

Sicheres Verhalten im organisch-chemischen Labor

Allgemeine Betriebsanweisungen zum Umgang mit Gefahrstoffen und zum Gebrauch der Laborgeräte für die organisch-chemische Grundausbildung im Rahmen der Chemiestudiengänge am Institut für Organische Chemie der JLU Gießen.

Stand: 15.02.2023

Sicheres Verhalten im organisch-chemischen Labor

Stand: 15.02.2023

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:

Dr. Jörg Neudert

Institut für Organische Chemie der Justus-Liebig-Universität Gießen

35392 Gießen, Heinrich-Buff Ring 17

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 nebeneinanderstellen wollten, bräuchten Sie ein ziemlich langes Regal. Der Service dieses Skripts besteht darin, aus all dem erst einmal genau das herauszufiltern, 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 vor allem auch als Nachschlagewerk gedacht:

- Sie müssen demnächst zum ersten Mal ein Lösemittel trocknen? Lesen Sie noch einmal das Kapitel „Absolutieren von Lösemitteln“.
- Ihre nächste Reaktion muss über Nacht ablaufen? Sie finden hier das passende Kapitel „Löschabzüge“ in dem steht, wie man dort richtig arbeitet.

Überlegen Sie von Zeit zu Zeit, ob Sie sich noch sicher fühlen, was z.B. zu tun ist, wenn eine Chemikalie verschüttet oder Erste Hilfe zu leisten ist.

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!

Die nach dem Gefahrstoffrecht erforderlichen Betriebsanweisungen lassen sich nicht abtrennen von dem, was 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 und Laborgeräten gibt es im Praktikum im Ordner „Bedienungsanleitungen / Laborpraxis“ und „Betriebsanweisungen“, bzw. entsprechend in StudIP bei der jeweiligen Veranstaltung.

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 Praktikum I
(Chemie-BK15; BLC-14; MatWiss-BC 07; 08-ChemF-L3/BBB-P-08)

Organisch-Chemisches Praktikum II (Chemie-BK16)

Dem Skript liegt die folgende **Gefährdungsbeurteilung** zugrunde: In allen genannten Praktika sind organisch-chemische Reaktionen nach einem ausgehändigten Versuchsskript oder nach gängigen Lehrbüchern durchzuführen, im Praktikum II z. T. auch Auftragspräparate wechselnder Art aus den Arbeitsgruppen. In allen Praktika werden leicht entzündliche, hochentzündliche, brandfördernde, gesundheitsschädliche, giftige, sehr giftige, krebserzeugende, erbgutverändernde, reproduktionstoxische und umweltgefährdende Substanzen eingesetzt. Es werden regulär keine krebserzeugenden, erbgutverändernden oder reproduktionstoxischen Produkte hergestellt¹. Im Sinne einer Substitutionsprüfung nach §§ 6, 7 GefStoffV wird auf die Verwendung vermeidbarer Gefahrstoffe verzichtet. Dennoch muss es 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 DGUV Information 213-039 bzw. Ziff. 4.2 TRGS 526 auf der Grundlage dieses Skripts. Spezielle Unterweisungen und Unterweisungen gemäß § 14 (1) Satz 3 Ziff. 2 GefStoffV sowie nach Ziff. 4.6 DGUV Information 213-039 erfolgen – wo nötig – durch die ausgehändigten Versuchsskripten sowie in jedem Fall durch die vor jedem Versuch mündlich abzulegenden Prüfungen, bzw. durch die Vortestate. Die Tätigkeit der Praktikanten wird hinsichtlich der Arbeitshygiene laufend beobachtet mit dem Ziel, diese durch verbesserte Betriebsanweisungen – wo nötig auch durch Änderung der Ausstattung zu verbessern. Für die sachgerechte spezielle Unterweisung bei den Auftragspräparaten sind Auftraggeber als Informationslieferant und betreuender Assistent als Unterweisender verantwortlich. Gefahrstoffverzeichnisse gemäß § 6 (12) GefStoffV und die Sicherheitsdatenblätter sind auf eigenen Praktikumsrechnern online jederzeit erhältlich. Raumbelastungen wurden nicht gemessen, es wird die Konformität mit den Anforderungen der Gefahrstoffverordnung unterstellt, da die Maßnahmen nach 6.2.5, 6.3 der TRGS 526 sowie nach § 4.4.1 der DGUV Information 213-039 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 Präparategläser gewährleistet. Evakuierte Glasgeräte werden nur mit Implosionsschutzmaßnahmen (Abzug, Absaugkabine...) betrieben. Elektrische Laborgeräte werden regelmäßig hinsichtlich offensichtlicher Mängel kontrolliert. Heiße Flüssigkeiten oder Oberflächen entstehen nur auf beabsichtigte Weise. Weitere, gemäß § 5 ArbSchG relevante Gefährdungen z. B. mechanische Gefährdungen oder Gefährdungen durch Klima-, Licht- und Raumverhältnisse sind derzeit nicht absehbar.

¹ „regulär“ bedeutet, dass dies nur für die Skriptversuche, nicht aber für Auftragspräparate aus den Arbeitsgruppen gewährleistet werden kann.

Inhaltsverzeichnis

1	Wichtige Adressen und Rufnummern	7
2	Vorschriften	9
2.1	Definition von Gefahrstoffen	9
2.2	Internationale Verflechtung des Gefahrstoffrechts	9
2.3	Deutsches Recht	9
2.3.1	Einstufung von Gefahrstoffen	9
2.3.2	Umgang mit Gefahrstoffen	9
2.4	Unfallversicherer	10
2.5	Weitere Regelungen	10
2.6	Im Text verwendete Abkürzungen	11
3	Standardmaßnahmen	12
3.1	Informationsmöglichkeiten	12
3.2	Arbeitshygiene und verantwortliches Handeln	13
3.3	Kompetenz bei der Versuchsdurchführung	13
3.4	Bekleidung, Körperschutzmittel	13
3.4.1	Schutzbrille	13
3.4.2	Schutzkittel	14
3.4.3	Hautschutz	14
3.4.3.1	Handschuhe	14
3.4.3.2	Waschen der Hände	15
3.4.3.3	Cremes	15
3.4.4	Bekleidung	16
3.5	Weitere Personenschutzmaßnahmen	16
3.6	Sicherheitseinrichtungen	16
3.6.1	Abzüge	16
3.6.2	Weitere Sicherheitseinrichtungen	16
3.7	Chemikalienbehältnisse	17
3.7.1	Hygiene	17
3.7.2	Verschlüsse	17
3.7.3	Flaschenmaterialien	17
3.7.4	Stellflächen und Örtlichkeiten	18
3.7.5	Transport von Chemikalien	18
3.7.6	Kennzeichnung	18
3.8	Reaktionsapparaturen	19
3.8.1	Allgemeines	19
3.8.2	Beheizung	19
3.8.3	Beaufsichtigung	19
4	Entsorgung von Chemikalien	20
4.1	Allgemeines	20
4.2	Informationsquellen	21
4.3	Entsorgung von Gasen	21
4.4	Entsorgung von Lösemittelabfällen und anderen org. Substanzen	21
4.5	Wässrige Lösungen	22
4.6	Betriebsmittelabfälle	22
4.7	Natrium	23
4.8	Hydride und Metallalkyle	23
4.9	Quecksilber	23
4.10	Einzelchemikalien	24

4.11	Glasabfälle	24
4.12	Kanülen	24
5	Chemikalienbeseitigung im Gefahrenfall (Verschütten von Substanz)	24
5.1	Grundsätzliches	24
5.2	Beispiele spezieller Unfallschnellbeseitigungen	25
5.2.1	Organische Lösungsmittel	25
5.2.2	Quecksilber	25
5.2.3	Säuren	25
6	Gefährdungen durch Chemikalien	25
6.1	Systematik	25
6.2	Brände	28
6.2.1	Definition des Brandpotentials	28
6.2.2	Brandverhütung	29
6.2.3	Brandbekämpfung	30
6.2.4	Verhalten nach dem Löschen von Bränden	32
6.2.5	Personenbrände	32
6.3	Brandfördernde Stoffe	32
6.4	Explosionen/Implosionen	33
6.4.1	Explosionsgefährliche Chemikalien	33
6.4.2	Explosionsgefährliche Dampf-/Luftgemische	34
6.4.3	Arbeiten mit evakuierten Apparaturen	35
6.5	Toxikologische Gefährdungen	35
6.5.1	Aufnahmewege	35
6.5.2	Akute Toxizität	35
6.5.3	Weitere toxische Eigenschaften	36
6.5.4	Krebserzeugende, mutagene und reproduktionstoxische Stoffe	37
6.5.5	Verätzungen, Reizungen	38
6.5.6	Sensibilisierende Stoffe	39
6.5.7	Verhütung von Vergiftungen, Verätzungen und Sensibilisierungen	40
6.5.8	Grenzwerte	40
6.6	Umweltgefährdungen	41
7	Schnittverletzungen	42
8	Erste Hilfe	43
8.1	Grundsätze	43
8.2	Angebotsuntersuchungen	43
8.3	Kreislaufprobleme, Schock	44
8.4	Erste Hilfe bei Schnittverletzungen	44
8.5	Erste Hilfe bei oralen Vergiftungen und Verätzungen	44
8.6	Erste Hilfe bei Inhalationsvergiftungen oder -verätzungen	45
8.7	Erste Hilfe bei Gifteinwirkung oder Verätzung auf der Haut	46
8.8	Erste Hilfe bei Gifteinwirkung oder Verätzung an den Augen	46
8.9	Erste Hilfe bei Verbrennungen	47
9	Spezielle Arbeitstechniken	47
9.1	Kühlfallen	47
9.2	Absolutieren von Lösemitteln	48
9.3	Stickstoff-Entnahme in Digestorien	48
9.4	Löschabzüge	49
15	Schlussbemerkungen	49

1 Wichtige Adressen und Rufnummern

Notruf:

Zentrale Notrufstelle der JLU: Mo. – Fr. 07.30 Uhr - 15.30 Uhr	12848
übrige Zeiten und bei Nichterreichbarkeit	12666
Feuerwehr; DRK/Notarzt	112
Polizei	110

weiterhin: Informierung des Leiters oder Stellvertreters der betroffenen Einrichtung.

Diese Notrufnummern müssen in der unmittelbaren Umgebung eines jeden Telefons im Institut vermerkt sein (Aushang im DIN A4 – Format: „Erste Hilfe bei Unfällen“).

Bei Feueralarm hat die Nummer 12848 bzw. 12666 den Vorteil, dass dabei auch automatisch die Haustechniker alarmiert werden. Dies ist zur Unterstützung der Brandbekämpfung wichtig. (z.B. Abstellen von Gasversorgungsleitungen etc.)

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:

Justus-Liebig-Universität Gießen, Institut für Organische Chemie, Heinrich-Buff-Ring 17, 35392 Gießen.

