefallen, so müssen Sie diesen gründlich und weiträumig (auch unter den Schränken) mit dem dafür vorgesehenen Handfeger kehren! Entscheiden Sie, ob Sie aus dem zusammengekehrten Haufen das Quecksilber **vollständig** mit Zange oder Zinkblech herauslesen können. Entsorgen Sie wie unter Kap. **3.10** angegeben. Verschüttetes Quecksilber ist immer **restlos** zu entfernen.

4.2.3 Säuren

Säuren dürfen nicht mit Fließpapier, Lappen o.ä. aufgenommen werden. (Bei Salpetersäure besteht akute Brandgefahr!) Die wichtigste Sofortmaßnahme ist das Verdünnen mit Wasser. Neutralisieren Sie anschließend mit Natriumhydrogencarbonat und spülen Sie dann in den Ausguss oder Bodeneinlauf! (Danach kann natürlich mit dem Lappen trockengewischt werden.)

4.2.4 Polyethylenglycol







Festes Polyethylenglycol (Heizbad) wird mit einem Spachtel (Raum 31.02) zusammengekratzt und in das dafür vorgesehene Entsorgungsgefäß gegeben. Anschließend ist gründlich mit Wasser und Lappen nachzuwischen, weil die benetzten Oberflächen sonst sehr rutschig bleiben.

5 Gefährdungen durch Chemikalien

5.1 Systematik

Im GHS werden Gefahrstoffe in sog. Gefahrenklassen eingeteilt. Innerhalb einer Gefahrenklasse wird die Stärke der Gefährdung durch Kategorien abgestuft. Jede Gefahrenklasse hat mindestens eine Kategorie. Ist ein Stoff in eine Kategorie einer Gefahrklasse eingestuft, folgt daraus ein für diese Einstufung vorgesehener H-Satz sowie in der Regel ein Piktogramm. In den nachfolgenden drei Tabellen sind die möglichen Gefahrenklassen aufgelistet. Die jeweils rechte Spalte verweist auf die in dieser Gefahrenklasse verwendeten Piktogramme, die entsprechend den Kategorien zugewiesen werden.

Physikalische Gefährdungen

Gefahrenklassen	Piktogramm
<ul style="list-style-type: none"> • Explosive Stoffe/Gemische und Erzeugnisse mit Explosivstoff 	
<ul style="list-style-type: none"> • Selbstzersetzliche Stoffe und Gemische • Organische Peroxide 	
<ul style="list-style-type: none"> • Entzündbare Gase • Entzündbare Aerosole • Entzündbare Flüssigkeiten • Entzündbare Feststoffe • Selbsterhitzungsfähige Stoffe und Gemische • Stoffe und Gemische, die in Berührung mit Wasser entzündbare Gase entwickeln • Pyrophore Flüssigkeiten • Pyrophore Feststoffe 	
<ul style="list-style-type: none"> • Oxidierende Gase • Oxidierende Flüssigkeiten • Oxidierende Feststoffe 	
<ul style="list-style-type: none"> • Gase unter Druck 	
<ul style="list-style-type: none"> • Korrosiv gegenüber Metallen 	

Gesundheitsgefahren

Gefahrenklassen (GHS)	Piktogramm
<ul style="list-style-type: none"> • Akute Toxizität 	
<ul style="list-style-type: none"> • Ätzung/Reizwirkung auf die Haut • Schwere Augenschädigung/-reizung 	
<ul style="list-style-type: none"> • Sensibilisierung von Atemwegen oder Haut • Spezifische Zielorgan-Toxizität¹ (einmalige Exposition) 	
<ul style="list-style-type: none"> • Keimzell-Mutagenität • Karzinogenität • Reproduktionstoxizität • Spezifische Zielorgan-Toxizität (wiederholte Exposition) • Aspirationsgefahr 	

Umweltgefahren

Gefahrenklassen	Piktogramm
<ul style="list-style-type: none"> • Gewässergefährdend 	
<ul style="list-style-type: none"> • Die Ozonschicht schädigend 	

Die im GHS verwendeten H-Sätze² sind wie folgt systematisiert.

Habc

a = Gruppierung

- 2 = Physikalische Gefahren
- 3 = Gesundheitsgefahren
- 4 = Umweltgefahren

bc = Fortlaufende zweistellige Nummerierung

¹ Dieser etwas monströs anmutende Terminus stammt aus der CLP-Verordnung. Näheres wird in Kap. 5.5.3 erläutert.

² Der Buchstabe ist aus dem englischen Wort „hazard“ abgeleitet.

Beispiel: H310 ist der 10. H-Satz der Gruppierung „Gesundheitsgefahren“. Er lautet „Lebensgefahr bei Hautkontakt“.

Die Systematisierung der P-Sätze¹ erfolgt analog zu den H-Sätzen:

Pabc

a = Gruppierung

- 1 = Allgemein
- 2 = Vorsorgemaßnahmen
- 3 = Empfehlungen
- 4 = Lagerhinweise
- 5 = Entsorgung

bc = Fortlaufende zweistellige Nummerierung

Beispiel: P235 ist der 35. P-Satz der Gruppierung „Vorsichtsmaßnahmen“. Er lautet „Kühl halten“.

Obwohl das GHS eigentlich eine weltweit vereinheitlichte Chemikalienkennzeichnung sein soll, so gibt es doch gewisse nationale Unterschiede. Die EU verwendet z.B. zusätzliche H-Sätze, mit denen sie diejenigen R-Sätze aus früherer EU-Kennzeichnung zur Weiterverwendung sichert, die im GHS kein Äquivalent gefunden haben (sog. „Leftovers“) Diese haben die Form EUH0*bc*, wobei „*bc*“ die Nummer des ehemaligen R-Satzes² ist.

Beispiel: EUH029 Entwickelt bei Berührung mit Wasser giftige Gase.

Damit die Angaben auf dem Etikett nicht zu unübersichtlich werden, gibt es für die Kennzeichnung folgende Regeln:

- Gibt es für einen konkreten Stoff innerhalb einer Gefahrenklasse mehrere Einstufungen, so wird nur mit dem Piktogramm gekennzeichnet, welches der höchsten Gefahr entspricht.






Beispiel: Ist ein Stoff z.B. giftig beim Verschlucken und gesundheitsschädigend bei Berührung mit der Haut, so wird nur mit dem Piktogramm gekennzeichnet, welches der Eigenschaft „giftig“ zugeordnet ist. Das ist in diesem Fall das Totenkopfpiktogramm.

- Auch über die Gefahrenklassen hinweg können Piktogramme, die mindere Gefahren beschreiben, neben solchen, die höhere Gefahren beschreiben, weggelassen werden.

¹ Der Buchstabe ist aus dem englischen Wort „precautionary statement“ abgeleitet.

² Vor der Einführung des GHS wurden im Geltungsbereich der EU Gefahren von Gefahrstoffen durch R-Sätze beschrieben. (Das „R“ ist vom englischen Wort risk abgeleitet.)

Beispiele

Neben:	darf weggelassen werden:
	 
	

Weitere derartige Vereinfachungen sind in der CLP-Verordnung komplex geregelt. Wer nicht selbst für eine vollständige Kennzeichnung zu sorgen hat, muss sich um diese Einzelheiten nicht kümmern.

Jeder Einstufung ist schließlich ein Signalwort zugeordnet. Es gibt nur die beiden Signalworte „Achtung“ und „Gefahr“. Auf dem Etikett wird nur ein Signalwort verwendet, nämlich dasjenige, welches der höchsten Gefahr entspricht. Ergibt also eine der Einstufungen das Signalwort „Gefahr“, so erscheint dies auf dem Etikett – auch wenn drei weitere Einstufungen nur das Signalwort „Achtung“ ergeben hätten.

In den folgenden Kapiteln werden einige ausgewählte Gefährdungen beschrieben, die für die Arbeit im Praktikum Relevanz haben.

5.2 Brände

5.2.1 Definitionen des Brandpotentials

Im organisch-chemischen Labor geht die größte Brandgefahr i.a. von den Lösungsmitteln aus. Es gibt zwei Kenngrößen, mit denen sich das Brandpotential von Flüssigkeiten beschreiben lässt:

- **Zündtemperatur**

Die Zündtemperatur ist diejenige Temperatur, bei der ein Stoff bei Kontakt mit Luft spontan von selbst Feuer fängt. Es ist bei dieser Temperatur also nicht etwa eine Flamme oder ein Zündfunken notwendig, sondern die Entflammung erfolgt spontan. Bei den meisten organischen Verbindungen beträgt die Zündtemperatur etwa 400 - 500 °C. Ist die Zündtemperatur niedriger als 250 °C, kann sich die Substanz schon an prozessüblichen heißen Oberflächen – im Labor z.B. an der Heizplatte eines Magnetrührers – entzünden, weshalb in solchen Fällen im Sicherheitsdatenblatt vor dieser Gefahr gewarnt wird.

Versuch:

Ein heißer Glasstab wird im Abzug in wenig Schwefelkohlenstoff gehalten. Die Substanz entzündet sich augenblicklich unter Bildung von Schwefeldioxid. Dieses Beispiel zeigt, dass Brandgase meistens giftig sind. Bei Bränden sterben die meisten Opfer nicht an den Verbrennungen, sondern an Brandgasvergiftungen bzw. durch Sauerstoffmangel. Die Zündtemperatur von Schwefelkohlenstoff ist besonders niedrig und beträgt 102 °C.

• **Flammpunkt**

Der Flammpunkt beschreibt diejenige Temperatur einer Flüssigkeit, ab der der sich entwickelnde Dampf mit der darüber befindlichen Luft ein zündfähiges Gemisch bildet. Im Unterschied zur Zündtemperatur erfolgt die Zündung nicht von selbst, sondern es ist eine Zündquelle notwendig.



Versuch:

Ein Teelicht (im Aluminiumtöpfchen) mit entferntem Docht wird in der Bunsenflamme erwärmt. Das Wachs schmilzt auf und fängt schließlich Feuer, wenn ausreichende Mengen Dampf gebildet werden. Das brennende Aluminiumtöpfchen wird vorsichtig auf ein Eisbad abgesetzt. Das Wachs kühlt dadurch nach kurzer Zeit so stark aus, dass der Flammpunkt wieder unterschritten wird und die Flamme „von selbst“ verlöscht.

Versuch:

In eine Petrischale wird etwas flüssiger Grillanzünder gegeben. Dieser lässt sich mit der Bunsenflamme nicht entzünden. Dennoch „funktioniert“ der Anzünder korrekt, denn ein Stückchen Grillkohle lässt sich nach Tränken mit dem Anzünder normal entflammen. Stellt man die Petrischale auf einen Magnetrührer und heizt etwas an, so lässt sich der Grillanzünder schließlich doch entzünden. Flüssiger Grillkohlenanzünder hat einen Flammpunkt oberhalb von 50 °C.

Der Flammpunkt ist zusammen mit dem Siedepunkt des Lösemittels das entscheidende Kriterium zur **Einstufung des Brandpotentials**. Es wird wie folgt eingestuft:

Kriterien	Kategorien der Gefahrenklasse „Entzündbare Flüssigkeiten“ H-Satz	Piktogramm/ Signalwort
Flammpunkt <23 °C, Siedebeginn ≤ 35 °C	Kategorie 1 H224 (Flüssigkeit und Dampf extrem entzündbar)	 GHS02 Gefahr
Flammpunkt <23 °C, Siedebeginn > 35 °C	Kategorie 2 H225 (Flüssigkeit und Dampf leicht entzündbar)	
Flammpunkt ≥23 °C Flammpunkt ≤60 °C	Kategorie 3 H226 (Flüssigkeit und Dampf entzündbar)	 GHS02 Achtung

23 °C ist etwa Raumtemperatur. Daraus folgen 2 Dinge:

- Leicht oder extrem entzündbare Flüssigkeiten kann man bei Raumtemperatur entzünden.
- Leicht oder extrem entzündbare Flüssigkeiten können bei Raumtemperatur explosionsfähige Dampf-/Luftgemische geben.

Dieses Verhalten wird im folgenden Kapitel experimentell untersucht.

Feststoffe und Gase werden nach anderen Kriterien eingestuft. Das verbale Resultat dieser Einstufung ist aber eine analoge Beschreibung der Zündfähigkeit. Bitte beachten Sie, dass es darüber hinaus noch andere Brandpotentiale gibt, z.B. die Fähigkeit, im Kontakt mit Wasser zündfähige Gase zu entwickeln (Beispiel: Natrium). Dem wird mit gesonderten Gefahrenklassen Rechnung getragen. (Siehe Tabelle auf S. 38)

5.2.2 Verhalten von entzündlichen oder leicht entzündlichen Flüssigkeiten

Versuch:

Die Zündwilligkeit leicht entzündlicher Substanzen lässt sich zeigen, indem man den vorhergehenden Versuch in der Weise fortführt, indem man in das bestehende „Grillfeuer“ aus einem kleinen Bechergläschen etwas Brennspiritus nachgießt: Die Flamme springt dabei auf die Hand, die das Gläschen hält. Man schützt die Hand dabei durch (übereinander angezogen) einen Baumwollhandschuh (Wärmeisolation), einen Haushaltshandschuh (Flüssigkeitssperre) und einen ledernen Gartenhandschuh (zum Abbrennen). Wenn man den Gartenhandschuh zuvor unauffällig mit etwas n-Pentan (niedriger Siedepunkt) getränkt hat, kann man lange mit der brennenden dastehen, ohne dass diese schmerzt. Gelöscht wird durch Eintauchen in einen bereitstehenden Wassereimer.

Versuch:

In drei zylindrische Glasgefäße (Durchmesser: 4,5 cm; Länge: 50 cm) werden jeweils 2, 15 und 40 Tropfen Diethylether pipettiert. Die Röhren werden sofort nach der Zugabe mit Alufolie verschlossen. Binnen Sekunden ist der Ether im Inneren des Glasrohres verdampft. Zur Durchmischung des Etherdampfes mit der enthaltenen Luft wird gut geschwenkt und gekippt. (Das Hinzufügen eines kleinen Kunststoffflaschendeckels als eine Art „Mischkugel“ verbessert die gleichmäßige Verteilung des Dampfes.) Anschließend wird die Alufolie entfernt und rasch eine Bunsenflamme an die Öffnung gehalten. In dem 1. Rohr (2 Tropfen) passiert gar nichts. In dem 2. Rohr (15 Tropfen) fährt hörbar, meistens knallend, eine Stichflamme hinunter: Die Gasmischung ist explosionsfähig. Im dritten Kolben (40 Tropfen) ist der explosionsfähige Bereich dagegen schon überschritten. (Man sagt, das Gemisch ist zu fett.) Zwar springt auch hier eine Flamme über. Aber die Gasmischung brennt hier nur allmählich ab. Die Flamme erlischt sogar irgendwo in der Mitte des Rohres wegen Sauerstoffmangel. Man kann zeigen, dass gar nicht der gesamte

Etherdampf abgebrannt ist, indem man diesen in eine Kristallisierschale umgießt und mit der Bunsenflamme entzündet.

Diethylether hat einen Flammpunkt von -40 °C , d.h. schon bei dieser Temperatur (Tiefkühlfach des Kühlschranks!) kann ein zündfähiges Dampf/Luftgemisch entstehen!

Dass man den Etherdampf umgießen kann, zeigt, dass dieser Dampf schwerer als Luft ist. Dies trifft für fast alle organischen Dämpfe zu¹. Die schweren Dämpfe können sich heimtückisch über weite Strecken auf dem Fußboden ausbreiten, ja sogar durch Türspalte in Nachbarräume kriechen und dort entzünden. Bei einer Zündung können so unvermittelt große Gebäudebereiche in Flammen stehen.