Geben Sie ferner Raumnummer (A201, A210), Gebäudeteil (A-West) und Stockwerk (2) an!

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 Leitstelle braucht diese Information um den Umfang an Hilfskräften und Einsatzfahrzeugen festzulegen.

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 herum suchen muss.

Zögern Sie nicht, im Notfall professionelle Hilfe herbeizuholen! Feuerwehr oder Notarzt brauchen nur wenige Minuten, um vor Ort zu sein. Doktern Sie nicht eigenmächtig an Verletzten herum! Die am nächsten gelegenen Erste-Hilfe-Stellen für den Fall, dass der Verletzte zum Notarzt gebracht werden soll, sind:

Zugelassene **Krankenhäuser** und **Durchgangsärzte der Unfallkasse Hessen** (die immer aktuelle Liste unter: https://www.uni-giessen.de/cms/org/admin/dez/c/sonst_jlu_intern/auum_darzt_giessen.pdf)

- **UKGM Klinik für Unfallchirurgie, D-Arzt-Sprechstunde**
Rudolf-Buchheim-Str. 7
Tel. intern 93-57663
Tel. extern 0641/985-57663
- Dr. med. Eckhard Brück & Frau Dr. med. A. Glatzl, Ärzte für Chirurgie/Unfallchirurgie,
Albert-Schweizer-Straße 2a,
Tel. 0/75656
- Agaplesion Ev. Krankenhaus Mittelhessen GmbH
Paul-Zipp-Straße 171, Zentrale
Tel. 0/9606-730
Tel. 0/9606-0
- St.-Josefs-Krankenhaus – Balseische Stiftung
Wilhelmstr. 7, Notfallaufnahme
Tel. 0/7002-290 oder 0/7002-0

Bei Augenverletzungen bitte in der **Klinik und Poliklinik für Augenheilkunde, UKGM** melden:

- Friedrichstr. 18, Pforte: 07.00 – 19.00 Uhr intern Tel. 93-43820 extern Tel. 0/985-43820
19.00 – 07.00 Uhr intern Tel. 93-52900 extern Tel. 0/985-52900

Ersthelfer informieren: Name: Dr. Neudert B. Weini-Bouhlakhrouf Mario Dauber
Telefon Nr.: 34405 34387 / 34386 34025/26

Nächster **DIN Verbandskasten**: im Flur vor dem jeweiligen Praktikum (neben Schaukasten)
bzw. in den Teeküchen der AG's

Unfallmeldung bei: Name: Stefan Bernhardt, Raum B 08 (HPLC)
Telefon Nr.: 34397 oder 34387

Weitere wichtige Rufnummern:

Betriebsarztstelle der JLU bei der MAS GmbH: Tel. 19300 oder 0/4955330
(z.B. Beratung nach einem Unfall)
Am alten Flughafen, Stolzemorgen 18

Dienststelle Arbeitssicherheit: Tel. 12210/12211
Ludwigstr. 34

Krankenhaustransport: Tel. 112

Hinweis:

Alle Telefonnummern sind so angegeben, wie sie von Telefonapparaturen der JLU zu wählen sind.

2 Vorschriften

2.1 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.

2.2 Internationale Verflechtung des Gefahrstoffrechts

Mit dem Global Harmonized System (GHS) ist 2009 eine weltweit gültige vereinheitlichte Kennzeichnung von Gefahrstoffen eingeführt worden. In den Mitgliedsländern der EU wird das GHS einheitlich in Form der CLP Verordnung („Classification, Labelling and Packaging“ – auch EG-GHS-Verordnung oder „Verordnung (DG) 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 „EUH014 = Reagiert heftig mit Wasser“ fortgeführt wird.

2.3 Europäisches und Deutsches Recht

2.3.1 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 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 eingestuft Verbindungen muss das Gefahrenpotential vom Hersteller oder Importeur im Rahmen einer **Selbsteinstufung** ermittelt werden.

2.3.2 Umgang mit Gefahrstoffen

Vorschriften zum Umgang mit Gefahrstoffen findet man in der **Gefahrstoffverordnung**. Vor der Arbeitsaufnahme hat danach insbesondere eine Gefährdungsermittlung 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 Aufgabe der sog. Ausschuss für Gefahrstoffe (Abkürzung: „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 sind:

- TRGS 526: Laboratorien
- TRGS 900: Arbeitsplatzgrenzwerte
- TRGS 905: Verzeichnis krebserzeugender, erbgutverändernder oder fortpflanzungsgefährdender Stoffe

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

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 besetzt mit Interessenvertretern und handelt als politisch agierendes Gremium. Wissenschaftlicher Sachverstand gelangt durch die Teilnahme eines Vertreters der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) in das Gremium.

Die Technischen Regeln sind also Deutsches Recht. Die Bundesregierung nutzt die Technischen Regeln zum Beispiel, um nationale Grenzwerte festzusetzen (TRGS 900) oder um krebserzeugenden, erbgutverändernden und reproduktionstoxischen Stoffen (KMR-Stoffe) ein höheres Gefahrenpotential zuzuweisen, 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 geben.²

2.4 Unfallversicherer

Arbeitnehmer sind gesetzlich unfallversichert. Unter dem „Spitzenverband“ „Deutsche Gesetzlichen Unfallversicherung“ (DGUV) agieren die Berufsgenossenschaften (BG) für den gewerblichen Bereich und die Gesetzliche Unfallversicherung (GUV) für den Öffentlichen Dienst (Unfallkasse Hessen). Die Versicherungsleistungen beinhalten nicht nur die Wiederherstellung der Gesundheit, sondern auch Maßnahmen zur Wiederherstellung der Arbeitsfähigkeit, 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 Vorschriften (z. B. Baubranchen, Schifffahrt, Schwarzpulver).

Hervorzuheben sind:

- Unfallverhütungsvorschriften (z.B.: „DGUV Vorschrift 1 Grundsätze der Prävention“)
- Regeln für Sicherheit und Gesundheitsschutz beim Umgang mit Gefahrstoffen im Hochschulbereich (DGUV Information 213-039).

Die „TRGS 526 Laboratorien“ ist historisch betrachtet eigentlich das „geistige Eigentum“ der BG RCI, die den in der TRGS 526 wiedergegebenen Regelteil mit Erläuterungshilfen anreichert und nunmehr unter dem DGUV-Dachverband als Broschüre „DGUV Information 213-850: Sicheres Arbeiten in Laboratorien“ den Versicherten zur Verfügung stellt. Diese Schrift ist die **wichtigste Informationsquelle für die Arbeit im Labor** und beinhaltet hochspezifische Maßnahmen zum Umgang mit Chemikalien.

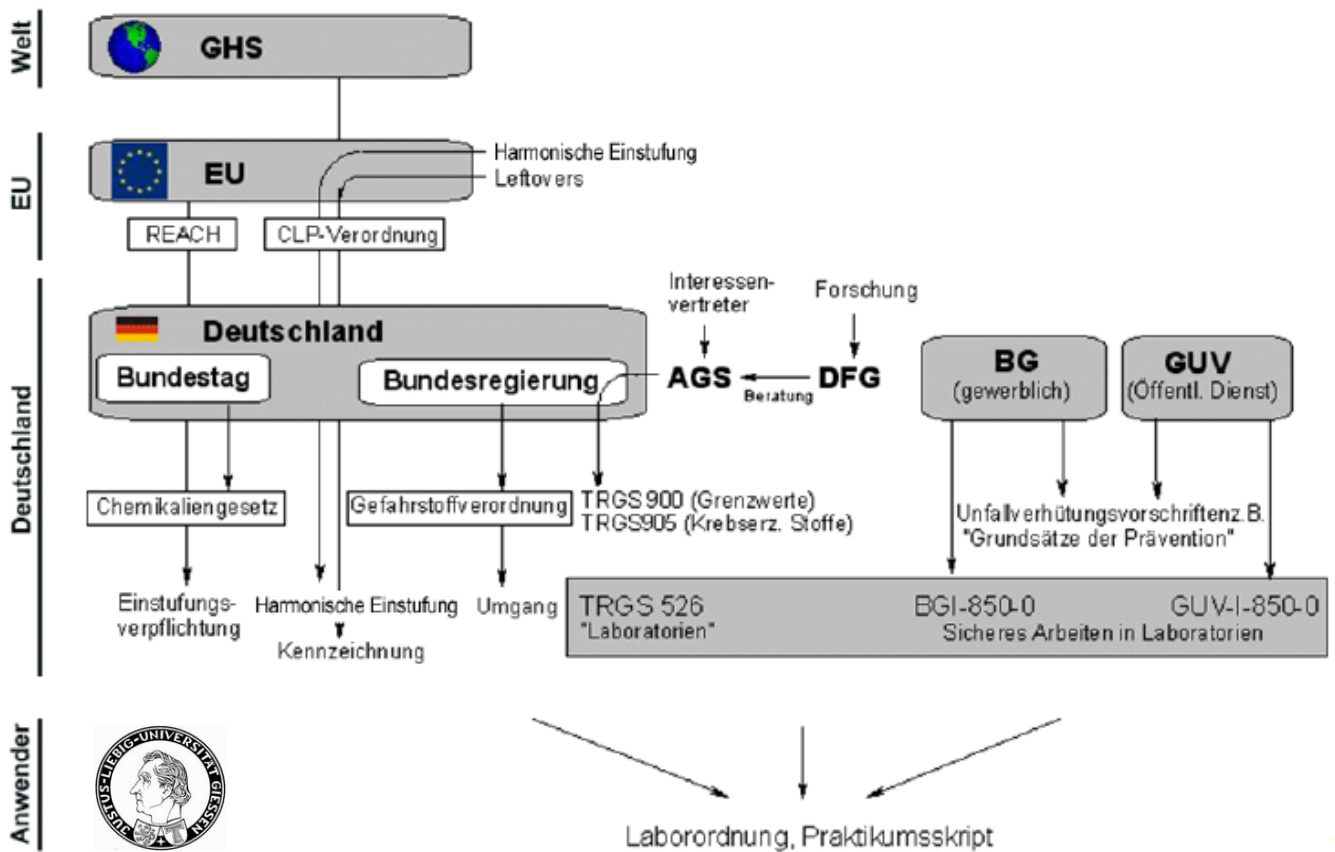
2.5 Weitere Regelungen

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 (Auch dieses Skript ist genauso eine Zusammenfassung).

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.

Rekapitulieren Sie dieses Kapitel anhand der nachfolgenden graphischen Darstellung.



2.6 Im Text verwendete Abkürzungen

So weit im Text dieses Skripts auf bestehende Regeln Bezug genommen wird, werden die dafür etablierten Abkürzungen verwendet:

- | | |
|----------------------------------|---|
| GefStoffV: | Gefahrstoffverordnung |
| TRGS: | Technische Regel Gefahrstoffe. (Jede TRGS trägt eine Nummer.) |
| DGUV Vorschrift 1: | Unfallverhütungsvorschrift „Grundsätze der Prävention“ |
| MuSchG: | Gesetz zum Schutz von Müttern bei der Arbeit, in der Ausbildung und im Studium (Mutterschutzgesetz) |
| DGUV Information 213-026: | Sicherheit und Gesundheit im chemischen Hochschulpraktikum |
| DGUV Information 213-039: | Tätigkeiten mit Gefahrstoffen in Hochschulen
(http://publikationen.dguv.de/dguv/pdf/10002/i-8666.pdf) |
| DGUV Information 213-850: | Sicheres Arbeiten in Laboratorien |

3 Standardmaßnahmen

3.1 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: <http://www.dguv.de/bgia/stoffdatenbank>
- Sicherheitsdatenblätter: <https://chemdb.uni-mainz.de/> oder <https://www.eusdb.de/de/>

Jeder Chemikalienhersteller bietet heutzutage Sicherheitsdatenblätter für die von ihm vertriebenen Chemikalien online an. Jeder Anwender von Gefahrstoffen – also auch Sie als Praktikant – muss wissen, wie er den Zugriff auf die Sicherheitsdatenblätter erhalten kann (das ist durch die Gefahrstoffverordnung vorgeschrieben)! Das sind im Falle des Praktikums die o. a. WEB-Adressen.

Weitere Sicherheitsinformationen und links finden Sie auf den Institutsseiten unter:

<http://www.uni-giessen.de/cms/fbz/fb08/Inst/organische-chemie/links/sicherheit>

Allgemeine Hinweise zur Arbeitssicherheit im Labor finden Sie z.B. in folgenden Literaturquellen:

- Broschüre „Sicherheit im chemischen Hochschulpraktikum“ DGUV Information 213-026
online unter: <http://publikationen.dguv.de/dguv/pdf/10002/i-8553.pdf>
- Broschüre „Sicheres Arbeiten in Laboratorien“ (DGUV Information 213-850
online unter: <http://bgi850-0.vur.jedermann.de/index.jsp>

Informationsmöglichkeiten im Praktikum:

- Das **Flaschenetikett**
- Das Gefahrstoffverzeichnis Praktikum (StudIP)
- **Computer** zur Internetnutzung (siehe Quellen oben)
- 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. Wie z.B. Natrium mit Wasser reagiert, muss man **gesehen** haben, um die Gefahr richtig einschätzen zu können. Machen Sie solche Experimente nicht alleine. Wenden Sie sich an die Assistenten!

Als Grundpraktikant erhalten Sie Versuchsskripte, 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 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 (flüchtiger) ein Kohlenwasserstoff ist, umso leichter ist er in der Regel feuergefährlich.
- Je volatil (flüchtiger) ein Gift ist, umso leichter können Sie es einatmen. Je ölig ein Gift ist, umso länger persistiert er auf Hand 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.

3.2 Arbeitshygiene und verantwortliches Handeln

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

- Dreck wegräumen (z.B. verschüttetes sofort beseitigen, Abfälle sofort entsorgen)
- Arbeitsmaterialien im guten 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 bitte schön selbst wegmachen.

Weil man verschüttete Krümel, Pfützen und gemeinsam benutzte Abfallsammelbehälter aber niemanden mehr zuordnen kann, ist die Arbeitshygiene – so bitter er für die ist, die es dann doch wieder für die wirklichen Ferkel machen – eine gemeinsame 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 auch die Seitenschieber der Digestorien 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. Solchen 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 z. B. sehr für Laptops interessieren.

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

3.3 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 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 darauffolgenden aber: „Vorsicht! Sehr heftige Reaktion!“, riskieren Sie schlimme Folgen, wenn Sie die Vorschrift einfach nur Zeile für Zeile abarbeiten.

3.4 Bekleidung, Körperschutzmittel

3.4.1 Schutzbrille

Der Aufenthalt im Labor ohne das Tragen einer Schutzbrille ist untersagt! (DGUV Information 213- 850 §§ 2, 4.5.2; DGUV Information 213-039 8.4). Korrekturbrillen sind wegen durchweg mangelhaftem Spritzschutz kein Schutzbrillenersatz! Sie können Schutzbrillen verwenden, 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.

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.
- 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 wissen möglicherweise sogar gar nicht, dass eine Linse zu entfernen ist.

3.4.2 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). 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!**

3.4.3 Hautschutz

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

3.4.3.1 Handschuhe

Von einer Hautcreme erwarten Sie, dass sie schnell in die Haut einzieht. Diverse Gifte können das auch. Der Kontakt mit Allerweltstoffen 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. (DGUV Information 213-039 8.2; (DGUV Information 213-850 §§ 2; 4.5.3)

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

- 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.

Beachten Sie, dass es auch Fälle gibt, in denen das Handschuhmaterial auch 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 Einmalhandschuhe (Nitril) 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 Materialeigenschaften verschlechtern.

Beachten Sie, dass Einmalhandschuhe wegen der geringen Wandstärke erheblich schneller von Chemikalien durchdrungen werden.

- Die Schutzwirkung von Handschuhen mit begrenztem Rückhaltevermögen 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: Entweder einfach ablüften lassen, verwerfen oder abwaschen. Abgewaschen wird dann, wenn das Handschuhmaterial resistent gegenüber der Chemikalie ist. Es mag ein wenig komisch aussehen, aber was Sie dazu tun müssen, ist sich die Hände mit Wasser und Seife zu waschen, die Handschuhe dabei aber angezogen zu lassen.

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.

3.4.3.2 Waschen der Hände

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

3.4.3.3 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 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.

3.4.4 Bekleidung

- Was für den Kittel gilt, gilt für die gesamte Wäsche:
 - ⇒ Vermeiden Sie Kunstfasern, die durch elektrostatische Aufladung zur Zündquelle werden können. Sie sind ein wandelnder Gasanzünder! 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 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!
- 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.

3.5 Weitere Personenschutzmaßnahmen

- Tragen Sie lange Haare nicht offen! Diese können unbeabsichtigt in Chemikalien tauchen oder sich in Rührmotoren verheddern.
- Schwangere Frauen und stillende Mütter dürfen nicht am Praktikum teilnehmen. Die entsprechende Gefährdungsbeurteilung ergab, dass keine ausreichenden Schutzmaßnahmen umgesetzt werden können. Schwangerschaft oder Stillzeit müssen der Praktikumsleitung unverzüglich mitgeteilt werden. Gemeinsam werden dann mögliche Ersatzmaßnahmen erarbeitet oder die Praktikumssteilnahme auf einen späteren Zeitpunkt verschoben.
- 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)
- Fachkundige Personen dürfen zu Gefahrstoffen keinen Zugang haben. Betriebsfremde Personen – dazu zählen auch persönliche Freunde und Bekannte – dürfen sich deshalb nicht im Labor aufhalten. (GefStoffV 10(3))

3.6 Sicherheitseinrichtungen

3.6.1 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). Der Frontschieber ist stets soweit und so oft wie möglich geschlossen zu halten.
- Gehen Sie grundsätzlich davon aus, dass Heizbäder schädliche Dämpfe entwickeln. Benutzen Sie Bäder daher nur im Abzug, wo sie anschließend verbleiben müssen, bis sie abgekühlt sind.
- Arbeiten Sie unter den speziell gekennzeichneten Abzügen (höhere Luftmenge), wenn sie mit starken Inhalationsgiften umgehen oder wenn sie mit leichtentzündlichen Lösemittel (Diethylether, THF) in Mengen bis max. 1 L arbeiten müssen (Absolutieren!).

3.6.2 Weitere Sicherheitseinrichtungen

- Verstellen oder verhängen Sie keine Sicherheitseinrichtungen (Telefon, Feuerlöscher, Brause, Notausgänge). (DGUV Information 213-850 4.18.1) Die 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.)
- Der gesamte Flurbereich des Hauses. (Lassen Sie dort nichts herumstehen! Nur vorhandenes festgeschraubtes, nicht brennbares Mobiliar ist zulässig.)
- 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!

3.7 Chemikalienbehältnisse

3.7.1 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“.

3.7.2 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 Verschlusskappen verwechselt werden.

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

3.7.3 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!

3.7.4 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 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. Ammoniak oder Salzsäure) stehen in jedem Labor einsprechende abgesaugt Säure-/Laugenschränke 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)

3.7.5 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 Transportwagen.
- Chemikalien dürfen nur in dicht verschlossenen und beschrifteten Gefäßen im Lastenaufzug transportiert werden. Dazu müssen die entsprechenden Transportwagen mit Wannen benutzt werden, die einen sicheren Transport gewährleisten. Flüssiger Stickstoff darf in Fahrstühlen niemals mit Personen befördert werden. Sie können ihn jedoch ohne weiteres auf einem Wagen separat durch den Fahrstuhl transportieren lassen. Die Stickstoffkannen im Praktikum haben zu diesem Zweck Warnhinweise, damit unterwegs niemand zusteigt.

3.7.6 Kennzeichnung

Werden Substanzen innerbetrieblich (in der TRGS 201 heißt es: „Bei Tätigkeiten“) **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**, zutreffende **Piktogramme** sowie das zutreffende **Signalwort** („Achtung“ oder „Gefahr“).

Füllen Sie möglichst keine Gebinde um! Wenn das Umfüllen unumgänglich ist, z. B. wegen einer Beschädigung des Gefäßes, fragen Sie bei der Praktikumsleitung nach einem neuen Etikett.

Wenn Sie verderbliche Substanzen **aufgereinigt** und abgefüllt haben (Bsp.: Lösemittel, 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.

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

Apparaturen kennzeichnen Sie bitte mit Ihrem vom Assistenten abgezeichneten Testzetteln am Frontschieber des Digestoriums! Die wichtigste Angabe ist die Identifizierbarkeit (**Wer** betreibt die Apparatur und **was** ist drin).

Fertige Präparate kennzeichnen Sie bitte mit den dafür vorgesehenen Etiketten (StudIP). Da die Präparate in den Gläschen nicht verbleiben, sondern entweder zur weiteren Verwendung umgefüllt oder von den Assistenten weiterbearbeitet 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! Beachten Sie, dass manche Selbstklebeetiketten sich nach kurzer Zeit wieder ablösen. Besser ist es deshalb, wenn das Etikett mit Klebeband gesichert wird.
- Überkleben Sie keine vorhandenen Etiketten mit Ihren Eigenen! Wenn sich Ihr Etikett 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 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 keine Kittel Bücher etc. mit GHS-Piktogrammen! Von leeren, gereinigten Gefäßen ist die Gefahrenkennzeichnung zu entfernen oder dauerhaft unkenntlich zu machen.
- Selbst hergestellte Stoffe sind, sofern keine weiteren Erkenntnisse vorliegen, mindestens als giftig (GHS 06), gesundheitsgefährlich (GHS 08), evtl. ätzend (GHS 05), entzündbar (GHS 02) und mit „Achtung, nicht vollständiger geprüfter Stoff“ zu kennzeichnen.