5.2.3 Brandverhütung

- In allen Laborräumen herrscht Rauchverbot. (**BGI/GUV-I 8666** 7.4.3; **DGUV Information 213-850** 4.6.2)
- Halten Sie die Brandlasten klein!
 - ⇒ Verwenden Sie zur Bevorratung von Lösemitteln ausschließlich die dafür vorgesehenen Gefäße!
 - ⇒ Aus Abzügen, in denen experimentiert wird, alles, was nicht unmittelbar benötigt wird, entfernt. Insbesondere haben Lösemittelkanister neben Apparaturen nichts zu suchen.
 - ⇒ Lassen Sie Pappen oder sonstiges Verpackungsmaterial nicht im Labor herumliegen. Kunststoffe, z.B. Styropor entwickeln im Brandfall extrem viel giftigen Rauch, der auch die Orientierung unmöglich machen kann.
 - ⇒ Bringen Sie volle Abfallkanister unverzüglich in die Materialverwaltung

Versuch:

Ein Stückchen Styropor wird z.B. in einem Exsikkator verbrannt. Der Exsikkator ist sehr schnell undurchsichtig schwarz.

¹ Diesen Sachverhalt kann man mit der Gasgleichung $pV=nRT$ begründen. Es gibt eine einzige deutliche Ausnahme von dieser Regel, also einen **organischen** Stoff, der **leichter** als Luft ist. Ferner gibt es noch etwa 3 organische Stoffe, die ein mit Luft vergleichbares Gewicht haben, sich also eher indifferent verhalten. Welche Stoffe sind das? (Auflösung auf Seite **87**)

- Halten Sie Gefäße geschlossen! (Stopfen, dichte Schraubkappen, kein Getrickse mit Klebe- oder PARAFILM®. Tragen Sie keine leicht entzündlichen Lösemittel in Bechergläsern umher!
- Arbeiten Sie ausschließlich in den Abzügen.
- Bewahren Sie alle leicht entzündlichen Lösungsmittel im Sicherheitsschrank auf!

Versuch:

Der Auslösemechanismus des Sicherheitsschranks wird mit einem Heißluftgebläse angeblasen. (es reicht leicht erwärmte Luft.) Nach kurzer Zeit schließt die Tür selbsttätig. Sie lässt sich erst nach völliger Abkühlung des Wärmesensors wieder in der geöffneten Stellung arretieren. Der Auslösemechanismus ist auf etwa 30 bis 35 °C eingestellt.

- Vermeiden Sie direkte Sonneneinstrahlung!

⇒ Lichteinfall induziert die Peroxidbildung, z.B. bei Ethern (Siehe Kapitel **5.4.1**).

⇒ Im Sonnenlicht werden Bunsenflammen schlechter erkannt.

⇒ Gefüllte Rundkolben fokussieren Licht wie eine Lupe. Material in der Brennebene kann bei Lichteinfall Feuer fangen.

Versuch:

Ein großer Rundkolben wird mit Wasser gefüllt und in das Sonnenlicht gestellt. Ein in die Brennebene gehaltenes Stück Papier fängt nach kurzer Zeit Feuer. (Dieses Experiment kann nur bei sonnigen Wetterlagen vorgeführt werden.)

- Selbstentzündliche Chemikalien dürfen nicht zusammen mit entzündlichen oder brandfördernden Substanzen aufbewahrt werden. (Siehe Kapitel **2.7**) Bringen Sie die Chemikalie nach der Verwendung unverzüglich zurück an den ausgewiesenen Standort. Reste solcher Substanzen sind unverzüglich zu deaktivieren.
- Gewöhnen Sie sich an den Gedanken, dass nicht nur Feststoffe, sondern auch manche Flüssigkeiten (z.B. Ether) sich leicht elektrostatisch aufladen lassen (**DGUV Information 213-850** 4.12.2). Achten Sie hierzu auf P243 (GHS): „Maßnahmen gegen elektrostatische Aufladung treffen.“ Für z.B. Diethylether bedeutet das nichts anderes, als dass dieser allein durch kräftige Bewegung, z.B. beim Rühren, Filtrieren oder Umfüllen zünden kann! Man verhindert dies durch Erdung aller beteiligten Gefäße und Gerätschaften. Allerdings ist diese Gefahr erst bei Volumina > 5 l relevant. Die Gefahr einer Zündung durch elektrostatische Aufladung des Lösemittels ist also bei der Verwendung laborüblicher Kleinmengen eher gering. Das viel größere elektrostatische Problem sind Sie selbst – nämlich dann, wenn Sie vornehmlich Kunstfaserbekleidung tragen, die sich beim Bewegen elektrostatisch auflädt. (Siehe Kap. **2.4.4**)

- Verwenden Sie in den Laborräumen möglichst keine Bunsenbrenner! Zum Bearbeiten von Glas befindet sich im Raum 31.05 ein Bunsenbrenner. Die offene Flamme müssen Sie ständig beaufsichtigen und nach Gebrauch sofort löschen! Bunsenbrenner dürfen nur mit Sicherheitsschläuchen betrieben werden. (**DGUV Information 213-850** 5.2.5)
- Heizbäder dürfen ohne Sicherheitstemperaturbegrenzung nur unter Aufsicht betrieben werden (Siehe Kap. **6.1**). Als Heizquelle dürfen keine offenen Flammen (Bunsenbrenner), sondern nur elektrische Heizquellen verwendet werden. (**DGUV Information 213-850** 5.2.7.1)
- Ziehen Sie defekte Elektrogeräte sofort aus dem Verkehr, bzw. veranlassen Sie die Reparatur! Achten Sie darauf, dass Netzstecker keine verschmutzten oder korrodierten Kontakte haben.¹ Der elektrische Widerstand nicht metallisch blanker Kontakte kann zu einer starken Aufheizung bis hin zum Kabelbrand führen!
- Magnetrührer haben kein festes Netzkabel sondern am Gehäuse eine Buchse in die das Kabel einzustecken ist. Aus überschwappenden Bädern kann leicht Flüssigkeit in diese Buchsen laufen und dort gefährliche Nebenströme auslösen. Achten Sie deshalb darauf, dass Buchse und Stecker vollkommen trocken bleiben!
- Halten Sie Kühlwasserschläuche und Elektrokabel von Heizquellen fern! (Oft wird z.B. das Kabel eines Magnetrührers verschmort, weil es beim Aufräumen um die noch heiße Heizplatte gewickelt wurde.) Verschmorte Kabel müssen sofort ausgetauscht werden.

5.2.4 Brandbekämpfung

- Bewahren Sie die Ruhe! Laufen Sie nicht panisch weg! Prägen Sie sich schon vorher ein, was im Ernstfall zu tun ist. Fast immer ist der Griff zum Feuerlöscher die richtige Maßnahme.
- Fast alle Laborbrände lassen sich mit den im Labor vorhandenen Kohlendioxidlöschern bekämpfen! Jeder Löscher muss vor der Verwendung entsichert werden. Machen Sie das erst unmittelbar am Brandherd. Treten Sie nicht zu dicht an den Brandherd heran! Das Löschmittel verspritzt sonst brennende Flüssigkeiten! Der richtige Abstand beträgt 1,5 bis 2 m! Drücken Sie den Auslösehebel voll durch! Bei allen Löschertypen kommt es darauf an, in kurzer Zeit möglichst viel Löschmittel auf den Brandherd zu bringen. Die vorhandenen Kohlendioxidlöcher werfen innerhalb von 6 bis 8 Sekunden 2 kg Kohlendioxid auf den Brandherd.²

¹ Im Labor kommt das relativ häufig vor. Oxydierte Kontaktflächen können im Praktikum schnell durch Abziehen mit einer Klinge oder durch andere Maßnahmen wieder instandgesetzt werden. Wenden Sie sich an Ihren Assistenten!

² Das entspricht etwa 1 Kubikmeter Kohlendioxidgas.

Versuch:

Bei der Sicherheitsunterweisung üben Sie das Löschen eines kleinen Laborbrandes. Meist müssen Sie dabei eine brennende Ethanollampe ablöschen. Dabei wird Ihnen auch gezeigt, wie Sie den Löscher aus der Wandhalterung herausbekommen und wie er zu entsichern ist. Prägen Sie sich die Handgriffe gut ein!

- Verwenden Sie **niemals** Wasser zum Löschen! (Bedingte Ausnahme: Personenbrände, Siehe Kapitel 5.2.6) Manche Stoffe z.B. Natrium, *n*-Butyllithium oder Lithiumaluminiumhydrid reagieren vor allem in der Hitze und in größerer Menge mit Wasser explosionsartig. Nicht mit Wasser mischbare organische Lösungsmittel schwimmen weiter brennend auf dem Löschwasser auf, da sie leichter als Wasser sind.

Versuch:

Ein kleines mit etwas Toluol o.ä. gefülltes Becherglas wird in ein größeres Auffanggefäß, z.B. eine Kristallisierschale gestellt und nach dem Anzünden des Lösungsmittels aus einer Spritzflasche kräftig mit Wasser bespritzt. Je stärker gespritzt wird, um so höher schlagen dabei die Flammen. (Vergrößerung der Oberfläche des Lösungsmittels!) Sobald das kleine Becherglas überläuft, steht die gesamte Kristallisierschale in Flammen. Durch einen kurzen Sprühstoß mit dem Kohlendioxidlöcher wird der Brand dagegen augenblicklich gelöscht.

Bei Sprinkleranlagen wird das Löschwasser fein versprüht. Es dringt deshalb nicht mehr in die brennende Flüssigkeit ein, sondern verdunstet in der Flammenzone und verdrängt dabei unter Kühlung den Luftsauerstoff.

Versuch:

Der soeben durchgeführte Versuch wird wiederholt, wobei jedoch jetzt das Wasser aus einem Zerstäuber (leere Haushaltsreinigerflasche) versprüht wird. Die Flamme verlöscht dabei augenblicklich.

Handelt es sich um hochsiedende Substanzen, z.B. um brennende Öle, so sind die Folgen eindringenden Wassers noch verheerender: Das einsinkende Wasser siedet schlagartig auf und verspritzt dabei explosionsartig die brennende Flüssigkeit¹.

Versuch

Ein kleines brennendes Ölbad (es dürfen nur wenige Gramm Paraffin enthalten sein!) wird im Abzug mit einer Spritzflasche vorsichtig mit Wasser bespritzt. (Arme und Hände müssen vollständig bedeckt sein, sonst kann es leicht Brandwunden geben!) Die Folgen sind schwer berechenbar. Zumindest entsteht eine heftige Stichflamme, manchmal sogar ein richtiger Feuerball. Der Versuch ist gefährlich! Die Dosierung der Mengen erfordert Erfahrung. Vor dem Versetzen mit Wasser lässt sich das Ersticken der Flammen durch einfaches Abdecken demonstrieren. Mit etwas Geschick gelingt dies sogar mit einem Blatt

¹ Die Tatsache, dass vor allem aus dem häuslichen Bereich gelegentlich Todesfälle bekannt werden, wenn z.B. Wasser in brennendes Bratfett gegeben wird, unterstreicht, wie gefährlich dies ist.

Papier! Sehr schön kann dabei die Gefahr des Brandrückschlages (Siehe Kapitel 5.2.5) sichtbar gemacht werden: Wird das zum Abdecken verwendete Papier weggezogen, so erfolgt binnen Sekunden eine Rückzündung, weil die Zündtemperatur noch überschritten ist.

Manche Stoffe z.B. Alkali- und Erdalkalimetalle sowie Hydride lassen sich im Brandfall nicht mit Kohlendioxid löschen, weil sie selbst aus diesem Gas den für die Verbrennung benötigten Sauerstoff freisetzen können. Paradoxe Weise unterhält hier also gerade das Löschgas die Verbrennung weiter!

Versuch

In einer kleinen Metallschale, die zur Wärmeisolierung auf einem Tonuntersetzer steht, werden Magnesiumspäne gegeben und mit der Bunsenflamme entzündet. Binnen weniger Sekunden bildet sich ein sehr heißer Glutbrand. Durch Besprühen mit dem Kohlendioxidlöcher wird diese Glut nur noch stärker angefacht. Wird die Glut dagegen mit Sand bedeckt, so ist der Brand augenblicklich gelöscht. Die Glut ist danach aber noch lange heiß. Kippt man den Sand aus, so fängt das noch heiße Magnesium auch nach Minuten noch spontan Feuer. Derart gelöschte Brände sind daher bis zur völligen Abkühlung unverändert zu belassen und zu beaufsichtigen. Bei größeren Brandherden kann die Dauer der Abkühlung mehrere Stunden betragen.

Die in jedem Labor vorhandenen mit Sand gefüllten Schüttkästen sind dennoch eher ein Relikt aus der Vergangenheit¹. Ein realistisches Brandszenarium ist eher, dass z.B. eine laufende Grignard-Reaktion oder eine Apparatur zur Absolutierung von Lösemitteln durch Fehlbedienung in Brand gerät. Dann haben Sie es aber mit einem in die Höhe gehenden Brandherd zu tun, den Sie wahrscheinlich nicht mit Sand bedecken können. Das wird vermutlich auch gar nicht notwendig sein, weil das Magnesium sehr wahrscheinlich einfach nur in das Heizbad fällt.

Pulverlöscher sind in der Löschwirkung den Kohlendioxidlöschern überlegen. Ihre Löschwirkung ist wegen des auf dem Brandherd verbleibenden Löschpulvers nachhaltiger. Im Gegensatz zu den Kohlendioxidlöschern, für die das „alles-oder-nichts“-Prinzip gilt², können Sie bei Pulverlöschern die Brandbekämpfung unterbrechen bzw. durch weiteres Besprühen ergänzen. Während Kohlendioxidlöcher nur für die Bekämpfung von Flüssigkeitsbränden taugen, können Pulverlöscher auch zur Bekämpfung von Gas- und Glutbränden eingesetzt werden. Sie können das an den Brandklassen erkennen. Pulverlöscher sind mit „ABC-Pulver“ gefüllt. Es bedeuten:

¹ Man kann so etwas heutzutage gar nicht mehr kaufen.

² Wenn Sie mit dem Kohlendioxidlöcher nur einen Teil des Brandes niedergeschlagen haben, schlägt das dann noch vorhandene Feuer sofort auf die schon gelöschten Bereiche zurück.

Brandklasse	Art des Brandes
A	Glutbildende Brände (Feststoffbrände)
B	Brennende Flüssigkeiten
C	Gasbrände

Pulverlöscher finden Sie auf den Fluren. Ein weiterer Vorteil der Pulverlöscher ist die höhere Wurfweite, die es Ihnen ermöglicht, das Feuer aus größerer Distanz zu bekämpfen.¹

Das Löschpulver hat den Nachteil, korrosiv zu sein, wodurch z.B. elektronische Geräte unbrauchbar werden können. Dafür gibt es interessante aktuelle Entwicklungen bei Schaumlöschern. Inzwischen gibt es sogar Löschsäume, die Fettbrände (Brandklasse „F“) löschen können. Die im Institut vorhandenen Schaumlöscher taugen allerdings nur für die Brandklassen A und B. Sie sind sehr wirksam – allerdings mit einer gewissen Verzögerung.

Bei manchen Chemikalien kann man Hinweise zum geeigneten Löscher dem P-Satz P378: „... zum Löschen verwenden.“ entnehmen. Wenn die Löschversuche keinen Erfolg haben, sind weitere unterstützende Maßnahmen notwendig:

- Stellen Sie den Strom aller Elektrogeräte im Gefahrenbereich ab! Trennen Sie dabei keine elektrischen Verbindungen in explosionsgefährdeten Bereichen! Ziehen Sie bei Bränden im Abzug die Stecker aus den außerhalb der Abzüge befindlichen Steckdosen!
- Ob das Kühlwasser unbedingt weiter laufen muss oder ob es besser sofort ausgestellt werden sollte, hängt von der konkreten Situation ab.
- Verständigen Sie Ihren Assistenten, notfalls auch jeden ehest möglich erreichbaren sonstigen Mitarbeiter des Hauses!

Die nachfolgend beschriebenen Maßnahmen werden vermutlich im Ernstfall durch die Saalassistenten veranlasst oder selbst durchgeführt. Dennoch sollten Sie frühestmöglich in der Lage sein, auch selbstständig zu handeln!

- Setzen Sie weitere Kohlendioxidlöscher aus anderen Räumen ein! Die Brandbekämpfung ist wirksamer, wenn mehrere Löscher **zugleich** eingesetzt werden und nicht etwa nacheinander.
- Versuchen Sie das Feuer mit einem Pulverlöscher zu löschen!

¹ Die vorhandenen Pulverlöscher haben eine Wurfweite von etwa 5 m. Sie werfen dabei innerhalb von etwa 10 Sekunden 6 kg Löschpulver aus.

- Verständigen Sie die Feuerwehr! (Siehe Kapitel 1) Zögern Sie den Notruf nicht hinaus! Bei einem typischen Brandverlauf schlägt der sog. Entstehungsbrand nach einer kurzen Initialphase rasch auf große Teile des Gebäudes über. Geschieht dies vor Eintreffen der Feuerwehr, ist meist nicht mehr viel zu retten!
- Soweit Ihnen das ohne eigene Gefährdung möglich ist, können Sie eine Brandausweitung durch folgende Maßnahmen erschweren:
 - ⇒ Schaffen sie gefährliche Dinge (Lösungsmittel, Druckgasflaschen) fort!
 - ⇒ Schließen Sie die Gasversorgung! Beachten Sie, dass sich die Gasversorgung auch auf dem Flur durch Notschalter abschalten lässt.
 - ⇒ Schließen Sie die Labortüren! (Diese bestehen aus einem Hartholz, welches 30 Minuten dem Feuer zu widerstehen vermag.) Auch geschlossene Fenster können für kurze Zeit das Hochschlagen von Flammen in die nächsthöhere Geschossebene, bzw. das Dach verhindern.
- Verlassen Sie das Haus! Benutzen Sie dazu niemals die Fahrstühle! (Diese können unterwegs wegen plötzlichem Stromausfall stecken bleiben und zur tödlichen Falle werden, weil in dem Schacht besonders leicht giftige Rauchgase aufsteigen können.)

Besichtigung

Bei der Sicherheitsunterweisung werden Sie aufgefordert, das Labor durch die Notausstiegswenster zu verlassen, um den umlaufenden Fluchtbalkon kennen zu lernen. Sie erkennen alle Treppenaufgänge außen wie innen an den auffällig gelben Fliesen. Alle Rettungswege sind durch grüne Piktogramme ausgeschildert (Siehe rechts). Alle Treppenhausebereiche sind frei von brennbarem Inventar und allseitig gegen die Labortrakte durch selbstschließende Brandschutztüren gesichert. Die auslösenden Rauchmelder und die Schließmechanik der Türen werden Ihnen gezeigt bzw. demonstriert.



Rettungsweg (2 Möglichkeiten)



Notausgang (2 Möglichkeiten)

Kennzeichnung in weißer Schrift auf grünem Grund.

- Um die Treppenhausebereiche rauchfrei zu halten, gibt es dort Rauchklappen, die Sie mit entsprechenden Schaltern/Ventilen steuern können. Achten Sie auf die Beschriftung: „Flurzuluftrauchung / Handauslösung Rauchklappe“.

- Räumungsalarm kann auf allen Fluren mit den **blauen/roten** Meldern ausgelöst werden. Zögern Sie nicht, die Sicherungsscheibe einzuschlagen, um an den Meldeknopf zu gelangen. Wenn Sie umgekehrt den Räumungsalarm hören¹, verlassen Sie auf kürzestem Wege das Haus. Begeben Sie sich zu dem vorgesehenen Sammelplatz! Stellen Sie dort fest, ob allen, von denen Sie wissen, dass sie im Haus waren, die Flucht geglückt ist.

5.2.5 Verhalten nach dem Löschen von Bränden

- Ein gerade gelöschter Brandherd kann noch so heiß sein, dass er von selbst spontan immer wieder neu zünden kann². Noch heiße Brandherde müssen deshalb bis zur Abkühlung beaufsichtigt werden.
- Sind größere Mengen Kohlendioxid bei unzureichender Raumlüftung versprüht worden, besteht Erstickungsgefahr. Mit Handfeuerlöschern sind derartige Konzentrationen kaum zu erreichen. Wird jedoch die Löschanlage der Materialverwaltung ausgelöst, so werden alle dortigen Räumlichkeiten mit Kohlendioxid geflutet. Wenn das entsprechende Warnsignal (Hupton) ertönt, ist deshalb die Materialverwaltung augenblicklich zu verlassen.
- Tauschen Sie benutzte Löscher auch bei nur teilweiser Entleerung sofort in der Materialverwaltung gegen neue ein! Verfahren Sie ebenso mit Löschern, die Sie mit herausgezogenem Sicherungsstift vorfinden!

5.2.6 Personenbrände

Das Institut verfügt gemäß **DGUV Information 213-850** 4.8.4 über folgende Optionen zum Löschen von Personen:

- **Notduschen**

befinden sich über jeder Labortür. Notduschen haben den Nachteil, dass sie ortsfest sind. Als Ersthelfer müssen Sie ein weglaufendes Unfallopfer also irgendwie unter die Notdusche bekommen.

- **Feuerlöscher**

Kohlendioxidlöscher befinden sich in den Laboren, Pulverlöscher befinden sich in den Gängen.

¹ Es handelt sich um einen auf- und abschwellenden Ton – so ähnlich wie eine amerikanische Polizeisirene.

² Erinnern Sie sich an die Versuche mit Schwefelkohlenstoff (Kapitel [5.2.1](#)) und Paraffin (Kapitel [5.2.4](#))

Es hat früher einmal Vorbehalte gegen die Verwendung eines Kohlendioxidlöschers zum Löschen von Personenbränden gegeben. Manchmal wird das immer noch kolportiert. Hören Sie nicht darauf!

Versuch

Aus einer absichtlich verkürzten Entfernung von 50 cm (nicht weniger!) wird die Hand kurz mit dem Kohlendioxidlöcher besprüht. Für die Hand ist dies immer noch völlig folgenlos. Selbst wenn geringe(!) Mengen Kohlsäureschnee auf der Haut liegengeblieben sind, gibt das noch keine Erfrierungen.

Teilnehmer des Kurses werden aus dem korrekten Abstand mit dem Löscher angesprüht. Außer dem aufregenden Erlebnis, kurz in einem Nebel zu stehen, gibt es keine weiteren Folgen.

5.3 Brandfördernde Stoffe



Verschiedene Stoffe (z.B. Kaliumpermanganat, Chrom(VI)-Verbindungen, konz. Salpetersäure, Peroxide) sind so starke Oxidationsmittel, dass sie mit vielen Substanzen heftig reagieren, teilweise sogar durch den bloßen Kontakt spontan einen Brand auslösen können.

Versuch:

In einen an einer Stativklemme aufgehängten Latex-Einmalhandschuh wird etwas rauchende Salpetersäure gegossen. Es entstehen sofort nitrose Gase und nach wenigen Sekunden fängt der Handschuh an zu brennen.¹

Verunreinigungen können den Selbstzerfall brandfördernder Verbindungen katalytisch bis zur explosionsartig verlaufenden Reaktion beschleunigen. Es wird wie folgt eingestuft:

Gefahrenklasse „Oxidierende Flüssigkeiten“ und Gefahrenklasse „Oxidierende Feststoffe“

Kategorie H-Satz	Piktogramm/ Signalwort
Kategorie 1 H271 (Kann Brand oder Explosion verursachen; starkes Oxidationsmittel))	 GHS02 Gefahr
Kategorie 2 H272 (Kann Brand verstärken; Oxidationsmittel)	
Kategorie 3 H272 (Kann Brand verstärken; Oxidationsmittel)	 GHS02 Achtung

¹ Dies ist gleichzeitig ein weiteres schönes Beispiel dafür, dass das Tragen von Schutzhandschuhen keine Garantie für Unverletzlichkeit ist.

Es gibt außerdem noch die Gefahrenklasse „Organische Peroxide“ mit einer eigenen komplexen Abstufung.

Zur Vermeidung von Gefahren sind die folgenden Maßnahmen zu treffen:

- Vermeiden Sie jeglichen Kontakt mit brennbaren Materialien! Gemeint sind damit nicht nur Chemikalien, sondern z.B. auch Filterpapiere, Chemikalien Holz, Papier und jeglicher Unrat! Räumen Sie Arbeitsplatz und Fußboden von allen derartigen Stoffen frei!
- Füllen Sie diese Stoffe nur in saubere Gefäße ein und lassen Sie sie niemals in offenen Gefäßen stehen.
- Halten Sie im Labor brandfördernde und leicht- oder selbstentzündlichen Stoffen voneinander fern! Brandfördernde Stoffe haben z.B. im Lösemittelschrank nichts zu suchen!
- Erfordert der Versuchsablauf das Zusammenbringen von brandfördernden mit leicht entzündlichen Stoffen, so halten Sie die gegebene Versuchsvorschrift insbesondere hinsichtlich der angegebenen Mengen und der Arbeitstemperatur exakt ein! Beaufsichtigen Sie derartige Umsetzungen ständig! Planen Sie entsprechende Versuche so vor, dass die Umsetzung an einem Arbeitstag zu Ende geführt werden kann und sorgen Sie dafür, dass zum Arbeitsschluss die Reaktion durch die hierfür vorgesehenen Maßnahmen (z.B. Verdünnen) definitiv abgebrochen („gequencht“) ist! Noch reaktionsfähige Ansätze dürfen keinesfalls sich selbst überlassen bleiben.
- Beim Verschütten von Substanz besteht akute Brandgefahr. Diese Gefahr kann meist durch Lösen/Verdünnen mit viel Wasser gemindert werden. Verwenden Sie vor einer Desaktivierung kein Fließpapier, Zellstoff oder Putzlappen zum Aufnehmen! Eine sachgerechte Entsorgung ist stoffspezifisch und erfolgt entweder durch Neutralisation (Beispiel: Salpetersäure, vergleiche Kap. 4) oder durch Versetzen mit einem Reduktionsmittel (Beispiel: Brom).

5.4 Explosionen/Implosionen

5.4.1 Explosionsgefährliche Chemikalien

Im Grundpraktikum werden keine explosionsgefährliche Chemikalien verwendet. Ein paar Startreagenzien für radikalische Substitutionsreaktionen sind zwar in trockenem Zustand explosionsgefährlich. Sie werden jedoch zur Vermeidung dieser Gefahr mit Wasser angefeuchtet („phlegmatisiert“) in den Handel gebracht. In dieser Form sind sie ohne Gefährdungen handhabbar.

Anders als in den anderen Gefahrenklassen erfolgt die Abstufung innerhalb der Gefahrenklasse „Explosive Stoffe/Gemische und Erzeugnisse mit Explosivstoff“ nicht in Kategorien sondern in Unterklassen, die das Gefahrenpotential von „instabil, explosiv“ bis „Gefahr der Massenexplosion bei Feuer“ abstufen. Gekennzeichnet wird mit dem nebenstehenden Piktogramm



GHS01

Explosionen durch explosionsfähige Chemikalien sind im Labor eher selten. Gefährlich sind aber Peroxide, die sich in Ethern beim Stehen lassen bilden. Beachten Sie, dass unter dem Begriff „Ether“ eine Substanzklasse zu verstehen ist! Peroxide bilden also nicht etwa nur der Diethylether, sondern auch Tetrahydrofuran, Dioxan und viele andere Chemikalien. Die Reaktion wird durch Licht und durch Metallspuren katalysiert. Vor allem längeres Erhitzen (z.B. Extraktionen mit Ether) begünstigt die Peroxidbildung. Peroxide reichern sich beim Abdestillieren im Sumpf an und können dort explodieren. Selbst beim Abziehen von Ether am Rotationsverdampfer sind u.U. Explosionen möglich.

- Beachten Sie, dass eine Kennzeichnung immer nur für den reinen Stoff gilt und also Ether nicht als explosionsgefährlich gekennzeichnet werden, weil sie Peroxide bildende **können**. Sie erhalten also auf der Flasche keinen diesbezüglichen Warnhinweis, sondern müssen selbst nachdenken bzw. aus dem Sicherheitsdatenblatt ermitteln.

Die Verwendung von Diethylether ist wegen der Peroxidproblematik eine Zeit lang sehr im Verruf gewesen. Der im Praktikum verwendete Diethylether ist mit 2,6-Di-*tert*-butyl-*p*-kresol stabilisiert und neigt nicht mehr zur Peroxidbildung.

Die Bildung von Etherperoxiden ist ansonsten zu vermeiden durch:

- Ausschluss von Licht- und Luftzutritt¹
- Ausschluss von Oxidationsmitteln².
- Einhaltung kurzer Lagerzeiten.

Diese Bedingungen sind erfüllt durch die alleinige Bevorratung einer Sicherheitskanne pro Labor.

Peroxidgehalt lässt sich mit einer frisch bereiteten Lösung von Kaliumiodid in Eisessig oder mit speziellen Teststreifen) nachweisen! Peroxide lassen sich mit geeigneten Reduktionsmitteln (z.B. Eisen(II)-sulfat für Diethylether) oder Adsorptionsmitteln (Aluminiumoxid) entfernen.

¹ Denken Sie daran, dass direkte Sonneneinstrahlung grundsätzlich zu vermeiden ist! (Vergl. Kap. 5.2.3)

² Salpetersäure ergibt z.B. mit Diethylether sofort ein hochexplosives Gemisch!

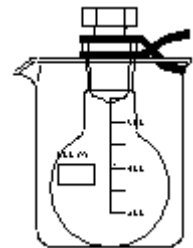
5.4.2 Explosionsgefährliche Dampf-/Luftgemische

Jedes leicht entzündliche Lösemittel kann bei Raumtemperatur Dämpfe erzeugen, die zündfähig sind! (Siehe Kap. 5.2.1) Bereits genannte Standardmaßnahmen sind

- Ausschließlich im Abzug handhaben
- Dicht verschlossen (Siehe Kap. 2.7.2) vorzugsweise im Sicherheitsschrank (Siehe Kap. 2.7.4) aufbewahren.

Weitere Maßnahmen:

- Leiten Sie entwickelte explosive Gase (z.B. Wasserstoff) über einen Gasableitungsschlauch direkt in den Abzugschacht!
- Kolben, die etherische Lösungen enthalten, entwickeln normalerweise einen schwachen Überdruck. Dieser kann ausreichen, den Stopfen aus dem Kolben herauszukatapultieren. Der dann oft zerbrochene Stopfen ist das, was Sie zunächst am meisten ärgert. Schlimmer können die nunmehr unkontrolliert entweichenden Dämpfe werden. Sichern Sie in solchen Fällen den Stopfen mit einer Klammer!
- In Kühlschränke dürfen nur gasdicht verschlossene Gefäße eingestellt werden. Das Abdecken mit Alufolie ist in diesem Sinne nicht ausreichend! Sichern Sie Schliffstopfen durch Klammern gegen Abspringen! Verwenden Sie keine Kunststoffstopfen¹! Schützen Sie Rundkolben zuverlässig gegen Umfallen! Diese Gefahr ist vor allem dann gegeben, wenn Rundkolben auf zu kleine Korkringe gestellt werden und im Kühlschrank vereisen. Stellen Sie stattdessen den Rundkolben in ein Becherglas!



Das Anlehnen von Kolben an die Innenwand des Kühlschranks zum „Schutz“ gegen Umfallen ist grober Leichtsinn!

Explodierende Kühlschränke führen zu schweren Laborunfällen!

Bedenken Sie, dass der Innenraum des Kühlschranks hermetisch abgeschlossen ist! Jede Substanz mit einem Flammpunkt unterhalb der Innenraumtemperatur kann dort schnell eine explosionsfähige Atmosphäre erzeugen. Bei einer Reihe von Substanzen (z.B. Diethylether) ist dies sogar im Tief-

¹ Diese lassen sich nicht fixieren und schrumpfen in der Kälte außerdem so weit, dass ein bei Raumtemperatur fest auf den Kolben gedrückter Kunststoffstopfen im Tiefkühlfach nur noch lose auf dem Kolben aufliegt.

kühlfach möglich! Alle Gefäße im Kühlschrank müssen gekennzeichnet sein (kleinen **Vordruck** verwenden!)¹.