3.8 Reaktionsapparaturen

3.8.1 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 Siedeverstöße 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!

3.8.2 Beheizung

Im Praktikum werden Alu-Heizblöcke zum Beheizen verwendet. Diese können mittels Kontaktthermometer, auf eine definierte Temperatur eingestellt werden. **Achtung – Die Heizblöcke sind u. U. sehr heiß und kühlen nur langsam ab – Verbrennungsgefahr.** In Ausnahmefällen werden Heizbäder mit Silikonöl benutzt, welche nicht mit Wasser mischbar sind. Wird über 100°C aufgeheizt, ist Wasser strikt auszuschließen. Insbesondere darf für Kühlwasseranschlüsse nur intaktes Schlauchmaterial (keine rissigen Schläuche) verwendet werden, welches an den Anschlüssen sicher befestigt werden müssen (am Laborplatz sind entsprechende Schlauchschellen!). Silikonöl (AP 200) kann bis etwa 230°C verwendet werden (Flammpkt. 260°C) Überhitztes Silikonöl geliert und verdirbt.

Silikonöl ist sehr teuer – Heizbäder nur nach Rücksprache mit dem Praktikumsleiter entsorgen!

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 Heizblock kippelfrei tragen zu können. Tauschen Sie ausgeleierte Hebebühnen beim Praktikumsleiter!

3.8.3 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, sofern sich gefährliche Rückstände bilden können (z.B. Trockenmittel oder Peroxide)

- Apparaturen, in denen z.B. eine Reaktion durch längeres Sieden vervollständigt wird, erfordern dagegen nur eine gelegentliche Kontrolle, wobei jedoch ständig jemand im Labor anwesend sein soll. Sie dürfen in so einem Fall die Beaufsichtigung der Apparatur auch jemand übertragen, um z.B. eine Pause zu machen. Beachten Sie, dass Sie den Versuch ansonsten selbständig durchzuführen haben und deshalb nur die Beaufsichtigung in dem Maße übertragen dürfen, wie dies unumgänglich ist.

Unter folgenden Voraussetzungen dürfen Apparaturen in Laborabzügen über Nacht laufen:

- Es wird nicht erwärmt, 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 Abzug befinden. Insbesondere dürfen keine weiteren Lösemittel dort abgestellt sein.
- Die Rührgeschwindigkeit ist so einzustellen, dass der Magnetrührstab nicht taumelt und dabei gegen den Kolben schlägt.
- Unter den Kolben wird eine Plastikschaale 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 (evtl. mit Schlauch bis in den Abzugsschacht).

Treffen die genannten Voraussetzungen nicht zu, so ist im Löschabzug zu arbeiten. (Siehe Kap. 9.4)

4 Entsorgung von Chemikalien

4.1 Allgemeines

- Das Sammeln der Abfälle unterliegt Auflagen sowohl des Gesetzgebers als auch des Entsorgungsunternehmens. Es gelten daher immer die aktuellen Bekanntmachungen der Labor- bzw. Praktikumsleiter oder des Abfallbeauftragten des Instituts.
- Chemikalien dürfen nicht in die Hausmüllbehälter gegeben werden.
- Folgende Haupt-Abfallarten werden im Praktikum getrennt gesammelt und entsorgt:
 - ⇒ Organische Lösungen (alle flüssige Abfälle – pH-neutral (außer organische Säuren))
 - ⇒ Anorganische Säuren (auch saure schwermetallhaltige Lösungen) - geringe org. Anteile erlaubt.
 - ⇒ Anorganische Laugen/Basen - geringe organische Anteile erlaubt.
 - ⇒ kontaminiertes Glas (mit Chemikalien verunreinigte Gläser, die nicht gereinigt werden können!)
 - ⇒ Behälter für Spritzen, Nadeln und Kanülen (gereinigt)
 - ⇒ Reaktionsrückstände (z.B. org. unlösliche Feststoffe, Filterpapiere, Kieselgel, Trockenmittel)
 - ⇒ Betriebsmittelabfälle (z.B. mit Chemikalien verunreinigte Gummischläuche, Handschuhe, DC-Karten, Wischtücher)
- Alle anfallenden Chemikalienabfälle müssen mit entsprechendem Abfallbegleitschein direkt im Chemikalienabfallraum des Chemikalienlagers abgegeben werden. Hierzu ist ein Termin zu vereinbaren. Gefüllte Abfallbehälter sollten zum nächstmöglichen Zeitpunkt abgegeben werden.
- Alle Behältnisse zum Sammeln von Abfällen müssen außen so sauber sein, dass man sie ohne Handschuhe anfassen kann. Reinigen Sie 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 sie am Ende Ihrer Arbeit wieder alle verwendeten Geräte und Gefäße besitzen!

- Entsorgen Sie Abfälle mit ökologischem Sachverstand! Verdünnen Sie hochkonzentrierte Abfälle nicht mit ökologisch Unbedenklichem! Schutzhandschuhe gehören normalerweise in den Hausmüll. (Sie sollten es im Normalfall nicht so weit kommen lassen, dass Ihre Handschuhe als Sonderabfall entsorgt werden müssen!) 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.
- 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 den Assistenten zu Rate, wenn Sie unsicher sind!

Ziehen Sie in allen Zweifelsfällen Ihren Assistenten zu Rate!

4.2 Informationsquellen

- Im Praktikum können Sie neben den grundsätzlichen Angaben in diesem Skript die folgenden Informationsquellen nutzen:
 - ⇒ Ggf. spezielle Entsorgungsvorschriften für Einzelchemikalien im Grundpraktikum (Assistent, Abfallbeauftragter)
 - ⇒ Eine Liste der ausstehenden Sammelgefäße finden Sie im Labor.
Sonderabfallregelungen der Universität: <https://www.uni-giessen.de/org/admin/dez/b/3/abfall>

4.3 Entsorgung von Gasen

Im Praktikum haben Sie es vor allem mit sauren Reaktionsgasen, wie HCl oder HBr zu tun. Leiten Sie diese nicht unmittelbar in den Abzug, da sie einerseits umweltschädlich sind und andererseits mit der Zeit die Abzugsschächte durchätzen. Sie können leicht in wässriger Natronlauge absorbiert werden, wobei allerdings Maßnahmen gegen die Gefahr des Zurücksteigens der Lauge zu treffen sind (Waschflaschen). Verwenden Sie für alle Verbindungen PVC-Schläuche! Gummi wird durch Halogenwasserstoffgase zersetzt!

4.4 Entsorgung von Lösemittelabfällen und anderen org. Substanzen

Beachten Sie beim Sammeln der Abfälle folgendes:

- Verwenden Sie ausschließlich den dafür vorgesehenen Behälter! Überfüllen Sie die Behälter nicht!
- Geben Sie volle Behälter unverzüglich ab. Unnötig herumstehende volle Behälter schaffen ein hohes Brandpotential!
- Lagern Sie den Behälter im Sicherheitsschrank!

Die Lösemittelabfälle dürfen auch gelöste organische Stoffe enthalten.

- Machen Sie von dieser Möglichkeit der Entsorgung organischer Feststoffe ausgiebig Gebrauch! Flüssige Abfälle sind sehr viel einfacher zu entsorgen, da hier keine Einzeldeklaration wie bei Feststoffen in Einzelbinden notwendig ist.
- Geben sie keine noch reaktionsfähigen Stoffe oder Gemische ohne vorhergehende Deaktivierung in den Abfall! 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 offenstehen. Dies begünstigt unerwünschte Verdunstungsverluste. Legen oder drehen Sie 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 Chemikalienabgabe 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 Chemikalienabgabe abgegeben.

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

4.5 Wässrige Lösungen

- Neutrale wässrige Abfälle werden in die organischen Lösungen gegeben. Anorganisch Säuren und anorganische Basen/Laugen werden jeweils gesondert gesammelt, auch wenn geringe organische Anteile beigemischt sind. Saure Schwermetallsalzlösungen kommen zu den anorganischen Säuren.
- Enthält der Abfall organische Bestandteile, so ist er zu den organischen Lösungen zu geben.
- Wässrige Abfälle dürfen nur dann ins Abwasser gegeben werden, wenn die enthaltenen Beimengungen unbedenklich sind und nur in geringer Konzentration vorkommen. Andererseits soll es möglichst vermieden werden, unbedenkliche Wässer als Sonderabfall zu entsorgen. Ist das Wasser z.B. nur mit wenig Leichtmetallsalzen verunreinigt, ist die Entsorgung ins Abwasser auf jeden Fall besser.

Die nachfolgenden verdünnten Lösungen dürfen in **geringen** Mengen ins Abwasser gegeben werden:

- Natriumchlorid • Calciumchlorid • Natriumcarbonat • Magnesiumchlorid
- technische Salz für Kältemischungen

jedoch keine Filtrierhilfsmittel oder Säulenchromatographiematerial. Diese werden als Reaktionsrückstände gesammelt.

- Andere wässrige saure Abfälle, die Schwermetallsalze (außer Quecksilber) enthalten, werden zu den anorganischen Säuren 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!**

4.6 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:

- Wischtücher, die zum Reinigen von Geräten und Arbeitsflächen verwendet worden sind.
- sonstige Gebrauchsmaterialien wie DC-Karten, Filterpapiere, Gummischläuche, Handschuhe usw.
- Trockenmittel (Natriumsulfat, Calciumchlorid). Die Trockenmittel dürfen keine Lösungsmittel mehr enthalten!

Alle vorgenannten Dinge dürfen keine reaktionsfähigen Chemikalienrückstände haben. 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.

- Quecksilberhaltiges ist immer getrennt zu sammeln.

Die Betriebsmittel dürfen keine spitzen oder scharfen Gegenstände enthalten. Für Kanülen und Nadeln sowie für Glasabfälle stehen gesonderte Sammelbehältnisse zur Verfügung

4.7 Natrium

Natrium ist mit Alkohol zu desaktivieren.

Natrium ist immer in überschüssigen Alkohol einzutragen, weil sonst die Mischung dickflüssig wird und die Kühlung des Metalls ausbleibt: Es glüht auf und kann eine Entzündung des Knallgasgemisches verursachen. Arbeiten Sie in einem trockenen Abzug (Wasserstoffentwicklung!)! Kühlen Sie nicht mit einem Wasser- oder Eisbad. Zündquellen (Magnetrührer!) dürfen nicht den entwickelten Gasen ausgesetzt sein! Verwenden Sie einen Rundkolben mit aufgesetztem Rückflusskühler und Gasableitung direkt in den Abzugsschacht! Stellen Sie eine Schüssel unter, wenn Sie mit offenen Gefäßen arbeiten müssen. Dies verhindert, dass bei unbeabsichtigt zu stürmisch verlaufender 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 nützliches Mittel zur Deaktivierung verschiedener Gifte (z.B. Iodmethan, Dimethylsulfat, Benzylhalogenide). Bei Entsorgung muss die Mischung zuvor filtriert werden, um evtl. vorhandene Natriumnester abzutrennen. Der zurückbleibende Filter kann erst nach vollständigem Eintauchen in Wasser entsorgt werden.

4.8 Hydride und Metallalkyle

Im Praktikum kommen insbesondere vor:

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

Die genannten Stoffe reagieren mehr oder weniger heftig mit Wasser. Ökologisch günstiger ist die Deaktivierung mit Wasser dennoch, zumal in der Regel nur verdorbene, also schon aktivitätsgeminderte Chargen entsorgt werden. Geben Sie sie vorsichtig portionsweise in Wasser. 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.

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

4.9 Quecksilber

Quecksilber wird immer gesondert von allen anderen Abfällen gesammelt! 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.
- **Freigesetztes Quecksilber:** In der Regel stammt dieses Quecksilber auch aus Thermometerbruch, ist jedoch in Freiheit gesetzt worden. Es wird nach Aufsammeln gemäß Kap. 5.2.2 in einem gesonderten Gefäß gesammelt.
- **Quecksilberhaltiger Bodenkehrich:** Freigesetztes Quecksilber, welches sich auf dem Fußboden derart mit weiterem Bodenkehrich vermischt hat, dass eine Trennung nicht mehr möglich ist. Es wird in einem gesonderten Entsorgungsgefäß gesammelt.

4.10 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:

- verschiedene anorganische (Schwermetall-) Verbindungen
- quecksilberhaltiger Glasbruch
- Chemikalien die größere Mengen Brom oder Iod enthalten

4.11 Glasabfälle

Es gibt 3 verschiedene Sorten von Glasabfällen:

- sauberes Flaschenglas
- sauberes Laborglas
- verunreinigte Gläser (auch verunreinigtes Porzellan)

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

Sauberes Flaschenglas wird in den Recyclingcontainer entsorgt. Im Praktikum werden dazu keine Sammelgefäße aufgestellt, weil die Flaschen in der Regel ganz sind und vor dem Ausgang (Anlieferung) abgestellt werden können. Auf den zu entsorgenden Flaschen müssen alle Warnhinweise entfernt werden.

Sauberes Laborglas ist ein temperaturbeständiges hoch schmelzendes Glas. Es darf nicht in den Recyclingcontainer entsorgt werden! Bei Laborglasabfall handelt es sich in der Regel um zerbrochene Laborglasgeräte. Hierfür stehen in jedem Labor Sammelgefäße. Sie werden mit dem Hausmüll entsorgt, dürfen aber dennoch keinesfalls in die Hausmüllbehälter gegeben werden. Es stehen spezielle Behälter bereit.

Verunreinigte Gläser werden im Behälter für kontaminiertes Glas gesammelt.

4.12 Kanülen

Kanülen und Nadeln müssen aus den gleichen Gründen gesondert gesammelt werden, wie die Glasscherben: Sie sind spitz und können Verletzungen verursachen. Ein Sammelgefäß steht im Labor aus.

- Reinigen Sie vorher die Kanülen und Nadeln, damit keine Chemikalienrückstände anhaften.

5 Chemikalienbeseitigung im Gefahrenfall (Verschütten von Substanz)

5.1 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 allen Zweifelsfällen Ihren Assistenten zu Rate!

Die Maßnahmen zum Aufnehmen verschütteter Substanzen sind sehr stoffspezifisch.

Je nach Art des Stoffes ist zweckmäßig bzw. zulässig:

- 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
Vorsicht vor gesundheitsschädlichen Stäuben! Oft ist das Aufnehmen mit Wasser einfacher und ungefährlicher.
- Aufnehmen mit Zellstoff oder Absorptionsmitteln
Geeignet für verschiedene Flüssigkeiten. Entsprechende Mittel stehen in allen Praktikumsräumen aus.
Vorsicht: Zellstoff nicht für stark oxidierende Substanzen verwenden (z.B. konz. HNO_3).
- Das Ablüften lassen (Organische Lösemittel)
Bei leicht flüchtigen organischen Lösemitteln besteht oft gar keine Chance sie aufzunehmen, da sie schnell verdunstet sind.

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

5.2 Beispiele spezieller Unfallschnellbeseitigungen

5.2.1 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 auch alle Stromverbraucher, z.B. der Magnetprüher) In der Praxis kann das bedeuten, dass Sie augenblicklich das Labor verlassen, dabei im Laufen aber noch schnell alle Stecker der Stromverbraucher ziehen bzw. den Not-Aus-Schalter betätigen. Danach ist sachgerecht abzuwägen, ob das Ablüften lassen oder das Aufnehmen mit Absorptionsmitteln die bessere Alternative ist.

5.2.2 Quecksilber

Quecksilber wird mit einer Quecksilberzange oder einem blanken Zinklech aufgenommen und gesammelt. 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 Aufsammler herauslesen können. Falls ja, sammeln Sie das Quecksilber in dem ausstehenden Sammelgefäß. Andernfalls ist der gesamte Kehricht zu entsorgen. Verwenden Sie das dafür vorgesehene Weithalsgefäß! Für besondere Fälle steht auch ein spezielles Absorptionsmittel ("Mercurisorb") zur Verfügung. Vermeiden Sie andere Entsorgungsmethoden (auf keinen Fall Iodkohle benutzen), da diese meist ineffektiver sind, auf jeden Fall aber große Abfallmengen erzeugen, die teuer entsorgt werden müssen. Verschüttetes Quecksilber ist immer **restlos** zu entfernen.

5.2.3 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! (Danach muss natürlich trockengewischt werden.)

6 Gefährdungen durch Chemikalien








6.1 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 dies Einstufung vorgesehener H-Satz sowie in der Regel ein Piktogramm. In den folgenden drei Tabellen sind die Gefahrenklassen aufgelistet. Die rechte Spalte verweist auf die verwendeten Piktogramme und Codierung.



Physikalische Gefährdungen

Gefahrenklassen (GHS)	Piktogramm
<ul style="list-style-type: none"> Explosive Stoffe/Gemische und Erzeugnisse mit Explosivstoff 	 GHS01
<ul style="list-style-type: none"> Selbstersetzliche Stoffe und Gemische Organische Peroxide 	 
<ul style="list-style-type: none"> Entzündbare Gas Entzündbare Aerosole Entzündbare Flüssigkeiten Entzündbare Feststoffe Selbsterhitzungsfähige Stoffe und Gemische Stoffe und Gemische, die bei Berührung mit Wasser entzündbare Gase entwickeln Pyrophore Flüssigkeiten Pyrophore Feststoffe 	 GHS02
<ul style="list-style-type: none"> Oxidierende Gase Oxidierende Flüssigkeiten Oxidierende Feststoffe 	 GHS03
<ul style="list-style-type: none"> Gase unter Druck 	 GHS04
<ul style="list-style-type: none"> Korrosiv gegenüber Metallen 	 GHS05

Gesundheitsgefahren

Gefahrenklassen (GHS)	Piktogramm
<ul style="list-style-type: none"> Akute Toxizität 	  GHS06 GHS07
<ul style="list-style-type: none"> Ätzung/Reizung der Haut Schwere Augenschädigung/-reizung 	 
<ul style="list-style-type: none"> Sensibilisierung von Atemwegen oder Haut Spezifische Zielorgan-Toxizität (einmalige Exposition) 	 
<ul style="list-style-type: none"> Keimzell-Mutagenität Karzinogenität Reproduktionstoxizität Spezifische Zielorgan-Toxizität (wiederholte Exposition) Aspirationsgefahr 	 GHS08

Umweltgefahren

Gefahrenklassen (GHS)	Piktogramm
<ul style="list-style-type: none"> Gewässergefährdend 	 GHS09
<ul style="list-style-type: none"> Die Ozonschicht schädigend 	

Die im GHS verwendeten H-Sätze (H steht für hazard) sind wie folgt systematisiert:

Habc

a = Gruppierung

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

bc = Fortlaufende zweistellige Nummerierung

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

Die Systematik der P-Sätze (P steht für „precautionary statement“) erfolgt analog 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“.

Die Symbole heißen „Piktogramme“. Statt der Gefahrenbezeichnung ist jetzt ein Warnwort hinzuzufügen. Es gibt zwei verschiedene Warnwörter, nämlich „Gefahr“ und „Achtung“, wobei „Gefahr“ für Stoffe mit erwiesenem bzw. hohem Wirkpotential und „Achtung“ für Stoffe mit geringerem oder nur vermutetem Wirkpotential verwendet wird. Auf einem Etikett erscheint nur ein einziges Mal das Warnwort – sozusagen als Summe der Bewertung des Gefahrenpotentials.

Es gibt folgend Piktogramme:

Piktogramm	Codierung	Gefahrenklassen
	GHS01	<ul style="list-style-type: none"> • Explosive Stoffe/Gemische und Erzeugnisse mit Explosivstoff • selbstzersetzliche Stoffe und Gemische • Organische Peroxide
	GHS02	<ul style="list-style-type: none"> • Entzündbar • selbsterhitzungsfähig • selbstzersetzlich • pyrophor • Organische Peroxide
	GHS03	<ul style="list-style-type: none"> • Oxidierend
	GHS04	<ul style="list-style-type: none"> • Gase unter Druck
	GHS05	<ul style="list-style-type: none"> • Korrosiv gegenüber Metallen • Ätzung/Reizung der Haut • Schwere Augenschädigung

	GHS06	<ul style="list-style-type: none"> • Akute Toxizität
	GHS07	<ul style="list-style-type: none"> • Hautsensibilisierend • Verschiedene weitere Gefährdungen bei geringerem Wirkpotential
	GHS08	<ul style="list-style-type: none"> • KMR-Aktivität • Sensibilisierung der Atemwege • Spezifische Zielorgantoxizität • Aspirationsgefahr
	GHS09	<ul style="list-style-type: none"> • Gewässergefährdend

Piktogramme werden einer Art Rangfolge unterworfen. Für die GHS-Piktogramme gilt:

Neben:	darf weggelassen werden:
GHS01	GHS02, GHS03
GHS06	GHS07
GHS05	GHS07 nicht bei Haut-/Augenreizung
GHS08 bei Sensibilisierung der Atemwege	GHS07 für Haut- oder Haut- und Augenreizung

Für jede Gefahrenklasse ist darüber hinaus nur ein Piktogramm anzugeben – und zwar das, was der schwerwiegendsten Gefährdung zuzuordnen ist.

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

6.2 Brände

6.2.1 Definition des Brandpotential

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. Um ein Feuer zu entfachen ist also nicht etwa eine Flamme oder Zündfunken notwendig, sondern es reicht eine bestimmte Temperatur. 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 von dieser Gefahr gewarnt wird.