5.4.3 Explosionsgefährliche Reaktionen

- Beachten Sie die Regularien zum Sammeln von Lösemittelabfällen gemäß Kap. **3.5**!
- Treffen Sie beim Erhitzen von Flüssigkeiten wirksame Maßnahmen gegen Siedeverzüge!² (Siedestein, Schütteln, Rühren) (**DGUV Information 213-850** 5.2.22.2)

5.4.4 Arbeiten mit evakuierten Apparaturen

Wenn evakuierte Glasapparaturen bersten, können Glassplitter mit großer Kraft meterweit durch die Luft geschleudert werden!

- Evakuieren Sie keine dünnwandige Gefäße nicht kugelförmiger oder zylindrischer Form (z.B. Erlenmeyerkolben)! (**DGUV Information 213-850** 5.1.6.1)
- Verwenden Sie zum Evakuieren nur spannungs- und fehlerfreie Glasgeräte! (Nur einwandfrei getempertes Glas, keine „Sternchen“ im Kolben, etc.). (**DGUV Information 213-850** 5.1.6.1)
- Sichern Sie alle evakuierten Gefäße durch Schutzscheiben oder Gitter, z.B. geschlossene Abzugsscheibe, Splittervorhang am Rotationsverdampfer, Schutzkorb für Exsikkator. (**DGUV Information 213-850** 5.1.6.1) Das Tragen einer Schutzbrille ist hier besonders wichtig.
- Evakuieren Sie Trockenpistolen ausreichend lange! Sind nach dem Abschalten der Pumpe und Verschließen der Trockenpistole noch größere Lösungsmittelmengen vorhanden, so können diese beim Verdampfen einen Überdruck entwickeln, der das Gerät zum Zerplatzen bringt!
- Kennzeichnen Sie unbeaufsichtigt stehende gelassene evakuierte Apparaturen (z.B. Exsikkator, Trockenpistole) mit einem entsprechenden Warnhinweis einschließlich Namen und Datum!
- Vermeiden Sie thermische Spannungen.
- Der Restdampf evakuierter Destillationsapparaturen kann beim Belüften mit der Luft ein explosionsfähiges Gemisch geben. Belüften Sie daher evakuierte Apparaturen erst nach dem Abkühlen! (**DGUV Information 213-850** 5.1.6.2)¹

¹ Steht der Kolben in einem Becherglas wie beschrieben, so können Sie den Vordruck vorteilhaft ebenfalls in das Becherglas stecken.

² Auch Siedeverzüge können Explosivcharakter haben!

- Beim Absaugen mittels Büchnertrichter muss die Gummimanschette so bemessen sein, dass sie nicht durchrutschen kann.

5.5 Toxikologische Gefährdungen

5.5.1 Aufnahmewege

Stoffe können in den Körper aufgenommen werden

- oral (durch Verschlucken)
- dermal (durch die Haut)
- inhalativ (durch Einatmen)

Das Verschlucken kann im Labor durch allereinfachste Standardmaßnahmen sicher verhindert werden (Ess- und Trinkverbot, Ansaughilfen für Pipetten) und hat deshalb keinerlei Relevanz. Die beiden Hauptgefährdungen sind die Hautresorption und die Inhalation. Beide Gefährdungen sind in gewisser Weise komplementär:

- Die hoch volatile Flüssigkeit entwickelt viel Dampf – hat dafür aber auf der Haut infolge der schnellen Verdunstung nur eine kurze Kontaktzeit.
- Das hochsiedende Öl hat nur einen kleinen Dampfdruck – persistiert dafür aber auf Haut und Kleidung sehr lange.

Manche Gifte wirken aber auch nur bei einer bestimmten Art der Aufnahme toxisch. Prominentes Beispiel ist Quecksilber, welches ein Inhalationsgift ist, auf der Haut oder nach Verschlucken aber wenig Schaden anrichtet. Feststoffe haben zwar meist keinen nennenswerten Dampfdruck, können dafür aber Stäube bilden.

Manche Gifte wirken heimtückisch, indem sie nämlich völlig unbemerkt² in den Körper aufgenommen werden können. In der Mehrzahl der Fälle gibt es aber eine Warnwirkung durch Geruch oder Reizung.



¹ Sollten Sie das für einen ziemlich theoretischen Quark halten: Eine entsprechende Verpuffung hat es im Praktikum (leider) schon einmal gegeben.

² Beispiel für geruchloses Inhalationsgift: Kohlenmonoxid; Beispiel für reizlos resorbierbares Hautgift: Dimethylquecksilber

5.5.2 Akute Toxizität

Zur Bestimmung der akuten Toxizität von Giften werden für orale und dermale Vergiftung LD₅₀ – Werte (LD = **L**ethal **d**ose) und für Inhalationsvergiftungen LC₅₀-Werte (LC = **L**ethal **c**oncentration) bestimmt¹. Der Wert „50“ besagt, dass es sich dabei um diejenige Menge oder Konzentration handelt, bei der 50 % der Versuchstiere sterben. Orale und inhalative Toxizität werden meistens an Ratten oder Mäusen untersucht, dermale Vergiftungen dagegen an Kaninchen. Es wird wie folgt eingestuft:

Gefahrenklasse akute Toxizität




		LD50-Wert (mg/kg Körpergewicht) LC50-Wert (mg/l Luft – Dauer: 4 h)	H-Satz	Piktogramm Signalwort
Kategorie 1	oral	LD ₅₀ : ≤ 5	H300 (Lebensgefahr bei Verschlucken)	 GHS06 Gefahr
	dermal	LD ₅₀ : ≤ 50	H310 (Lebensgefahr bei Hautkontakt)	
	inhalativ	LC ₅₀ : ≤ 0,5	H330 (Lebensgefahr bei Einatmen)	
Kategorie 2	oral	LD ₅₀ : 5 - 50	H300 (Lebensgefahr bei Verschlucken)	
	dermal	LD ₅₀ : 50 - 200	H310 (Lebensgefahr bei Hautkontakt)	
	inhalativ	LC ₅₀ : 0,5 - 2	H330 (Lebensgefahr bei Einatmen)	
Kategorie 3	oral	LD ₅₀ : 50 - 300	H301 (Giftig bei Verschlucken)	
	dermal	LD ₅₀ : 200 - 1000	H311 (Giftig bei Hautkontakt)	
	inhalativ	LC ₅₀ : 2 - 10	H331 (Giftig bei Einatmen)	
Kategorie 4	oral	LD ₅₀ : 300 - 2000	H302 (Gesundheitsschädlich bei Verschlucken)	 GHS07 Achtung
	dermal	LD ₅₀ : 1000 - 2000	H312 (Gesundheitsschädlich bei Hautkontakt)	
	inhalativ	LC ₅₀ : 10 - 20	H332 (Gesundheitsschädlich bei Einatmen)	



- Es ist kein Druckfehler, dass die Kategorien 1 und 2 eine vollkommen gleiche Einstufung zur Folge haben.
- An die Stelle gemessener LD bzw. LC-Werte können komplexe Äquivalente treten.
- Die hier angegebenen LC-Werte gelten für Dämpfe, also aus einer Flüssigkeit entwickeltem Gas. Davon unterschieden wird, was per se schon ein Gas ist, sowie Stäube und Nebel, für die jeweils eigene Konzentrationsbereiche gelten.

¹ Gucken Sie bei den LC-Werten genau hin wofür sie gelten. Auch die ökologische Toxizität wird u.a. mit LC-Werten beschrieben. Hier werden jedoch Fische oder Wasserflöhe einer bestimmten Giftkonzentration im **Wasser** ausgesetzt. Dabei handelt es sich also nicht um einen **Atemluft**grenzwert.

5.5.3 Weitere toxische Eigenschaften

Zusätzlich gibt es die beiden Gefahrenklassen „Spezifische Zielorgantoxizität“ bei „einmaliger“ bzw. „wiederholter Exposition“. Der Begriff „Spezifische Zielorgantoxizität“ wird gern auch mit **STOT** (= **S**pecific **T**arget **O**rgan **T**oxicity) abgekürzt. Gemeint sind damit reversible oder nicht reversible nicht unbedingt letale Schädigungen einzelner Organe. Es wird wie folgt eingestuft:


Gefahrenklasse „Spezifische Zielorgantoxizität (einmalige Exposition)“	
Kategorie 1 H370 (Schädigt die Organe)	 GHS08 Gefahr
Kategorie 2 H371 (Kann die Organe schädigen)	 GHS08 Achtung
Kategorie 3 H335 (Kann die Atemwege reizen) *) H336 (Kann Schläfrigkeit und Benommenheit verursachen) *)	 GHS07 Achtung

Gefahrenklasse „Spezifische Zielorgantoxizität (wiederholte Exposition)“	
Kategorie 1 H372 (Schädigt die Organe bei wiederholter oder längerer Exposition)	 GHS08 Gefahr
Kategorie 2 H373 (Kann die Organe schädigen bei wiederholter oder längerer Exposition)	 GHS08 Achtung

*) anzugeben ist nur das, was zutrifft

- Sofern spezifische Organe betroffen sind, sind diese zu benennen.
- Sofern nur ein bestimmter Aufnahmeweg zu einer Schädigung führt, ist dieser zu benennen

Dem Problem, dass vor allem Kleinkinder Lampenöle trinken und dabei schwere Lungenschäden davontragen, wird durch eine eigene Gefahrenklasse „Aspirationsgefahr“ Rechnung getragen. Sie hat nur eine Kategorie. Die Einstufung ist wie folgt

Kategorie 1 H304 (Kann bei Verschlucken und Eindringen in die Atemwege tödlich sein)	 GHS08 Gefahr
--	---

5.5.4 Krebserzeugende, mutagene und reproduktionstoxische Stoffe (KMR-Stoffe)



Für krebserzeugende, mutagene und reproduktionstoxische Stoffe gibt es jeweils eine eigene Gefahrenklasse. Jede dieser Gefahrenklassen ist in sinngemäß gleicher Weise in drei Kategorien aufgeteilt. Vereinfacht lauten diese wie folgt:

Definition	Kategorie
Sicher wirksam für den Menschen (aus epidemiologischen Studien ermittelt)	1a
Sonstige erwiesene Wirksamkeit (Tierversuche, Keimzellen etc.)	1b
(Ernst zu nehmender) Verdacht auf Wirkpotential	2

Stoffe, der Kategorie 1b sind so zu behandeln, als wären sie für den Menschen wirksam, werden also auch gleich gekennzeichnet¹.



¹ Beachten Sie: Auch die akute Toxizität wurde ja durch Tierversuche ermittelt. (Siehe Kap. 5.5.2)

Gefahrenklasse Karzinogenität



Klasse/ Kategorie	H-Satz	Piktogramm Signalwort
1a, 1b	H350 (Kann Krebs erzeugen)	 GHS08 Gefahr
2	H351 (Kann vermutlich Krebs erzeugen)	 GHS08 Achtung

Falls das Wirkpotential nur bei einer Applikationsart besteht, so ist diese anzugeben. Beispiel: „Kann Krebs erzeugen beim Einatmen“

Gefahrenklasse Keimzellmutagenität

Klasse/ Kategorie	H-Satz	Piktogramm Signalwort
M1a, K1b	H340 (Kann genetische Defekte verursachen)	 GHS08 Gefahr
M2	H341 (Kann vermutlich genetische Defekte verursachen)	 GHS08 Achtung

Gefahrenklasse Reproduktionstoxizität

Klasse/ Kategorie	H-Satz	Piktogramm Signalwort
1a, 1b	H360 (Kann die Fruchtbarkeit beeinträchtigen oder das Kind im Mutterleib schädigen) ¹ H360D (Kann das Kind im Mutterleib schädigen) H360F (Kann die Fruchtbarkeit beeinträchtigen)	 GHS08 Gefahr
2	H361df (Kann vermutlich die Fruchtbarkeit beeinträchtigen oder das Kind im Mutterleib schädigen) ² H361d (Kann vermutlich das Kind im Mutterleib schädigen) H361f (Kann vermutlich die Fruchtbarkeit beeinträchtigen)	 GHS08 Achtung

Erfolgt die schädigende Wirkung über die Muttermilch, wird mit H362 (Kann Säuglinge über die Muttermilch schädigen) gekennzeichnet. Dieser H-Satz zieht kein Piktogramm nach sich.

Aus der Einstufung des KMR-Wirkpotentials kann keine Aussage zur Wirkungsstärke abgeleitet werden sondern nur darüber, welcher Art die Erkenntnisse sind!

Das führt leider dazu, dass zwischen stark und schwach wirksamen Stoffen gefahrstoffrechtlich nicht unterschieden wird und also schwach wirksamen KMR-Stoffe genauso zu behandeln sind wie die stark wirksamen Stoffe. Die Erkenntnis des Wirkpotentials ist überdies auch eine Auslegungsfrage. Die Mitgliedsländer der EU behalten sich deshalb vor, abweichend von einer vorhandenen harmonischen Einstufung (Siehe Kap. 9.3.1) eigene Bewertungen zum KMR-Potential vorzunehmen. In Deutschland sind deshalb auch die in der **TRGS 905** („Verzeichnis krebserzeugender, erbgutverändernder oder fortpflanzungsgefährdender Stoffe“) vorgenommenen Einstufungen zu beachten. Wer im Labor die verwendeten KMR-Stoffe ermitteln will, kann sich also nicht auf das Flaschenetikett verlassen, sondern muss zusätzlich die **TRGS 905** konsultieren. Glücklicherweise enthält die Stoffliste der **TRGS 905** nur wenige labortypische Chemikalien, weshalb die Recherche meist wenige bis gar keine zusätzlichen Stoffe hervorbringt, die trotz fehlender Kennzeichnung ebenfalls als wirksam anzusehen sind.¹



¹ Wenn nur eine der beiden Gefährdungen zutrifft, soll auch nur diese angegeben werden. Für die Codierung hat sich dabei etabliert, die beiden Buchstaben „D“ (=Development) und „F“ (=Fertility) zu verwenden.

² Analoges gilt für das vermutete Wirkpotential – nur dass hier die beiden Kleinbuchstaben „d“ und „f“ verwendet werden.

5.5.5 Verätzungen, Reizungen



Chemikalien sind ätzend, wenn der Kontakt mit dem Körper zu Gewebeerstörungen führt. Reagiert das Körpergewebe ‚nur‘ mit einer Entzündung, spricht man von einer Reizung. Ein ätzender Stoff ist in verdünnter Form üblicherweise immer noch reizend. Es ist also folgerichtig, wenn das GHS diese beiden Wirkungsarten nur als Kategorien einer Gefahrenklasse unterscheidet und stattdessen zwischen den Gefahrenklassen „Ätz-/Reizwirkung auf die Haut“ und „Schwere Augenschädigung/Reizung“ unterscheidet. Atemwegreizungen sind – vermutlich wegen der infolge des drohenden Lungenödems schwerwiegenden Folgen – in die Gefahrenklasse „Spezifische Organtoxizität“ (Siehe Kap. 5.5.3) ausgelagert. Einstufungskriterium ist die Zeit, innerhalb der Kaninchenhaut durchgeätzt ist.

Gefahrenklasse „Ätz-/Reizwirkung auf die Haut

Kategorie H-Satz	Piktogramm Signalwort
Kategorie 1A, 1B, 1C H314 (Verursacht schwere Verätzungen der Haut und schwere Augenschäden)	 GHS05 Gefahr
Kategorie 2 H315 (Verursacht Hautreizungen)	 GHS07 Achtung

Es ist kein Druckfehler, dass die drei Kategorien 1A, 1B, 1C gleich gekennzeichnet werden.