- **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.

Der Flammpunkt ist zusammen mit dem Siedepunkt des Lösemittels das entscheidende Kriterium zur Einstufung des Brandpotentials. Im GHS sind die Kriterien wie folgt:

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

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

- Stoffe mit einem Flammenpiktogramm kann man bei Raumtemperatur entzünden.
- Flüssigkeiten und Gase mit einem Flammenpiktogramm können bei Raumtemperatur explosionsfähige Dampf-/Luftgemische geben.

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. 27).

Beachten Sie:

Ob oberhalb des Flammpunktes Mischungen des Dampfes mit Luft zündfähig sind oder nicht, ist nur eine Frage des richtigen Mischungsverhältnisses.

Dass man den Etherdampf umgießen kann, zeigt, dass dieser Dampf schwerer als Luft ist. Dies trifft für alle organischen Dämpfe zu. 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.

6.2.2 Brandverhütung

- In allen Laborräumen herrscht Rauchverbot. (DGUV Information 213-039 7.4.3; DGUV Information 213-850 4.6.2)
- Halten Sie 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, entfernen. Insbesondere haben Lösemittelkanister neben Apparaturen nichts zu suchen.
 - ⇒ Verpackungsmaterial nicht im Labor herumliegen lassen. Kunststoffe, z. B. Styropor entwickeln im Brandfall extrem viel giftigen Rauch, der auch die Orientierung unmöglich machen kann.
 - ⇒ Bringen Sie volle Abfallkanister unverzüglich in das Chemikalienlager
- 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!
- Vermeiden Sie direkte Sonneneinstrahlung!

- ⇒ Lichteinfall induziert die Peroxidbildung, z.B. bei Ethern (Siehe Kapitel 6.4.1).
- ⇒ Gefüllte Rundkolben fokussieren Licht wie eine Lupe. Material in der Brennebene kann bei Lichteinfall Feuer fangen.

- Selbstentzündliche Chemikalien dürfen nicht zusammen mit entzündlichen oder brandfördernden Substanzen aufbewahrt werden (siehe Kapitel 3.7). Bringen Sie die Chemikalie nach der Verwendung unverzüglich zurück an den 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: „Maßnahmen gegen elektrostatische Aufladung treffen.“ Für z. B. Diethylether bedeutet das nicht 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 > 5L relevant. Die Gefahr einer Zündung durch elektrostatische Aufladung des Lösemittels ist also bei der Verwendung laborüblicher Kleinmengen eher gering. Dass viel größere elektrostatische Problem sind Sie selbst – nämlich dann, wenn Sie vornehmlich Kunstfaserbekleidung tragen, die sich beim Bewegen elektrostatisch auflädt.
- Heizbäder dürfen ohne Sicherheitstemperaturbegrenzung nur unter Aufsicht betrieben werden. Als Heizquelle dürfen 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. Der elektrische Widerstand nicht metallisch blanker Kontakte kann zu einer starken Aufheizung bis hin zum Kabelbrand führen!
- Halten Sie Kühlwasserschläuche und Elektrokabel von Heizquellen fern! (Oft wird z.B. da Kabel eines Magnetrührers verschmort, weil es beim Aufräumen um die noch heiße Heizplatte gewickelt wurde.) Verschmorte Kabel müssen sofort ausgetauscht werden.

6.2.3 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 Kohlendioxidlöschere werfen innerhalb von 6 bis 8 Sekunden zwei Kilogramm Kohlendioxid auf den Brandherd (das entspricht ca. 1 Kubikmeter Kohlendioxidgas.)
- Verwenden Sie **niemals** Wasser zum Löschen! (Bedingte Ausnahme: Personenbrände, siehe Kapitel 6.2.5) Manche Stoffe z.B. Natrium, *n*-Butyllithium oder LAH 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.

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.

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 Flüssigkeit.

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. Paradoxerweise unterhält hier also gerade das Löschgas die Verbrennung weiter!

Zum Löschen solcher Brände stehen in jedem Labor Metallbrandlöscher bereit. Ein bedingt geeignetes Löschmittel wäre der Pulverlöscher.

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 gilt, können Sie bei Pulverlöschern die Brandbekämpfung unterbrechen bzw. durch weiteres Besprühen ergänzen. Während Kohlendioxidlöscher 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:

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

Einen Pulverlöscher finden Sie auf dem Flur der Magistrale. Ein weiterer Vorteil der Pulverlöscher ist die höhere Wurfweite, die es Ihnen ermöglicht, das Feuer aus größerer Distanz zu bekämpfen. Das Löschpulver hat den Nachteil, korrosiv zu sein, wodurch z. B. elektronische Geräte unbrauchbar werden können.

Metallbrände können auch mit Pulverlöschern nicht effektiv bekämpft werden. Immerhin fachen Pulverlöscher Metallbrände aber nicht zusätzlich an – ganz im Gegensatz zu Schaumlöschern, die für Metallbrände daher ebenfalls ungeeignet sind.

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 weiter laufen soll oder nicht, ist eine Ermessensfrage. Drohen beim Zerplatzen der Apparatur heftige Reaktionen mit dem Kühlwasser, so ist Ausschalten besser. Will man eine durchgehende Reaktion unter Kontrolle bringen, ist dagegen Laufen lassen besser.
- 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!
- 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 (Notschalter am Ausgang!).
 - ⇒ Schließen Sie die Labortüren! 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 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.) Der sichere Weg aus den Praktika verläuft über das Fluchttreppenhaus und nicht über die Magistrale!
- Machen Sie sich mit den Flucht- und Rettungswegen vertraut. Ein Flucht- und Rettungsplan hängt im großen Flur von dem Praktikum.
- Denken Sie – vor allem auch bei der Rettung Hilflöser – an Ihren Selbstschutz! Vermeiden Sie es, auf sich allein gestellt zu sein. Wenn Ihnen etwas zustößt, gibt es sonst niemanden, der von Ihren Schwierigkeiten weiß.
- Brandmelder finden Sie auf allen Fluren. Wenn Sie den Räumungsalarm hören (langanhaltender Hupton), verlassen Sie auf kürzestem Wege das Haus. Begeben Sie sich zu dem vorgesehenen Sammelplatz! Dieser ist auf dem Platz vor diesem Gebäude und dem Hörsaalgebäude. Stellen Sie dort fest, ob allen, von denen Sie wissen, dass sie im Haus waren, die Flucht geglückt ist.

6.2.4 Verhalten nach dem Löschen von Bränden

- Ein gerade gelöschter Brandherd kann noch so heiß sein, dass er von selbst spontan wieder neu zünden kann. 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 Argon-Löschanlage der Löschabzüge ausgelöst, so werden die entsprechenden Abzüge und Räumlichkeiten mit Argon geflutet. Wenn das entsprechende Warnsignal (Hupton) ertönt, sind deshalb diese Räume (Nachtlabore) 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 oder defekter Plombe vorfinden!

6.2.5 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.
- **Feuerlöschers:** Kohlendioxidlöschers befinden sich in den Laboren, ein Pulverlöschers in der Magistrale.
- **Löschdecken** befinden sich im Labor in roten Kästen. Zum Löschen muss das Opfer fest in die Löschdecke gewickelt werden. Das Problem ist, dass Brandopfer sehr panisch reagieren und dazu neigen, einfach wegzurennen. Sie müssen dies unter allen Umständen verhindern, indem Sie das Opfer festhalten, notfalls sogar zu Boden werfen.

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!



Jedes Löschmittel ist aber nur dann geeignet, wenn es **augenblicklich** verfügbar ist.

6.3 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.

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

Es gibt auch 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 z.B. 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 und lassen Sie sie niemals in offenen Gefäßen stehen.
- Halten Sie im Labor brandfördernde und leicht- oder selbstentzündliche Stoffe 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 Versuchsvorschrift besonders 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 augenblicklich akute Brandgefahr. Diese Gefahr kann meist durch Lösen/Verdünnen mit viel Wasser gemindert werden. Verwenden Sie vor einer Deaktivierung kein Fließpapier, Zellstoff oder Putzlappen zum Aufnehmen! Eine sachgerechte Entsorgung ist stoffspezifisch und erfolgt entweder durch Neutralisation (Beispiel: Salpetersäure, vgl. Kap. 5) oder durch Versetzen mit einem Reduktionsmittel (Beispiel: Brom).

6.4 Explosionen/Implosionen

6.4.1 Explosionsgefährliche Chemikalien

Im Grundpraktikum werden keine explosionsgefährlichen Chemikalien verwendet. Lediglich ein paar Startreagenzien für radikalische Substitutionsreaktionen sind in trockenem Zustand explosionsgefährlich. Zur Vermeidung dieser Gefahr werden sie 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 einem 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. Eine Ausnahme sind aber Peroxide, die sich in Ethern beim Stehen bilden. Beachten Sie, dass unter dem Begriff „Ether“ eine Substanzklasse zu verstehen ist! Peroxide bildet 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 nach längerem Erhitzen (z.B. Extraktion mit Ether) ist mit Peroxiden

zu rechnen. Die 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 bilden **können**. Sie erhalten also auf der Flasche keinen diesbezüglichen Warnhinweis, sondern müssen selbst nachdenken bzw. aus dem Sicherheitsdatenblatt ermitteln.

Die Bildung von Etherperoxiden ist zu vermeiden durch:

- Ausschluss von Licht- und Luftzutritt. Denken Sie daran, dass direkte Sonneneinstrahlung grundsätzlich zu vermeiden ist! (vgl. Kap. 6.2.2)
- Ausschluss von Oxidationsmitteln.
z.B. ergibt Salpetersäure mit Diethylether sofort ein hochexplosives Gemisch.
- Einhaltung kurzer Lagerzeiten.

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

6.4.2 Explosionsgefährliche Dampf-/Luftgemische

Jedes leicht entzündliche Lösemittel kann bei Raumtemperatur Dämpfe erzeugen, die zündfähig sind! Bereits genannte Standardmaßnahmen sind

- Ausschließlich im Abzug handhaben (Siehe Kap. 3.6.1).
- Dicht verschlossen vorzugsweise im Sicherheitsschrank (siehe Kap. 3.7.2 + 4) aufbewahren.

Weitere Maßnahmen:

- Leiten Sie explosive Gase (z.B. H_2) über einen Gasableitungsschlauch direkt in den Abzugsschacht!
- 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. Verschließen Sie Kolben mit niedrig siedenden Lösemitteln daher mit Glasstopfen, die Sie mit einer Klammer sichern!
- 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 Kunststoffstopfen, weil diese sich nicht ausreichend fixieren lassen und in der Kälte außerdem so weit schrumpfen, dass ein bei Raumtemperatur fest auf den Kolben gedrückter Kunststoffstopfen im Tiefkühlfach nur noch lose auf dem Kolben aufliegt. 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 eine explosionsfähige Atmosphäre erzeugen. Bei einer Reihe von Substanzen (z.B. Diethylether) ist dies sogar im Tiefkühlfach möglich!

- Alle Gefäße im Kühlschrank müssen gekennzeichnet sein!

6.4.3 Arbeiten mit evakuierten Apparaturen

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

- Evakuieren Sie keine dünnwandigen Gefäße mit kugelig 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 Abzugscheibe. (DGUV Information 213-850 5.1.6.1) Das Tragen der 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 beträchtlichen Überdruck entwickeln, der das Gerät zum Zerplatzen bringt!
- Kennzeichnen Sie unbeaufsichtigt stehen 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)
- Beim Absaugen mittels Büchnertrichter muss die Gummimanschette so bemessen sein, dass sie nicht durchrutschen kann.

6.5 Toxikologische Gefährdungen

6.5.1 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 keine Relevanz. Die beiden Hauptgefährdungen sind die Hautresorption und die Inhalation. Beide sind in gewisser Weise komplementär:

- Die hoch volatile Flüssigkeit entwickelt viel Dampf – hat dafür aber auf der Haut infolge der schnellen Verdampfung nur eine kurze Kontaktzeit.
- Das hochsiedende Öl hat nur einen kleinen Dampfdruck – persistiert dafür aber auf der 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 völlig unbemerkt in den Körper aufgenommen werden können (Beispiel für geruchloses Inhalationsgift: Kohlenmonoxid; Beispiel für reizlos resorbierbares Hautgift: Dimethylquecksilber). Sehr häufig gibt es aber eine Warnwirkung durch Geruch oder Reizung.

6.5.2 Akute Toxizität

Zur Bestimmung der akuten Toxizität von Giften werden für orale und dermale Vergiftung LD₅₀ – Werte (LD = Lethal dose) und für Inhalationsvergiftungen LC₅₀-Werte (LC = Lethal concentration) bestimmt. Der Wert „50“ besagt, dass es sich dabei um diejenige Menge oder Konzentration handelt, bei der 50 % der Versuchstiere sterben.

Es wird wie folgt eingestuft:




Gefahrenklasse „akute Toxizität“

		LD50-Wert (mg/kg Körpergewicht) LC50-Wert (mg/L Luft – Dauer: 4h)	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 Kennzeichnung 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.

6.5.3 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** (= Specific Target Organ Toxicity) abgekürzt. Gemeint sind damit reversible oder nicht reversible nicht unbedingt letale Schädigungen einzelner Organe. Es wird wie folgt gekennzeichnet:


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

*) anzugeben ist nur das, was zutrifft

Gefahrenklasse „Spezifische Zierorgantoxizität (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

- 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 die eigene Gefahrenklasse „Aspirationsgefahr“ Rechnung getragen. Sie hat nur eine Kategorie. Die Kennzeichnung ist wie folgt:

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



6.5.4 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 eingeteilt. 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 gekennzeichnet.

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. Bsp.: „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	H360DF (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

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

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

Erfolgt die schädigende Wirkung über die Muttermilch, wird mit H362 (Kann Säuglinge über die Muttermilch schädigen) gekennzeichnet. Diese 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 wirksame 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 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 Grundchemikalien, weshalb die erforderliche Recherche meist wenige bis gar keine zusätzlichen Stoffe hervorbringt, die trotz fehlender Kennzeichnung ebenfalls als wirksam anzusehen sind. (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.)



6.5.5 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. 6.5.3) ausgelagert.



Einstufungskriterium ist die Zeit, innerhalb der Kaninchenhaut durchgeätzt wird.

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.



Gefahrenklasse „Schwere Augenschäden/Augenreizung“

Kategorie H-Satz	Piktogramm Signalwort
Kategorie 1A, 1B, 1C H318 (Verursacht schwere Augenschäden)	 GHS05 Gefahr
Kategorie 2 H319 (Verursacht schwere Augenreizungen)	 GHS07 Achtung

6.5.6 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

6.5.7 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. 3)! 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 nutzen.
- Begrenzen Sie kontaminierte Stellen! Verteilen Sie kontaminierte Geräte nicht gleichmäßig im Abzug, sondern sammeln Sie diese in einem Eimer oder einer Plastischale.
- **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 Plastikschüsseln 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)! 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. Lassen Sie sich vom Saalassistenten erklären, wie man damit richtig umgeht.
- Auspuffgase aller Pumpen sind in den Abzug zu leiten.
- Pyrolytisch zersetzte Stoffe (z.B. Destillationsrückstände) können krebserzeugend sein.
- Verschüttetes Quecksilber ist restlos zu entfernen.
- Essen und Trinken im Labor ist untersagt. Insbesondere dürfen keine Lebensmittel in Laborgefäßen (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 nur saubere Werkstücke zum Glasbläser!

6.5.8 Grenzwerte

Der **Arbeitsplatzgrenzwert** ist der Grenzwert der üblicherweise über einen Arbeitstag gemittelten Raumluftkonzentration 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 $\text{ppm} = \text{parts per million}$) 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/m³ Dampf-volumina gemeint sind! Die Angabe in dieser Einheit ist deshalb nur bei verdampfbaren Substanzen, also nicht bei Stäuben oder Aerosolen sinnvoll. Arbeitsplatzgrenzwerte findet man in der TRGS 900.



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 zu verpflichten sind. Wegen der typischerweise geringen Substanzmengen und einer – wenn überhaupt – immer nur sehr kurzzeitigen Freisetzung, wird das aber nicht mehr gefordert.


6.6 Umweltgefährdungen

Es wird wie folgt eingestuft:

Gefahrenklasse „Gewässergefährdend“

Kategorie H-Satz	Piktogramm Signalwort
Akute 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

Gefahrenklasse „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 Operateurs, 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 Kennzeichnung 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 gesonderte, als Wanne ausgebildeten Raum befinden muss. 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 technischen/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, die im Falle eines Behälterbruchs den Inhalt aufnehmen können.

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

7 Schnittverletzungen

Die Schnittverletzung ist die häufigste Verletzung im Labor!

- Alles Scharfkantige gehört in den Abfall. Verwenden Sie die in Kap. 4 beschriebenen Entsorgungsgefäße. Wenn Ihnen Glasgeräte im Spülbecken zerspringen, so stellen Sie laufendes Wasser ab und sammeln Sie die Scherben auf! Verwenden Sie dazu Tiegelfange oder Pinzette, damit Sie sich nicht schneiden!
- Lassen Sie Glasrohre und -stäbe vom Glasbläser rund schmelzen!
- 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 Gals schieben (Glasrohr durch Gummistopfen, Gummischlauch auf Anschlussstutzen). 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 Griffbarkeit und schützen Ihre Hände vor plötzlichen Herausschwappen von Flüssigkeit, wenn die Verbindung plötzlich aufgeht. Wenn Schnittschutz im Vordergrund steht, können Sie bei Herr Neudert spezielle Handschuhe ausleihen. 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 mit dem Heißluftgebläse. 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. Nicht temperaturbeständige Gläser dürfen nicht erwärmt werden, genau wie festsitzende Hahnküken (Hahnküken sind häufig aus einem anderen Glasmaterial als sonst für Schliffgeräte üblich. Dieses Material hat einen höheren Ausdehnungskoeffizienten. Bei Erwärmen zersprengt das Hahnküken also die Hülse, in dem es sitzt. Da man nicht sieht, aus welchem Material das Hahnküken gefertigt ist, unterlassen Sie das Anwärmen bitte grundsätzlich!)

- ⇒ Kriechöle in die Schliffflächen einziehen lassen. Da diese Flüssigkeiten oft 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 sorgfältig abzuwägen. Ziehen Sie Ihren Assistenten zu Rate!

- Klammern Sie Apparaturen so, dass die unterste Stativklammer die Apparatur trägt, die oberen nur abstützen (und also nicht ganz fest zuge dreht werden). Verwenden Sie nicht mehr Klammern als notwendig. Dies erhöht die Gefahr von Verspannungen. Stativklammern müssen einen ausreichenden Korkbelag haben. Unterstützen Sie große, in eine Apparatur eingespannte Kolben auch von unten! (z. B. durch einen Korkring.) 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. **Der nächste Erste-Hilfe-Kasten befindet sich im Flur vor dem Praktikum (neben Schaukasten)!**

- Alle Verletzungen, die nicht zweifelsfrei Bagatelldarakter haben, müssen dem Notarzt vorgestellt werden. Zur Sicherstellung der Kostenübernahme durch die Unfallkasse ist eine Unfallmeldung (Vordruck) auszufüllen. Bagatellverletzungen müssen im Meldeblock (Dokumentation von Erste-Hilfe-Leistungen) dokumentiert werden. (DGUV Vorschrift 1 § 24(6))
- Die Unfallkassen verlangen, dass bei schwerwiegenderen Unfällen ein sog. Durchgangsarzt hinzugezogen wird, der besondere berufliche Qualifikationen hat (siehe Liste unter Kap. 1).
- Es kann zweckmäßig sein, dem Arzt Informationen über das Wirkpotential der beteiligten Chemikalien zugänglich zu machen. (Sicherheitsdatenblatt, Gestis, siehe Kap. 3.1)
- 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 sich dessen Zustand unterwegs unerwartet verschlimmern könnte. Da die Feuerwehr ein Unfallopfer nicht einfach nur an der Ersten-Hilfe-Stelle abliefert sondern ausschließlich einem Arzt übergibt, ist dadurch ein wesentlich schnellerer Behandlungsbeginn gewährleistet. Andererseits erspart der Selbsttransport Aufwand und Kosten.
- Für komplexere Erste-Hilfe-Leistungen stehen Ersthelfer des Instituts zur Verfügung. Eine Liste der Ersthelfer finden sie in Kap. 1 (auch am Verbandskasten).

8.2 Angebotsuntersuchungen

Schon der Umgang mit Allerweltslösemitteln wie Hexan, Methanol, Ethanol oder 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 JLU kostenlos 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 JLU Gießen 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 lebensgefährlich! Anzeichen sind:

- Aschgraue und kalte Arme und Beine infolge der sog. „Zentralisation“ der Blutversorgung bei der nur noch die notwendigen 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 (Spätstudium).
- Der sehr schnelle ($>100/\text{Min}$), 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 ebenfalls 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 die Blutung durch mäßigen Druck auf die Wunde über 1 bis 2 Minuten mit einem hygienisch einwandfreien Material temporär zum Stehen bringen. Die Wunde lässt sich so besser beurteilen, ob es sich um einen „Pflasterfall“ handelt oder 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 nicht. Den Druck soll dennoch das Unfallopfer selbst ausüben und zwar nur dann, wenn das schmerzfrei möglich ist. Gelingt die Blutstillung auf diese Weise nicht, so ist ein Druckverband anzulegen. Fremdkörper werden nicht aus der Wunde entfernt. In diesem Fall wird natürlich nicht auf die Wunde gedrückt, 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.