Gefahrklasse „Schwere Augenschädigung/Augenreizung“

Kategorie H-Satz	Piktogramm Signalwort
Kategorie 1A, 1B, 1C H318 (Verursacht schwere Augenschäden)	 GHS05 Gefahr
Kategorie 2 H315 (Verursacht schwere Augenreizung)	 GHS07 Achtung

¹ Das wichtigste Beispiel ist Chloroform, welches zwar als präparatives Lösemittel weitgehend durch Methylenchlorid ersetzt worden ist, jedoch in deuterierter Form das Standardlösemittel für die NMR-Spektroskopie ist. Chloroform ist ein schwaches Karzinogen.

5.5.6 Sensibilisierende Stoffe

Sensibilisierende Stoffe sind Stoffe, die Allergien auslösen. Die Gefahr ist sehr heimtückisch. Es erwischt bei weitem nicht jeden, aber wen es erwischt, den kann es fürchterlich treffen. Es gibt sehr starke Allergene und es gibt schwächere. Die Einstufung sieht aber auch hier keine Abstufungen vor sondern unterscheidet lediglich den Aufnahmeweg. Die Gefahrenklasse „Sensibilisierung der Atemwege oder der Haut“ hat dazu die beiden Kategorien „Atemwege Kategorie 1“ und „Haut Kategorie 1“. Es wird wie folgt eingestuft:

Kategorie H-Satz	Piktogramm Signalwort
Atemwege Kategorie 1 H334 (Kann bei Einatmen Allergien, asthmaartige Symptome oder Atembeschwerden verursachen)	 GHS08 Gefahr
Haut Kategorie 1 H317 (Kann allergische Hautreaktionen verursachen)	 GHS07 Achtung

5.5.7 Verhütung von Vergiftungen, Verätzungen und Sensibilisierungen

Da sowohl Gifte wie auch Ätz- und Reizstoffe sowie Allergene vom Körper ferngehalten werden müssen, können alle diese Substanzklassen daher im Folgenden gemeinsam behandelt werden.

- Beachten Sie die allgemeinen Standardmaßnahmen (Kap. 2)! Die wichtigsten Maßnahmen sind:
 - ⇒ Sich vorher über die Stoffeigenschaften zu informieren!
 - ⇒ Peinlich sauberes Arbeiten.
 - ⇒ Gefäße stets geschlossen halten und nur im Abzug bei möglichst geschlossenem Frontschieber verwenden
 - ⇒ Tragen von Schutzhandschuhen, aber nur dann, wenn dies wirklich sachlich geboten ist.
 - ⇒ Auf mögliche Bildung von Stäuben achten.
 - ⇒ Reaktionsgase auffangen
 - ⇒ Dauerabgesaugte Stellflächen (graues Unterschrankfach unter den Abzügen) nutzen

- Begrenzen Sie kontaminierte Stellen! Verteilen sie kontaminierte Geräte nicht gleichmäßig im Abzug, sondern sammeln Sie diese in einem Eimer oder einer Plastikschale.
- **Verschönern Sie keine Arbeitsflächen mit Zellstoffdeckchen. Diese kaschieren den Dreck anstatt ihn sichtbar zu machen. Schlimmer noch: Es verfängt sich alles darin oder wird aufgesaugt und statt eines kleinen Krümelns haben Sie es mit einer ganzen Hand voll Sondermüll zu tun! Die freigeräumte saubere und vollkommen trockene Arbeitsfläche ist das, was hygienisch einwandfrei ist.**
- Wenn die von Ihnen verwendeten Geräte mit Chemikalien verunreinigt sind, die gesundheitsschädliche Dämpfe entwickeln, müssen Sie diese Geräte auch im Abzug reinigen! Zur Reinigung im Abzug können je nach Erfordernis Plastikschräbelsn mit Seifenwasser oder auch Spritzflaschen mit geeignetem Lösungsmittel („Spülol“) verwendet werden.
- Richten Sie die Öffnung von Reagenzgläsern beim Erhitzen nicht auf Personen!
- Verwenden Sie zum Pipettieren grundsätzlich Pipettierhilfsmittel (Peleusball, „Pi pump“; erhältlich in Raum 31.05! Das Ansaugen mit dem Mund ist verboten. Bringen Sie die genannten Hilfsmittel nach Gebrauch unverzüglich an ihren Standplatz zurück! Eine sehr moderne Alternative zum Abmessen von Flüssigkeiten ist die Verwendung von Spritzen. Erläuterungen zum Umgang mit Spritzen finden Sie in den Versuchsskripten und unter http://www.bcp.fu-berlin.de/chemie/chemie/studium/ocpraktikum/ressourcen/laborpraxis/laborpraxis_webinfos/kanuelen/kanuelen1.html
- Auspuffgase aller Pumpen sind in den Abzug zu leiten.
- Pyrolytisch zersetzte Stoffe (z.B. Destillationsrückstände, gebrauchte Bäder) können krebserzeugend sein.
- Verschüttetes Quecksilber ist restlos zu entfernen!
- Essen und Trinken im Labor ist untersagt. Es dürfen keine Lebensmittel in Laboratoriumsgefäßen (Bechergläser) zubereitet, erwärmt (Trockenschrank) oder gelagert (Kühlschrank) werden. In Gefäße, die in ihrer Art eindeutig als Lebensmittelbehältnisse zu erkennen sind (Milch-, Brauseflaschen, Einweck-, Marmeladengläser etc.) dürfen keine Chemikalien gefüllt werden. (**GefStoffV** 8(6)(7); **DGUV Information 213-850** 4.6.2)
- Giftige und sehr giftige Substanzen sind unter Verschluss so aufzubewahren, dass Unbefugte keinen Zutritt haben. (**GefStoffV** 10(3)) Bringen Sie deshalb derartige Substanzen nach dem Abfüllen unverzüglich an den dafür vorgesehenen Standort (Raum 31.05) zurück!

- Bringen Sie nur saubere Werkstücke zum Glasbläser!

5.5.8 Grenzwerte

Der **Arbeitsplatzgrenzwert** ist der Grenzwert der üblicherweise über einen Arbeitstag gemittelten Raumlufkonzentration eines Gefahrstoffes, bei dessen Einhaltung nicht mit Auswirkungen auf die Gesundheit zu rechnen ist. (**GefStoffV** § 3(6)) Neben dem Schichtmittelwert wird zusätzlich eine **Spitzenwertbegrenzung** definiert, die zu keinem Zeitpunkt überschritten sein darf. Der Arbeitsplatzgrenzwert wird in ml/m^3 (äquivalent dazu ist die Einheit ppm = parts per million) oder in mg/m^3 angegeben. Der in ppm angegebene Wert kann durch Multiplikation mit dem Ausdruck Molgewicht/24 in mg/m^3 umgerechnet werden (gilt für 20 °C und 1013 hPa). Beachten Sie, dass bei der Einheit ml/m^3 Dampfvolumina gemeint sind! Die Angabe in dieser Einheit ist deshalb nur bei verdampfenden Substanzen, also nicht bei Stäuben oder Aerosolen sinnvoll. Arbeitsplatzgrenzwerte werden in der **TRGS 900** veröffentlicht.



Der **Biologische Grenzwert** ist die üblicherweise im Blut oder im Urin bestimmte Grenzkonzentration eines Gefahrstoffes oder eines Metaboliten, bei deren Einhaltung nicht mit Auswirkungen auf die Gesundheit zu rechnen ist. (**GefStoffV** § 3 (7)) Biologische Grenzwerte werden in der **TRGS 903** veröffentlicht. Bislang gibt es nur für sehr wenige Stoffe Biologische Grenzwerte.

Es war in der Vergangenheit ein heftig diskutiertes Thema, ob auch Forschungseinrichtungen zur Überprüfung der Einhaltung von Arbeitsplatzgrenzwerten durch Messungen zu verpflichten sind. Wegen der typischerweise geringen Substanzmengen und einer – wenn überhaupt – immer nur sehr kurzzeitigen Freisetzung, wird das aber nicht mehr eingefordert.


5.6 Umweltgefährdungen

Es wird wie folgt eingestuft:

Gefahrenklasse Gewässergefährdend

Kategorie H-Satz	Piktogramm Signalwort
Akut Kategorie 1 H400 (Sehr giftig für Wasserorganismen)	 GHS09 Achtung
Chronisch Kategorie 1 H410 (Sehr giftig für Wasserorganismen mit langfristiger Wirkung)	
Chronisch Kategorie 2 H411 (Giftig für Wasserorganismen mit langfristiger Wirkung)	 GHS09 Kein Signalwort
Chronisch Kategorie 3 H412 (Schädlich für Wasserorganismen mit langfristiger Wirkung)	Kein Piktogramm Kein Signalwort
Chronisch Kategorie 4 H413 (Kann für Wasserorganismen schädlich sein mit langfristiger Wirkung)	Kein Piktogramm Kein Signalwort

Gefahrklasse „Die Ozonschicht schädigend“

Kategorie H-Satz	Piktogramm Signalwort
Die Ozonschicht schädigend H420 (Schädigt die öffentliche Gesundheit und die Umwelt durch Ozonabbau in der äußeren Atmosphäre)	 GHS07 Achtung

Eine Gewässerschädigung ist – geregelte Entsorgung vorausgesetzt – kein relevantes Problem bei der Laborarbeit. Ganz anders kann es sich bei Stoffen verhalten, die die Ozonschicht schädigen. In der Regel handelt es sich dabei um flüchtige halogenierte Kohlenwasserstoffe, z.B. um Tetrachlormethan. Aufgrund der vorzüglich wirksamen Abzüge dringen solche Lösemittel zwar nicht in die Nase des Operators, jedoch werden erhebliche Mengen verdunsteten Lösemittels vom Dach des Instituts in die

Atmosphäre geblasen. Solche Lösemittel sind also zu vermeiden oder es ist mit ihnen so zu arbeiten, dass es zu keiner nennenswerten Verdunstung kommt.

Als deutsche Besonderheit gibt es neben der vorstehenden Einstufung die sog. **Wassergefährdungsklasse**. Wassergefährdungsklassen sind die Grundlage für zu treffende **vorbeugende Schutzmaßnahmen** gegen unbeabsichtigte Freisetzung. Klassisches Beispiel ist der Heizöltank, der, wenn es sich um einen Erdtank handelt, doppelwandig sein muss und wenn er im Keller steht, sich in einem gesonderten, als Wanne ausgebildeten Raum befinden muss¹. Es gibt die folgenden Einstufungen:

WGK 1: Schwach wassergefährdende Stoffe

WGK 2: Wassergefährdende Stoffe

WGK 3: Stark wassergefährdende Stoffe

Die Einstufung ergibt sich aus einer verwaltungstechnischen Rechenvorschrift, in die das ermittelte Gefahrenpotential, sowie Bioabbaubarkeit und Bioakkumulierbarkeit einfließen. Da der präventive Gewässerschutz im Wesentlichen aus technisch/baulichen Auflagen besteht, folgen aus der Wassergefährdungsklasse in der Regel keine Handlungsverpflichtungen. Ist die bauliche Situation aber unzureichend, können hilfsweise dennoch auch Handlungsverpflichtungen resultieren, z.B. indem im Labor WGK-3-Stoffe grundsätzlich in Wannen aufzubewahren sind, die im Falle eines Behälterbruchs den Inhalt aufnehmen können.

- **Wassergefährdungsklassen dienen nicht dazu zu entscheiden, ob ein Stoff ins Abwasser entsorgt werden darf oder nicht².**

¹ Es ist also nicht etwa einer vermeintlichen Dummheit des Architekten zu verdanken, dass die Tür zu diesem Raum ‚zu hoch‘ angebracht ist und man also beim Betreten über eine Stufe steigen muss.

² Zulässige Abwasserbelastungen werden durch kommunale „Indirekteinleiterverordnungen“ festgelegt. Für die FU Berlin ist das also z.B. die Indirekteinleiterverordnung des Landes Berlin.

6 Spezielle Arbeitstechniken

6.1 Absolutieren von Lösemitteln

Im Praktikum finden Sie für die benötigten wasserfreien Lösemittel bereits fertig aufgebaute Apparaturen vor, in denen die nachfolgend beschriebenen Maßnahmen bereits verwirklicht sind.

- Glaskühler können feine Haarrisse haben. Tritt dort Wasser aus und kommt mit dem Trockenmittel in Kontakt, können verheerende Reaktionen die Folge sein. Für Absolutierungen werden deshalb Metallkühler verwendet.
- Glaskühler sind bruchgefährdet. Manchmal entstehen kleine Haarrisse, die kaum zu sehen sind. Werden Lösemittel getrocknet, werden dafür meist Reagentien verwendet, die sehr heftig mit Wasser reagieren. Durch einen Haarriss im Kühler in den Reaktionsinhalt eindringendes Kühlwasser hätte also verheerende Auswirkungen. Deshalb werden in solchen Fällen Metallkühler verwendet.
- Manche Trockenmittel (Alkalimetalle, Hydride) zersetzen das Wasser unter Wasserstoffbildung. Entsprechende Apparaturen dürfen deshalb nicht gasdicht verschlossen werden. In die Praktikumsapparaturen ist zur Druckentlastung eine mit „Orange-Gel“ gefüllte Gaswaschflasche eingebaut.
- Halogenkohlenwasserstoffe können explosionsartig mit Natrium reagieren. Bringen Sie beides daher niemals in Kontakt! (Trocknen Sie Lösungsmittel niemals auf eigene Faust sondern stets nach einer Vorschrift!) Ähnlich heftig kann die Reaktion der Halogenkohlenwasserstoffe mit Aluminium sein. Füllen Sie diese Substanzen daher niemals in Aluminiumgefäße ein!

6.2 Druckgasflaschen

Druckgasflaschen gehören zu den gefährlichen Laborgeräten. Ausführliche Anleitungen erhalten Sie unter:

[http://www.bcp.fu-](http://www.bcp.fu-berlin.de/chemie/chemie/studium/ocpraktikum/ressourcen/laborpraxis/laborpraxis_webinfos/druckgase/)

[berlin.de/chemie/chemie/studium/ocpraktikum/ressourcen/laborpraxis/laborpraxis_webinfos/druckgase/](http://www.bcp.fu-berlin.de/chemie/chemie/studium/ocpraktikum/ressourcen/laborpraxis/laborpraxis_webinfos/druckgase/)

6.3 Nachtlabor

Das unbeaufsichtigte Betreiben einer Apparatur ist nur zulässig, wenn dies aus sachlichen Gründen geboten ist.

- Beispiel: Ein 6-Stunden-Versuch kann an einem normalen 8-Stunden-Praktikumstag normal absolviert werden. Wer erst z.B. um 13:00 erscheint, erwirbt damit nicht das Recht, den Versuch im Nachtlabor auszuführen.

Die Versuchsdauer darf nicht länger sein, als für das Versuchsergebnis notwendig.

- Beispiel: Ein Versuch, der nach Vorschrift über Nacht lauen soll, darf nicht über das gesamte Wochenende in Betrieb bleiben.

Apparaturen, die unbeaufsichtigt über Nacht laufen sollen, müssen bis zum Erreichen konstanter Betriebsbedingungen überwacht werden.

- Beispiel: Es ist unzulässig, eine Apparatur schon während des Aufheizens sich selbst zu überlassen. Insbesondere der Kühlwasserstrom muss so lange nachjustiert werden, bis er konstant läuft.

Apparaturen, die unbeaufsichtigt im Nachtlabor betrieben werden, müssen umfänglich gegen Störfälle abgesichert werden. Einzelheiten siehe:

http://www.bcp.fu-berlin.de/chemie/chemie/studium/ocpraktikum/ressourcen/laborpraxis/laborpraxis_webinfos/nachtlabor/index.html

Kennzeichnen Sie Ihre Apparatur unter Verwendung des dafür vorgesehenen **Vordrucks**. Bringen Sie einen zweiten gleichartigen Vordruck außen an der Tür des Nachtlabors an, damit bei Brand oder sonstigen Unfällen auch ohne das Betreten des Raumes über die notwendigen Schritte entschieden werden kann. Führen Sie vor dem Verlassen die Apparatur Ihrem Assistenten bei laufendem Betrieb vor!

Lassen Sie im Nachtlabor keine Chemikalien stehen!

7 Schnittverletzungen

Die Schnittverletzung ist die häufigste Verletzung im Labor!

- Alles scharfkantige gehört in den Abfall. Verwenden Sie die in Kap. 3 beschriebenen Entsorgungsgefäße. Wenn Ihnen Glasgeräte im Spülbecken zerspringen, so stellen Sie laufendes Wasser ab und sammeln Sie die Scherben auf! Verwenden Sie dazu Tiegelzange oder Pinzette, damit Sie sich nicht schneiden!
- Schmelzen Sie Glasrohre und -stäbe rund! Ein Bunsenbrenner befindet sich in Raum 31.05.
- Jedes Glas, auf das sie in irgendeiner Weise Kraft ausüben wollen, müssen Sie **kurz** anfassen. (Glasrohr durch Gummistopfen, trennen von festsitzenden Schliffverbindungen) Jegliches Ausnutzen einer Hebelwirkung führt zu Bruch und Verletzung! Fragen sie lieber den Assistenten, bevor Sie sich verbinden lassen müssen!
- Tragen Sie Glycerin als Gleitmittel auf, wenn Sie Gummi auf Glas schieben (Glasrohr durch Gummistopfen, Gummischlauch auf Anschlussstutzen) Kleine Tropffläschchen mit Glycerin befinden sich in jedem Labor. Die Verbindungen sind nach einiger Zeit trotz Gleitmittel fest. Vermeiden Sie rohe Gewalt! Festsitzende Schläuche werden abgeschnitten. In anderen Fällen geht manchmal auch nichts mehr und es muss entsorgt werden. Ältliche PVC-Schläuche werden temporär wieder geschmeidig, wenn Sie sie vor dem Aufziehen in warmes Wasser tauchen.
- Tragen Sie zum Lösen festgefressener Schliffverbindungen Schutzhandschuhe! Sie erhalten dadurch eine erhöhte Griffigkeit und schützen Ihre Hände vor plötzlichem Herausschwappen von Flüssigkeit, wenn die Verbindung plötzlich aufgeht. Wenn der Schnitenschutz im Vordergrund steht, so stehen dafür in Raum 31.02 spezielle Schutzhandschuhe bereit. Umwickeln Sie die Geräte nicht mit Tüchern, auch wenn Sie dies gelegentlich so beschrieben finden! (Dies setzt die Geschicklichkeit herab.). Das Trennen von festsitzenden Schliffverbindungen erfordert Erfahrung. Sofern die Verbindungen sich nicht spontan trennen lassen, sind folgende Maßnahmen möglich:
 - ⇒ Klopfen mit einem Holzstück
 - ⇒ Erwärmen in der Bunsenflamme. Einfach nur irgendwie heiß machen hilft nicht. Sinn des Erwärmens ist es, die Schliffhülse schneller heiß zu bekommen als den Schliffkern. Die Hülse soll sich durch die Wärme ausdehnen und dabei den Kern frei geben. Folgende Dinge dürfen nicht erwärmt werden:
 - Nicht temperaturbeständige Gläser.
 - Festsitzende HahnkükenEs kommt häufig vor, dass Hahnküken aus einem anderen Glasmaterial gefertigt werden

als sonst für Schliiffgeräte üblich. Dieses Material zeichnet sich durch einen höheren Ausdehnungskoeffizienten aus. Bei Erwärmen zersprengt das Hahnküken also die Hülse, in dem es sitzt. Da es schwierig zu erkennen ist, aus welchem Material das Hahnküken gefertigt ist, unterlassen Sie das Anwärmen bitte grundsätzlich!

- ⇒ Kriechöle in die Schliiffflächen einziehen lassen. Da diese Flüssigkeiten mindestens Stunden, oft sogar tagelang einziehen müssen, ist dies bei Praktikanten meist eher weniger beliebt.
- ⇒ Auskochen mit Wasser (Nicht bei verschlossenen Gefäßen!).
- ⇒ Einlegen in ein Ultraschallbad.

Abhängig vom Einzelfall ist die zu treffende Maßnahme abzuwägen. Ziehen Sie Ihren Assistenten zu Rate! Sie selbst sind Grundpraktikant und fassen in der Regel die zu trennenden Teile meist noch etwas ungeschickt an. Weitere Anleitungen zum Trennen von Schliiffen siehe

http://www.bcp.fu-berlin.de/chemie/chemie/studium/ocpraktikum/ressourcen/laborpraxis/laborpraxis_webinfos/schliiffverbindungen/trennen.html

- Klammern Sie Apparaturen so, dass die unterste Stativklemme die Apparatur trägt, die oberen nur abstützen (und also nicht ganz fest zuge dreht werden). Verwenden Sie nicht mehr Klemmen als notwendig. Dies erhöht die Gefahr von Verspannungen. Stativklemmen müssen einen ausreichenden Korkbelag haben. Unterstützen Sie große, in eine Apparatur eingespannte Kolben auch von unten! (z.B. durch einen Korkring. Auch die Auftriebskraft durch Eintauchen in ein Heizbad entlastet den Kolben.) Klammern Sie größere Dreihalskolben nicht am Seitenhals!
- Setzen Sie dickwandige Gefäße (Exsikkator, Saugflasche) keinen Temperaturschwankungen aus! Exsikkatoren können schon beim Ausspülen mit warmem Wasser zerspringen!

8 Erste Hilfe

8.1 Grundsätze

Standorte von Erste-Hilfe-Material erkennen Sie an den Schildern mit weißem Kreuz auf grünem Grund (Siehe rechts). Der nächste Erste-Hilfe-Kasten im Praktikum befindet sich in Raum 31.05.



- **In Notfallsituation gilt immer Eigenschutz vor, also spielen Sie keinen Helden!**
- Alle Verletzungen jeglicher Art sind im Verbandbuch zu dokumentieren. (**DGUV Vorschrift 1 § 24(6)**)
- Alle Verletzungen, die nicht zweifelsfrei Bagatelldarakter haben, müssen dem Notarzt vorgestellt werden. Zur Sicherstellung der Kostenübernahme durch die zuständige Unfallkasse ist eine Unfallmeldung auszufüllen (Vordruck bei Praktikumsleitung).
- Die Unfallkassen verlangen, dass bei schwerwiegenderen Unfällen ein sog. Durchgangsarzt hinzugezogen wird, der besondere berufliche Qualifikationen hat. Erste-Hilfe-Stationen haben in der Regel einen Durchgangsarzt.
- Es kann zweckmäßig sein, dem Arzt Informationen über das Wirkpotential der beteiligten Chemikalien zugänglich zu machen. (Sicherheitsdatenblatt, GESTIS, Siehe Kap. 2.1)
- Eine kontrovers diskutierte Frage ist, ob man bei leichten Verletzungen das Opfer selbst, also z.B. mit dem eigenen PKW, zur Erste-Hilfe-Stelle bringen kann oder dies grundsätzlich der Feuerwehr überlassen sollte. Wer ein Unfallopfer mit dem eigenen PKW zur nächsten Erste-Hilfe-Stelle fährt, braucht eine zweite Begleitperson, die sich unterwegs um das Unfallopfer kümmert, weil dessen Zustand sich unterwegs unerwartet verschlimmern könnte. Da die Feuerwehr ein Unfallopfer nicht einfach nur an der Ersten-Hilfe-Stelle abgeliefert sondern ausschließlich einem Arzt übergibt, ist dadurch ein wesentlich schnellerer Behandlungsbeginn gewährleistet. Der Selbsttransport der verletzten Person zum Arzt bzw. Notaufnahme ist untersagt.
- Für komplexere Erste-Hilfe-Leistungen stehen die Ersthelfer des Instituts zur Verfügung. Sie erreichen sie unter der Sammelrufnummer 54300. Eine Liste der Ersthelfer finden Sie im Internet unter
http://www.bcp.fu-berlin.de/fachbereich/service/liegenschaften/Liegenschaften_Chemie_und_Biochemie/takustrasse3/ersthelfer.html

8.2 Angebotsuntersuchungen

Schon der Umgang mit Allergienlösemitteln wie Hexan, Methanol, Ethanol und Toluol erzwingt sog. Angebotsuntersuchungen nach § 5 der Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge. In der Praxis bedeutet das, dass Sie sich vom Betriebsarzt (Siehe Kap. 1) der FU kostenlos beraten und gfls. auch untersuchen lassen können, wenn Sie z.B. eine gesundheitliche Beeinträchtigung durch die Tätigkeit im Praktikum befürchten. Der Betriebsarzt ist nicht dazu da, Sie mal eben kostenlos von oben bis unten „durchzuchecken“, sondern er wird bei einem konkreten Problem tätig. Er wird dabei nur beraten aber gesundheitliche Beschwerden nicht behandeln. Es ist rechtlich vorgeschrieben, an dieser Stelle auch noch zu versichern, dass weder Annahme noch Ablehnung zu Nachteilen führt und dass die FU Berlin lediglich über die Wahrnehmung dieses Angebots, nicht aber über das Ergebnis unterrichtet wird.

8.3 Kreislaufprobleme, Schock

Auch vermeintlich harmlose Verletzungen können erhebliche, psychisch bedingte Folgen nach sich ziehen, z.B. Aufgeregtheit („keinen klaren Gedanken fassen können“), Kreislaufprobleme („absacken des Kreislaufs“) Bewusstseinsverlust (z.B. „kein Blut sehen können.“) oder im Extremfall sogar einen lebensbedrohlichen Schock. Beruhigend mit dem Opfer reden, es niemals alleine lassen und sorgsames Beobachten sind deshalb wichtige Erste-Hilfe-Maßnahmen.

Der Schockzustand ist lebensbedrohlich! Anzeichen sind:

- Aschgraue und kalte Arme und Beine infolge der sog. „Zentralisation“ der Blutversorgung bei der nur noch die notwendigsten Organe mit Blut versorgt werden. Der Patient friert in der Regel.
- Patient wirkt hilflos und ist unruhig oder hat sogar Todesangst (Frühstadium) oder er ist apathisch (Spätstadium).
- Der sehr schnelle (>100/Min), infolge der Blutdruckerniedrigung aber kaum tastbare Puls ist zwar ein sehr sicheres Zeichen, allerdings ertasten ungeübte Personen häufig fälschlich ihren eigenen Puls, weshalb sogar ausgebildete Ersthelfer keinen Puls tasten sollen.

Begegnen Sie diesen Symptomen durch:

- Ruhe und beruhigendes Zusprechen (Lassen Sie den Verletzten nicht alleine!)
- Sorgen Sie für Wärme! (Unterlage, Decke) Günstig sind auch warme Getränke (Kaffee, Tee)

- Sorgen Sie dafür, dass der Patient flach liegt, wobei die Beine leicht über Herzhöhe (ca. 10 cm) gelagert werden sollen. Achten Sie darauf, dass die Kniegelenke entlastet sind. Andernfalls ist die Lagerung für den Patienten alsbald unerträglich.
- Bei Verdacht eines Schockzustandes ist grundsätzlich der Notarzt hinzuzuziehen.

8.4 Erste Hilfe bei Schnittverletzungen

Waschen Sie Wunden nicht aus! Lassen Sie stattdessen zum Ausspülen von Fremdkörpern einige Zeit ausbluten! Anschließend wird je nach Größe der Wunde mit zweckdienlichem Verbandmaterial verbunden. Überlassen Sie das Verbinden größerer Wunden möglichst ausgebildeten Ersthelfern. Auch harmlose Verletzungen können zu Beginn relativ stark bluten. Man kann eine Blutung durch mäßigen Druck auf die Wunde über 1 bis 2 Minuten mit einem hygienisch einwandfreien Material temporär zum Stehen bringen¹. Die Wunde lässt sich so zum einen besser beurteilen, ob es sich um einen „Pflasterfall“ handelt oder ob ärztliche Versorgung angezeigt ist. Zum anderen kann sie so besser hygienisch einwandfrei verbunden werden.

Im Regelfall ist aufgrund der ersten Inaugenscheinnahme eindeutig, ob Fremdkörper in der Wunde stecken oder nicht². Den Druck soll dennoch das Unfallopfer selbst ausüben und zwar nur dann, wenn das schmerzfrei möglich ist.³ Gelingt die Blutstillung auf diese Weise nicht, so ist ein Druckverband anzulegen. Fremdkörper werden nicht aus der Wunde entfernt. In diesem Fall wird natürlich auch nicht auf die Wunde gedrückt⁴, sondern nur verbunden. Betroffene Gliedmaßen sind ruhig zu stellen. Insbesondere in der Hand herrscht inwendig durch die vielen Sehnen viel Bewegung, weshalb eingedrungene Splitter dort blitzschnell umherwandern können.

Größere Schnittverletzungen sind im Zweifelsfall dem Notarzt vorzustellen. Im Allgemeinen ist dann ein Vernähen der Wunde notwendig. Meist wird dann auch eine Tetanus-Impfung durchgeführt.

¹ Ganz sicher kennen Sie diesen Effekt aus der Arztpraxis: Wird Ihnen Blut abgenommen, so hat die Assistentin beim Herausziehen der Kanüle ein Stückchen Zellstoff griffbereit, mit dem Sie ein bis zwei Minuten auf die Einstichstelle drücken sollen, bevor das Pflaster aufgeklebt wird.

² Wenn „nichts“ zu sehen ist, kann auch eine deutliche Schwellung Anzeichen für enthaltene Fremdkörper sein.

³ Eine frische Schnittwunde ist bei Druck tatsächlich schmerzfrei. Das bekannte „Pochen“ der Wunde kommt erst später

⁴ Oft ist die Furcht groß, dass etwas in der Wunde stecken könnte, was aber in Wirklichkeit eher selten der Fall ist.

8.5 Erste Hilfe bei oralen Vergiftungen und Verätzungen

Vollkommen konträr zur Bedeutungslosigkeit von oralen Vergiftungen im Labor findet man hierfür Erste-Hilfe-Maßnahmen in einer fast schon absurden Vielfältigkeit und Widersprüchlichkeit:

Werfen Sie das alles über Bord!

Als Ersthelfer lassen Sie nichts trinken (auch Wasser) und lösen **kein** Erbrechen aus!¹ Es dürfen mit sterilen Tuch nur die Lippen angefeuchtet werden. Insbesondere rufen Sie die Feuerwehr!

8.6 Erste Hilfe bei Inhalationsvergiftungen oder -verätzungen

Eine Inhalationsvergiftung ist die am schwierigsten zu beurteilende Verletzungsart: Sie können es dem Opfer nämlich nicht ansehen, wie stark die Lunge geschädigt ist. Auch wenn das Opfer nicht hustet, schwer oder rasselnd oder keuchend atmet, kann es sein, dass sich ein heimtückisches, weil bis zu 36 Stunden später auftretendes lebensbedrohliches Lungenödem entwickelt.

- Bringen Sie den Verletzten sofort an die frische Luft! Sorgen Sie dafür, dass die Lunge des Opfers entlastet wird, indem Sie es z.B. veranlassen, sich hinzusetzen und ruhig zu verhalten auch wenn es sich gehfähig fühlt.
- Befragen Sie das Opfer sofort über den Hergang und **untersuchen Sie unverzüglich die Unfallstelle!** Versuchen Sie dort, Rückschlüsse auf das Unfallgeschehen zu erhalten.
- Ist die Gefährdung an der Unfallstelle noch vorhanden, muss verhindert werden, dass andere Personen in die Gefahrenzone gelangen. In der Regel werden betroffene Räumlichkeiten geschlossen oder zumindest bewacht.
- Gase können sich „in der Bekleidung verfangen“, indem sie dort adsorptiv gebunden werden. Da im Freien die Gase langsam wieder desorbiert werden, kann das Opfer das toxische Gas auch an der vermeintlich frischen Luft noch lange Zeit einatmen. Durchgaste Bekleidung muss deshalb entfernt werden. Auch das Duschen kann wegen kontaminierter Haare vorteilhaft sein.²

Sie sehen: Es sind möglicherweise viele Dinge gleichzeitig zu tun. Holen Sie möglichst weitere Hilfe und delegieren Sie die Aufgaben!

¹ Es droht z.B. die giftbedingte Bewusstseinstäubung. Gelangt der Mageninhalt wegen Panik oder mangelhafter Körperkontrolle in die Luftröhre, ist das auf jeden Fall tödlich.

² Es ist dabei aber die Frage, welche Maßnahmen man bis zum Eintreffen der Feuerwehr sinnvoll zu Ende gebracht werden könnten. Der schnellstmögliche Transport hat Vorrang. Der eintreffenden Feuerwehr sagen zu müssen: „Warten Sie mal noch'n bisschen, der Patient duscht gerade noch.“ wäre nicht wirklich gut.

- Wann immer Zweifel an der Harmlosigkeit der Inhalation bestehen, muss das Opfer dem Notarzt überstellt werden. Vor allem nach dem Einatmen von reizenden oder ätzenden Stoffen ist die Lungenödemgefahr groß. Um das drohende Lungenödem zu bekämpfen, gibt der Arzt dem Opfer Cortison in hohen Dosen.

Stellen Sie sich folgende Situation vor:

Sie finden eine bereits bewusstlose Person in einem durchgasten Raum vorfinden, gibt es vier Möglichkeiten.

1. Sie holen tief Luft, halten den Atem an und ziehen die Person heraus. Gelingt Ihnen das und die Person lebt, sind Sie ein Held.
2. Sie holen tief Luft und wollen die Person aus dem Raum herausziehen. Aber es gelingt Ihnen nicht und Sie sinken ebenfalls ohnmächtig zu Boden. Dann sind (oder waren) Sie ein Dummkopf.
3. Sie beschaffen sich eine Atemschutzmaske mit einem Notfallrettungsfilter und holen damit die Person aus dem Gefahrenbereich. Es wird 5 bis 10 Minuten dauern, bis sie die Maske mit dem richtigen Filter dicht am Kopf haben. Das kann für die Person schon zu lange sein.
4. Sie rufen die Feuerwehr, die innerhalb von 10 Minuten vor Ort ist – anschließend vielleicht weitere 10 Minuten benötigt, bis ein Feuerwehrmann mit dem erforderlichen Atemschutz vor der betreffenden Labortür bereitsteht. Alles in allem hat die Person dann sicherlich mindestens eine halbe Stunde in der vergifteten Atmosphäre gelegen – und ist längst tot.

Wie würden Sie sich entscheiden? Bereiten Sie sich innerlich auf solche Situationen vor!

Das klingt alles sicher sehr beunruhigend. Deshalb sollte anders herum auch festgestellt werden, dass Sie nicht gleich gesundheitlich bedroht sind, wenn Sie einmal kurz etwas gerochen haben – selbst dann wenn das widerlich oder stechend war und Sie im Nachgang den Geruch lange Zeit „nicht los werden“ oder noch einige Zeit einen komischen Geschmack im Mund haben. Bei Salpetersäure reichen zum Beispiel wenige Atemzüge, um ein tödliches Lungenödem zu erzeugen. „Wenige Atemzüge“ wären zum Beispiel „3“. Wenn Sie aber Salpetersäure verschütten: Ist es dann so, dass Sie dann daneben stehen bleiben und tatsächlich drei Atemzüge auf sich wirken lassen oder ist es so, dass Sie in einer Schreckreaktion die Luft anhalten – vielleicht den Frontschieber noch schließen und ansonsten aber sofort und natürlich richtigerweise das Weite suchen? Wenn Sie so reagieren, sind gesundheitliche Folgen eher unwahrscheinlich.

8.7 Erste Hilfe bei Gifteinwirkung oder Verätzung auf der Haut

Egal, was Sie irgendwo und irgendwann gelesen haben: Spülen Sie zuerst mit reichlich Wasser – und zwar sofort und ohne nachzudenken. Bei - noch - unverletzter Haut verwenden Sie Wasser und Seife!

- Legen Sie durchtränkte Kleidung sofort vollständig ab! Denken Sie als Ersthelfer an den Selbstschutz! (*Fassen Sie ohne Handschutz keine durchtränkten Kleidungsstücke an!*) Als Opfer werden Sie in einer solchen Situation dankbar sein, wenn Sie Ihre komplette Ersatzkleidung im Garderobenspind wissen! (Siehe Kap. 2.4.4)
- Bei wasserlöslichen Substanzen wird fortdauernd mindestens 10 Minuten weiter mit Wasser gespült. Wählen Sie die Wassertemperatur nicht höher als es zur Aufrechterhaltung des Wohlbefindens notwendig ist! (*Heißes Wasser erhöht die Resorption durch die Haut!*) Benutzen Sie die Notdusche, wenn größere Körperpartien betroffen sind! Setzen Sie das Duschen in einer normalen Dusche fort, wenn die Kälte des Wasserstrahls der Notdusche nicht mehr zu ertragen ist! Eine Dusche befindet sich im Keller neben der Betriebstechnik.
- Bei schlecht oder gar nicht wasserlöslichen Stoffen wird nach dem Abspülen oder besser Abseifen anschließend Polyethylenglycol (PEG 400) aufgetupft¹. PEG dringt selbst nicht in die Haut ein und kann viele organische Stoffe lösen und ist deshalb besonders geeignet zur Rückresorption dieser Stoffe. Es soll möglichst lange auf der Haut verbleiben und immer wieder erneuert werden².
- Verwenden Sie keine organischen Lösungsmittel zum Abwaschen, da viele von ihnen selbst in die Haut eindringen, wobei sie das Gift in gelöster Form mittransportieren. (*Carriereffekt*) Außerdem verspröden sie die Haut durch Entfettung.
- Decken Sie offene Wunden steril ab! Verbandmaterial finden Sie in Raum 31.05.

Bestand Kontakt mit Giften, die bekanntermaßen leicht hautresorbierbar sind (z.B. *Anilin*), so ist auch dann der Notarzt zu konsultieren, wenn äußerlich keine bedeutende Verletzung zu erkennen ist (z.B.

¹ Die „400“ beschreibt den Polymerisationsgrad. „PEG 400“ ist eine ölige Flüssigkeit. In jedem Praktikumsraum steht davon eine Literflasche aus.

² Es hat keinen Sinn, die ausstehende 1-l-Flasche auf der betroffenen Stelle auszugießen – dann ist in ca. 10 Sekunden nichts mehr da! Nehmen Sie etwas Zellstoff und tragen Sie das PEG auf! Lassen sie kurz einwirken und spülen dann mit Wasser ab. Danach wird die Haut abgetrocknet und auf gleiche Weise immer wieder neues PEG aufgetragen. Je öfter Sie das machen, umso besser.

keine oder nur schwache Hautreizung)¹. Hinweise, woran Sie leicht resorbierbare Gifte erkennen, finden Sie in Kap. 5.5.1.

8.8 Erste Hilfe bei Gifteinwirkung oder Verätzung an den Augen

Den Weg zur nächsten Augendusche sollten Sie im Schlaf finden! Jede Sekunde zählt! Spülen Sie sofort und reichlich mit Wasser!

- Augenduschen finden Sie an jedem großen Ausgussbecken. Halten Sie sich vertraut damit, wie die Augendusche in Betrieb zu setzen ist! Sie dürfen - besser: Sie sollten - die Augendusche auch für andere Zwecke benutzen, da hierdurch die Leitungen und Schläuche mit frischem Wasser durchgespült werden. Achten Sie aber darauf, dass der Duschkopf vollkommen sauber bleibt! Melden Sie jeden Mangel der Augendusche unverzüglich².
- Es ist damit zu rechnen, dass der Verletzte infolge sehr starken Schmerzes unfähig ist, das Augenlid zu öffnen. In diesem Fall muss ein (zweiter) Helfer das Lid offen halten¹. Möglicherweise geschieht dies besser in Rückenlage des Patienten. Wenn der Schlauch der Augendusche zu kurz ist, begießen Sie das betroffene Auge mit Wasser aus einem beliebigen sauberen Gefäß! Der Patient soll dabei möglichst in alle Blickrichtungen schauen („mit den Augen rollen“), damit alle Teile des Augapfels erfasst werden. Das Spülen soll stets von innen nach außen erfolgen, um das nicht betroffene Auge vor Schaden zu bewahren. Feste Chemikalien sollten vor dem Spülen möglichst entfernt werden, weil bei deren allmählicher Auflösung beim Spülen sonst persistierende Nester mit hochkonzentrierter Lösung entstehen können. Es ist mindestens 10 Min., besser bis zum Eintreffen der Feuerwehr zu spülen.

Es ist unwahrscheinlich, dass ein Chemikalienkontakt im Auge so harmlos ist, dass die Vorstellung bei einem Arzt unterbleiben kann. In leichten Fällen entsteht meist eine Bindehautreizung, die in der Regel an einer Rötung der Augen erkennbar ist. Vorteilhaft, weil schneller, ist hier die Behandlung durch eine nahegelegene Arztpraxis (Siehe Kap. 1), sofern man sich telefonisch vergewissert hat, dass die Praxis geöffnet ist und das Erscheinen des Opfers angemeldet hat. Das verletzte Auge lässt sich durch Abdecken ruhig stellen. In schweren Fällen rufen Sie die Feuerwehr.

¹ Bei manchen Giften lässt sich analytisch bestimmen, ob es zu einer signifikanten Giftaufnahme in den Körper gekommen ist. Aromatische Amino- und Nitroverbindungen – also auch das Anilin - lösen zum Beispiel eine leicht messbare Methämoglobinämie aus.

² Wenn man den Duschkopf senkrecht nach oben hält, soll ein weicher Strahl herauskommen, der nach etwa 20 - 30 cm Höhe umknickt. Schießt er dagegen z.B. ½ Meter hoch, so werden Sie sich das nicht mal an ein gesundes Auge halten wollen – an ein verletztes schon gleich gar nicht.

- Geben Sie dazu schon bei der Alarmierung an, dass es sich um eine Augenverletzung handelt! Das Spülen wird in diesem Fall bis zum Eintreffen des Notarztes fortgesetzt.

8.9 Erste Hilfe bei Verbrennungen

- Kleinflächige Brandwunden und Verbrühungen² (Bäder, heiße Heizplatte des Magnetrührers) werden schnellstmöglichst mit Wasser längere Zeit gekühlt. Entfernen Sie gfls. überdeckende Kleidungsstücke unter dem fließenden Wasser! Die Wassertemperatur soll für das Opfer angenehm sein. Das ist in der Regel dann der Fall, wenn es ganz schwach angewärmt ist. Großflächigen Verletzungen werden wegen der damit verbundenen Infektionsgefahr nicht mehr gekühlt. Tragen Sie als Ersthelfer keine Brandsalben etc. auf!
- Für die Erstversorgung von Brandwunden gibt es spezielle Brandverbandtücher.
- Es besteht die Gefahr eines Schocks Siehe Kap. 8.3.

8.10 Üben von Notsituationen

Um eine Vorstellung realer Unfallsituationen zu bekommen, werden folgende Situationen geübt. Bei den Erste-Hilfe-Fällen übernimmt dabei jeweils eine(r) aus der Gruppe die Rolle des Opfer und wird abseits der Gruppe in die zu spielende Rolle eingewiesen.

Augenverletzung:

Das Opfer hat eine kleine Spritzflasche mit Wasser in der Hand und beginnt Erklärungen über das vermeintlich enthaltene Reagenz. Dabei spritzt plötzlich etwas ins Auge. Das Opfer schreit auf, lässt die Flasche Fallen und läuft blindlings umher.

Lernziel:

Die Teilnehmer sollen rasch die Situation begreifen und das Opfer schnell zur Augendusche bringen. Der häufigste Fehler, der dabei gemacht wird, ist nicht mit dem Opfer zu reden, sondern es wortlos zur Augendusche zu zerren. Vor der Dusche wird die Übung abgebrochen, weil das Duschen selbst für das Opfer unangenehm und meist mit dem Durchnässen der Bekleidung von Opfer und Helfer verbunden ist. Sofern möglich sollte die Dusche deshalb temporär (unbemerkt) abgestellt werden.

¹ Wegen des Lidschließreflexes kann es sein, dass das mit einiger Gewalt erfolgen muss.

² Bis zur Größe einer Hand

Schnittverletzung:

Das Opfer wird mit einem dünnen Schlauch präpariert, der vom Halskragen ausgehend durch einen Ärmel bis zu einem Finger geführt und dort mit etwas Tesa-Film fixiert wird. Vor der Gruppe wird aus einer Spritze eine rote Lösung durch den Schlauch gespritzt, so dass am Finger „Blut“ austritt¹. Während der „Behandlung“ soll das Opfer allmählich schwach werden und einen Kollaps simulieren („kein Blut sehen können“). Für diese Übung muss Verbandmaterial zur Verfügung gestellt werden.

Lernziel:

Beherzt reagieren, das Opfer beruhigen, Erkennen der Kreislaufproblematik.

Chemikalien auf der Bekleidung:

Eine Teilnehmerin wird als Opfer ausgesucht, der ein möglichst weißes T-Shirt gestellt wird, welches sie anziehen und am Ärmel mit etwas Cola übergießen soll. Sie simuliert auf diese Weise vor der Gruppe, dass sie sich Chemikalien auf den Ärmel geschüttet hat. Das Opfer ist instruiert, das Ausziehen des T-shirts unter gar keinen Umständen zuzulassen.

Lernziel:

Die Teilnehmer sollen erkennen, dass Diskussionen mit dem Opfer über die Notwendigkeit, das T-Shirt auszuziehen, nur verschwendete Zeit sind. Besser ist es, für eine diskrete Umgebung zu sorgen, indem entweder alle Gaffer entfernt werden oder das Opfer an einen ruhigen Ort gebracht wird. Meistens muss die Übung jedoch zunächst mittendrin unterbrochen werden, weil die Helfer in ihrer Ratlosigkeit schließlich handgreiflich werden wollen. Die richtige Idee kommt dann schnell nach kurzem Nachdenken. Die Rolle kann glaubhaft natürlich besser von einer weiblichen Teilnehmerin gespielt werden².

Inhalationsverletzung:

Das Opfer berichtet diffus, dass „da hinten“ etwas passiert sei. Es ist beunruhigt und „fühlt sich nicht so gut“, weil es etwas eingeatmet hat. An der Stelle, auf die das Opfer verwiesen hat, wird eine Unfallsituation simuliert, die wahlweise entweder eindeutig signalisiert, dass ein Lungenödem auftreten kann oder dies im Gegenteil sehr unwahrscheinlich macht. (Beispiele: Buttersäure, Pyridin als relativ harmlose Geruchsbelästigung, Salzsäure oder nitrose Gase (Großer Zettel am Abzug: „Es riecht hier deutlich nach ...) als bedrohliche Intoxikationen.)

¹ Um ungewollte Verfärbungen von Textilien zu vermeiden, wird aus der Gruppe vorzugsweise jemand mit dunkler Bekleidung herausgesucht und das „Kunstblut“ nur schwach angefärbt. An der Stelle, wo der „Kreislaufzusammenbruch“ passieren wird, lässt man es kurz nicht bluten, damit das Opfer nicht in die verkleckerte Farbstofflösung gelegt wird.

² Es ist nun mal so, dass es im Mittel Männern weniger ausmacht, sich vor anderen Leuten das T-Shirt auszuziehen. Es gibt auch Frauen, denen das im Gefahrenfall herzlich egal ist, aber vor allem aus anderen Kulturkreisen auch solche, die „lieber sterben würden“ als das zu tun.

Lernziel:

Ermitteln des Schweregrades der Inhalation. Entscheiden, ob Cortisonspray gegeben werden soll oder nicht.

Löschen brennender Personen:

Das Opfer zieht (unbemerkt) 3 Paar Handschuhe an: Zuerst einen Baumwollhandschuh als Wärmeisolierung, dann einen Latex-Haushaltshandschuh als Flüssigkeitssperre und schließlich einen Lederhandschuh (Gartenhandschuh). Der Daumen des Lederhandschuhs¹ wird mit Pentan übergossen und angezündet. Es entsteht eine sehr dramatisch aussehende Flamme an der Hand, die man wegen des niedrigen Siedepunktes des Pentans und der guten Isolation jedoch lange aushalten kann². Die Praktikanten sollen von selbst drauf kommen, diese Flamme mit dem Kohlendioxidlöscher abzulöschen. Das „Opfer“ simuliert auch nach dem erfolgten Ablöschen heftige Schmerzen, denn die Brandwunde muss jetzt schnellstens gekühlt werden.

Lernziel:

Eigenhändiges Erleben, dass brennende Personen erfolgreich mit Feuerlöschern abgelöscht werden können.

¹ Der Daumen besteht meist gänzlich aus gut schützendem Leder wohingegen für die anderen Finger der besseren Beweglichkeit halber auf der Oberseite meist Stoff verwendet wird, der von den Flammen meist schnell verbrannt wird.

² Ein unauffällig im Labor stehender mit Wasser gefüllter Eimer sorgt dafür, dass man sich notfalls selbst helfen kann, wenn die Praktikanten das nicht schaffen.

9 Vorschriften

9.1 Definition von Gefahrstoffen

Gefahrstoffe sind alle Stoffe, die nach dem GHS-System mit mindestens einem H-Satz zu kennzeichnen sind. Meist, aber nicht notwendigerweise hat das die Kennzeichnung mit einem Gefahrenpiktogramm und einem der beiden möglichen Signalworte zur Folge.

9.2 Internationale Verflechtung des Gefahrstoffrechts

Mit dem Globally Harmonized System (GHS) ist 2009 eine weltweit gültige vereinheitlichte Kennzeichnung von Gefahrstoffen eingeführt worden. In den Mitgliedsländern der EU wird das GHS einheitlich durch die **CLP Verordnung** („Classification, Labelling and Packaging“ - auch „EG-GHS-Verordnung“ oder „Verordnung (EG) Nr. 1272/2008“ genannt) umgesetzt. Da das GHS nur Mindeststandards setzt, ist es der EU möglich, bisherige Kennzeichnungselemente unter GHS-Bedingungen als sog. „leftovers“ fortzuführen. Das betrifft zum Beispiel den ehemaligen R-Satz „R14 = Reagiert heftig mit Wasser“, der unter den H-Sätzen des GHS kein Äquivalent hat und deshalb jetzt als Leftover „EUH014 = Reagiert heftig mit Wasser“ fortgeführt wird.

9.3 Europäisches und Deutsches Recht

9.3.1 Einstufung von Gefahrstoffen

Nach der **REACH-Verordnung (EG 1907/2006)**¹ muss jede Substanz, die importiert oder in den Verkehr gebracht wird, ab einer Menge von 1 t/Jahr bei der zuständigen Behörde registriert werden. Diese EG-Verordnung wird in Deutschland durch das **Chemikaliengesetz** präzisiert. Die Registrierung ist mit der Verpflichtung zur Ermittlung des Gefahrenpotentials verbunden. Es ist also diese Registrierung, die die Verlässlichkeit für den Chemikalienanwender beinhaltet, auf dem Flaschenetikett Angaben zum derzeit bekannten Gefahrenpotential vorzufinden!

Nach dem GHS ist es die Aufgabe des Herstellers, für die sachgerechte Einstufung des Gefahrenpotentials zu sorgen. Abweichend davon gibt es im Geltungsbereich der EU aber etwa 3000 Stoffe, die

eine EU-weit gültige verbindliche („amtliche“) Einstufung haben, die innerhalb der EU in der Form strikt anzuwenden ist. Diese ‚**harmonisierte Einstufung**‘ ist in **Anhang VI der CLP-Verordnung** niedergelegt. Nur bei nicht harmonisch eingestuften Verbindungen muss das Gefahrenpotential vom Hersteller oder Importeur im Rahmen einer **Selbsteinstufung** ermittelt werden.

9.3.2 Umgang mit Gefahrstoffen

Vorschriften zum Umgang mit Gefahrstoffen findet man in der **Gefahrstoffverordnung**. Vor der Arbeitsaufnahme hat danach insbesondere eine Gefährdungsbeurteilung zu erfolgen, für die man den Zugang zu den Sicherheitsdatenblättern benötigt. Aus der Gefährdungsbeurteilung resultieren z.B. Arbeitshygienemaßnahmen, Unterweisungsverpflichtungen, die Verpflichtung, gefährliche Stoffe möglichst durch weniger gefährliche zu ersetzen sowie die Arbeitsplatzgrenzwerte einzuhalten.

Nach § 20 der Gefahrstoffverordnung wird der Bundesregierung zur Erfüllung ihrer Aufgaben der sog. **Ausschuss für Gefahrstoffe** („AGS“) zur Seite gestellt. Der AGS erstellt vor allem sog. **Technische Regeln Gefahrstoffe** (Abkürzung: TRGS), die dadurch ihre Rechtskraft erhalten, indem Sie nach der Genehmigung des zuständigen Ministers im Bundesanzeiger veröffentlicht werden. Wichtige Technische Regeln für die Laborarbeit sind:

- **TRGS 526**: Laboratorien
- **TRGS 900**: Arbeitsplatzgrenzwerte
- **TRGS 903**: Biologische Grenzwerte
- **TRGS 905**: Verzeichnis krebserzeugender, erbgutverändernder oder fortpflanzungsgefährdender Stoffe

Die Technischen Regeln sind als Mindeststandards anzusehen, was Gefahrstoffanwendern ermöglicht, auch andere Sicherheitskonzepte zu verfolgen, die in ihrer Wirkung den Maßnahmen der Technischen Regeln aber mindestens gleichwertig sein müssen.

Der AGS ist mit Interessenvertretern besetzt und handelt also als politisch agierendes Gremium. Wissenschaftlicher Sachverstand gelangt durch die Teilnahme eines Vertreters der sog. **„Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe“**, die wiederum ein Gremium der **Deutschen Forschungsgemeinschaft** ist, in den AGS. Die DFG-Senatskommission bietet selbst eine auf wissenschaftlichen Erkenntnissen beruhende Liste von gefährlichen Stoffen an. Diese Einstufungen haben keine Rechtsverbindlichkeit, bzw. können diese nur mittelbar dadurch

¹ REACH ist das Akronym für **R**egistration, **E**valuation, **A**uthorisation and **R**estriction of **C**hemicals, zu deutsch also die Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung von Chemikalien.

erlangen, indem der AGS sich der Argumentation der DFG-Senatskommission anschließt und seine TRGSsen entsprechend anpasst.

Die Technischen Regeln sind also Deutsches Recht. Die Bundesregierung nutzt die Technischen Regeln zum Beispiel, um nationale Grenzwerte festzusetzen (**TRGS 900**, **TRGS 903**) oder um krebserzeugenden, erbgutverändernden und reproduktionstoxischen Stoffen (KMR-Stoffe) ein höheres Gefahrenpotential zuweisen, als durch die harmonische Einstufung festgelegt ist (**TRGS 905**)¹. Diese Einstufung nach der **TRGS 905** gilt ausschließlich bei der Verwendung des Stoffes im eigenen Hoheitsgebiet. Es darf dabei keine Änderung des Etiketts geben².

9.4 Unfallversicherer

Arbeitnehmer sind gesetzlich unfallversichert. Unter dem „Spitzenverband“ „Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung“ (DGUV) agieren die Berufsgenossenschaften (BG) für den gewerblichen Bereich (z.B. „Berufsgenossenschaft Rohstoffe und chemische Industrie“ (BG RCI)) und die Gesetzliche Unfallversicherung (GUV) für den Öffentlichen Dienst (z.B. die Unfallkasse Berlin für die FU). Die Versicherungsleistungen beinhalten nicht nur die Wiederherstellung der Gesundheit, sondern auch Maßnahmen zur Wiederherstellung der Arbeitsfähigkeit (z.B. Umrüstungen an PKW oder Arbeitsplatz), gehen also wesentlich über die Leistungen einer Krankenversicherung hinaus. Der Unfallschutz beginnt auf dem Weg zur Arbeitsstätte mit dem Verlassen der Wohnung, umfasst also auch Wegeunfälle (z.B. Verkehrsunfall, Ausrutschen auf Glatteis).

Die Unfallversicherer sehen ihre Kernaufgabe in der Prävention. BG's wie GUV geben dazu ein umfangreiches Regelwerk heraus mit z.T. sehr branchenspezifischen Vorschriften³. Hervorzuheben sind:

- **Unfallverhütungsvorschriften** (z.B.: "**DGUV Vorschrift 1 Grundsätze der Prävention**")
- Regeln für Sicherheit und Gesundheitsschutz beim Umgang mit Gefahrstoffen im Hochschulbereich (**BGI/GUV-I 8666**)

Die „**TRGS 526 Laboratorien**“ ist historisch betrachtet eigentlich das „geistige Eigentum“ der BG RCI, die den in der **TRGS 526** lediglich wiedergegebenen Regelteil mit Erläuterungshilfen anreichert und nunmehr unter dem DGUV-Dachverband als Broschüre „**DGUV Information 213-850: Sicheres**

¹ Da das GHS nur Mindeststandards vorgibt, sind die Mitgliedsländer der EU zu solchen Maßnahmen berechtigt.

² In der Tat ist es also möglich, dass ein Stoff bei der Verwendung in Deutschland z.B. als krebserzeugend anzusehen ist, obwohl nichts davon auf dem Flaschenetikett steht.

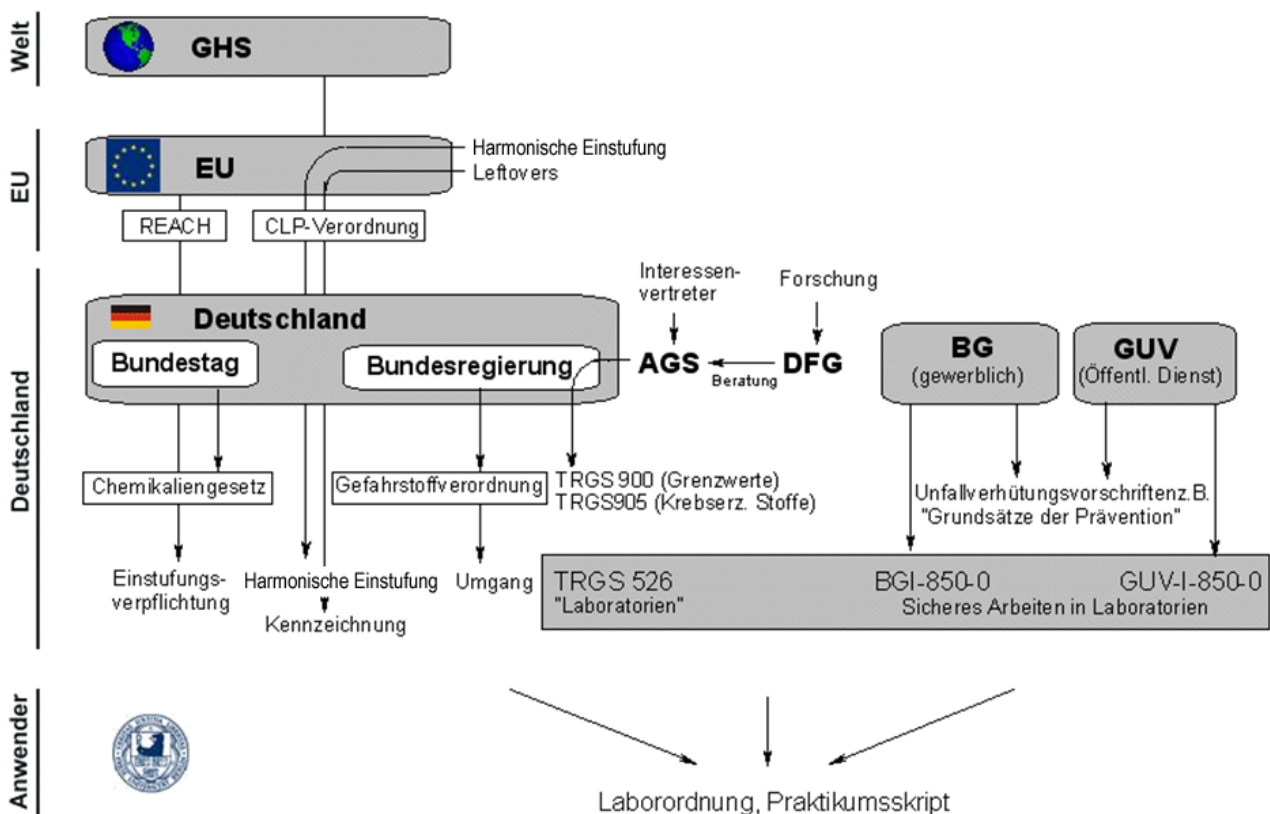
³ z.B. Baubranchen, Schifffahrt, Schwarzpulver

Arbeiten im Laboratorium“ den Versicherten zur Verfügung stellt. Diese Schrift ist die **wichtigste Informationsquelle für die Arbeit im Labor** und beinhaltet hochspezifische Maßnahmen zum Umgang mit Chemikalien.

9.5 Weitere Regelungen

Zu beachten sind zum Beispiel auch **DIN-Normen** (z.B. zur Farbkennzeichnung der Laborhähne) und **VDE-Bestimmungen**. (z.B. zur Farbkennzeichnung von Stromleitern). Innerbetrieblich wird für den Laborbetrieb üblicherweise eine Laborordnung erlassen, die die relevanten rechtsverbindlichen Dinge zusammenfasst und die Beschäftigten somit davor bewahrt, selbst entsprechende Ermittlungen zu den relevanten Vorschriften durchführen zu müssen.¹

Rekapitulieren Sie dieses Kapitel anhand der nachfolgenden graphischen Darstellung.



¹ Auch dieses Skript ist genau so eine Zusammenfassung.

Lösung der Frage auf Seite 44:

Aus der Gasgleichung folgt, dass sich in einem bestimmten Gasvolumen unter gleichen Bedingungen (Druck, Temperatur) unabhängig von der Gasart stets die gleiche Anzahl von Teilchen befindet. Das Gewicht des Gases ist damit direkt proportional zum mittleren Molekulargewicht der Gasmoleküle. Luft besteht in der Hauptsache aus Stickstoff, welcher die Molmasse 28 hat. Das einzigste organische Molekül mit einer deutlich kleineren Molmasse ist Methan (16). Nächst höhermolekulare Gase wie Acetylen (26), Formaldehyd (30) oder Methanol (32) sind bereits ähnlich oder gleich schwer wie Luft. Alle anderen organischen Gase oder Dämpfe sind schwerer.

Versuch

Durch eine Seifenblasenlösung¹ wird nicht zu schnell² Stadtgas hindurchgeleitet, welches im wesentlichen aus Methan besteht. Der Seifenschaum ist leichter als Luft und steigt als „Wurst“ nach oben. Man kann die entstandene „Seifenblasenschaumwurst“ nach einiger Zeit mit der Hand abschöpfen und entzünden, wobei ein prächtiger Feuerball entsteht. Der Versuch ist auch unter dem Namen „Methan-Mamba bekannt.“

¹ Herstellung: 10 mL Babyhampoo und 125 mL Glycerin werden mit dest Wasser auf 500 mL aufgefüllt. Herstellung der Lösung und Durchführung des Versuchs nach V. Obendrauf Chem.Sch. (Salzburg) **17** (2002) 14

² Wenn zu schnell eingeleitet wird, ist der Schaum noch zu stark wasserhaltig und deshalb zu schwer. Die notwendige „Entwässerung“ lässt sich unterstützen, indem man die „Seifenblasenwurst“ ein Stück weit nach oben „führt“, indem man die Blasen am Boden eines kurzen weiten Rohres erzeugt und damit erzwingt, dass der Schaum im Rohr nach oben steigen muss. Der am oberen Rohrende austretende Schaum ist dann in der Regel leicht genug. So ein Rohrstück kann man z.B. herstellen, indem man aus einer 1-L-Kunststoffflasche den Boden herausschneidet.