8.5 Erste Hilfe bei oralen Vergiftungen und Verätzungen

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

Werfen Sie das alles über Bord!

Als Ersthelfer lassen Sie lediglich Wasser trinken und lösen **kein** Erbrechen aus! 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 überwacht.
- 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.

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

- 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 Gefahr eines Lungenödems groß.

In der Erste-Hilfe-Literatur finden Sie manchmal Gegenmittel. Ersthelfer geben jedoch normalerweise gar keine Medikamente. Bedenken Sie, dass im Raum Gießen der Notarzt in wenigen Minuten vor Ort ist und ein eigenmächtiges Herumdoktern deshalb nur Verschwendung kostbarer Zeit ist. Sorgen Sie stattdessen für eine rasche Einweisung des Notarztes.

Wenn Sie ein bereits bewusstloses Opfer in einem durchgasten Raum vorfinden, gibt es drei Möglichkeiten:

1. Sie holen tief Luft, halten den Atem an und ziehen das Opfer heraus. Gelingt Ihnen das und das Opfer lebt, sind Sie der Held.
2. Sie holen tief Luft und wollen das Opfer 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 rufen die Feuerwehr, die innerhalb von wenigen 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 das Opfer 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 sehr beunruhigend. Deshalb sollte aber auch festgestellt werden, dass Sie nicht gleich gesundheitlich bedroht sind, wenn Sie einmal kurz etwas gerochen haben, auch wenn das widerlich oder stechend war und Sie im Nachgang 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 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 -wann gelesen haben: Spülen Sie zuerst mit viel 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 froh sein, wenn Sie Ersatzkleidung im Garderobenspind haben! (Siehe Kap. 3.4.4)
- 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! (Duschen befinden sich im 1. UG Richtung Hörsaalgebäude) (Herren Raum 038, Damen Raum 045)
- Bei schlecht oder gar nicht wasserlöslichen Stoffen wird nach dem Abspülen oder besser Abseifen anschließend Polyethylenglycol (PEG 400) aufgetupft. 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 werden. (Es hat keinen Sinn, die ausstehende 1L-Flasche auf der betroffenen Stelle auszugießen – dann ist in 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.)
- 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 versprühen sie die Haut durch Entfettung.
- Decken Sie offene Wunden steril ab! Verbandmaterial finden Sie im Verbandskasten (Flur vor Praktikum).

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. *keine oder nur schwache Hautreizung*). Hinweise, woran Sie leicht resorbierbare Gifte erkennen, finden Sie in Kap. 6.5.1.

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 Waschbecken. 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 unverzüglich.
- 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 offenhalten. Möglicherweise geschieht dies besser in Rückenlage des Patienten. Wenn der Schlauch der Augendusche zu kurz ist, begießen Sie das betroffene Auge mit 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. 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 die nahegelegene Augenklinik (Siehe Kap. 1). Das verletzte Auge lässt sich durch Abdecken ruhigstellen. In schweren Fällen wird der Notarzt angefordert.

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

8.9 Erste Hilfe bei Verbrennungen

- Kleinflächige (bis zur Größe einer Handfläche) Brandwunden sowie Verbrühungen (Bäder, heiße Heizplatte des Magnetrührers, Heizblock) werden schnellstmöglich mit Wasser längere Zeit gekühlt. Entfernen Sie ggf. überdeckende Kleidungsstücke unter dem fließenden Wasser! Die Wassertemperatur soll für das Opfer angenehm sein (schwach angewärmt). Großflächige 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.
- Geben Sie bei schweren Verbrennungen zusätzlich viel zu trinken! Es besteht die Gefahr eines Schocks (siehe Kap. 8.3).

9 Spezielle Arbeitstechniken

9.1 Kühlfallen

Kühlfallen sollen Ölpumpen vor dem Eindringen von Lösemitteldämpfen schützen. Sie werden mit flüssigem Stickstoff gekühlt. Das Problem ist, dass Sauerstoff mit -183°C einen deutlich höheren Siedepunkt hat als Stickstoff mit -210°C . In verflüssigten Stickstoff, der sich naturgemäß immer an seiner Siedetemperatur befindet, kann also Sauerstoff ein kondensieren und sich beim Abdampfen immer mehr anreichern. Verflüssigter Sauerstoff ist trotz seiner niedrigen Temperatur wegen der hohen Konzentration ein starkes Oxidationsmittel.

Noch gefährlicher ist es, wenn Sie durch eine betriebsfertige Kühlfalle mit der Pumpe Luft hindurch saugen, weil dann Sauerstoff in die Kühlfalle ein kondensiert und mit dort – planmäßig – zurückgehaltenen organischen Dämpfen ein hochbrisantes Gemisch entwickeln kann.

- Decken Sie Behälter mit flüssigem Stickstoff ab! Ist „die Öffnung nach draußen“ klein, resultiert daraus im Bereich der Öffnung eine gewisse Gaseschwindigkeit des verdampfenden Stickstoffs, die ein Eindringen von Luft verhindert. Zapfen Sie nur einen Tagesbedarf und vernichten Sie Reste durch Ausschütten. (DGUV Information 213-850, 5.2.10.4)
- Achten Sie darauf, keine Luft durch eine Kühlfalle zu saugen. Entfernen Sie nach dem Belüften das Dewargefäß und lassen sie die Kühlfalle auftauen.
- **Gebrauchte Kühlfallen müssen geleert, ggfls. gereinigt und getrocknet werden!**

Wenn Sie die Kühlfalle hingegen unbeachtet immer voller werden lassen, riskieren Sie die beiden folgenden Probleme:

- **Die Kühlfalle verstopft.**

Bedenken Sie, dass bei der Siedetemperatur des flüssigen Stickstoffs alle organischen Flüssigkeiten zu Feststoffen erstarren. Sie lesen dann zwar noch ein ganz tolles Vakuum am Manometer ab, haben aber in der Apparatur keines mehr, weil die Leitung verstopft ist.

– **Die ausgefrorenen Dämpfe gelangen auf einmal in die Pumpe.**

Diese Gefahr besteht vor allem bei der Inbetriebnahme und beim Beenden des Evakuierens. Die als Schwall in die Pumpe gesaugten Dämpfe lösen sich im Pumpenöl und machen aufgrund ihres hohen Dampfdruckes die Pumpe unbrauchbar. Durch veränderte Schmiereigenschaften können dabei zusätzlich Pumpendefekte auftreten.

Leeren Sie also für Ihren Nachfolger die Kühlfalle! Und wenn Sie einen Pumpstand mit nicht trockener Kühlfalle vorfinden, dürfen Sie sich ärgern – aber leeren Sie selbst die Kühlfalle, bevor Sie sie in Betrieb nehmen. Sie werden sonst mit der Pumpleistung nicht zufrieden sein und Sie werden Ihren Labornachbarn oder dem Assistenten irgendeinen Unsinn schwadronieren, dass die Pumpe kaputt ist!

• **Gießen Sie keinen Stickstoff in nasse Dewargefäße**

Was Sie von Wassertropfen kennen, die auf einer heißen Herdplatte umher tanzen, macht auch der flüssige Stickstoff im Dewargefäß: Zwischen der Flüssigkeit und dem Glas existiert ein dünner Gasfilm. Dieser sog. Leydenfrosteffekt verhindert thermischen Spannungen des Glases. Bei Betrieb einer Kühlfalle kann auch Wasserdampf ein kondensieren, der zunächst nur harmlose Eiskriställchen bildet. Taut die Kühlfalle auf, werden daraus Wassertropfen. Wird eine solche Kühlfalle vor dem Abtrocknen erneut verwendet, werden aus den Wassertropfen an der Glasoberfläche angefrorenen Eisnippel, die in den flüssigen Stickstoff hineinragen wodurch es leider keinen durchgängigen Leydenfrosteffekt mehr gibt: Die Kühlfalle gerät unter thermischen Spannung und kann – was sehr brisant ist! – platzen. Am besten machen Sie es, wenn Sie die Kühlfalle nach Gebrauch kopfüber einspannen. Das Wasser läuft dann einfach heraus und Reste verdunsten.

9.2 Absolutieren von Lösungsmitteln

• Glaskühler sind bruchgefährdet. Manchmal entstehen kleine Haarrisse, die kaum zu sehen sind. Werden Lösungsmittel getrocknet, werden dafür meist Reagenzien 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. Gefäße, in denen eine solche Reaktion abläuft, dürfen deshalb nicht fest verschlossen werden. Andererseits muss unbeabsichtigtes Eindringen von Stoffen verhindert werden. Zweckmäßig ist daher ein aufgesetztes Trockenrohr mit einer nach unten zeigenden Öffnung.

• Halogenkohlenwasserstoffe können explosionsartig mit Natrium reagieren. Bringen Sie die beiden Stoffe 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!

• Hochentzündliche Lösemittel (Diethylether, THF) dürfen nur in Abzügen mit erhöhter Abluft getrocknet werden. Diese Abzüge erkennt man am Schalter „V_{max}“ an der Bedienleiste (Bild). Während des Zeitraumes in dem mit dem Lösemittel im Abzug gearbeitet wird, muss das Digestorium mit erhöhter Abluft arbeiten (Taster V_{max} betätigen – die Anzeige blinkt orange). Die maximale Menge an zu trocknenden Lösemittel darf hierbei **1L nicht übersteigen** (Explosionsgefahr!). Nach Beendigung der Tätigkeit muss der Schalter wieder entsprechend quittiert werden (blinken erlischt).



9.3 Stickstoff-Entnahme in Digestorien

In jedem Digestorium im Praktikum befinden sich zwei Entnahmestellen für Stickstoff, welches als Schutzgas Verwendung findet. An der Vorderseite des Digestorium befindet sich die entsprechende Entnahmemarmatur:



- das **Absperrventil** (Hauptventil) befindet sich seitlich vom Manometer (rechts, wenn das Ventil geschlossen ist; oben, wenn das Ventil geöffnet ist):
- das **Dosierventil** ist der kleine Regler unterhalb des Manometers. Mit dem Handrad können Sie den Entnahmedruck innerhalb des Einstellbereichs stufenlos einstellen.

Nach beendeter Argonentnahme den Restdruck im Manometer ablassen, indem Sie zunächst das Absperrventil schließen, dann das Dosierventil öffnen bis kein Stickstoff mehr entweicht (Blasenzähler an Apparat). Anschließend das Dosierventil schließen.

9.4 Löschabzüge

- Alle Apparaturen, die über Nacht laufen sollen, sind in einem Löschabzug zu betreiben.
- Versuche sollten möglichst nicht über das Wochenende im Löschabzug laufen, weil sie dann besonders lange ohne Aufsicht sind. Es ist untersagt, eine Reaktion über das Wochenende zu verlängern, wenn diese aller Voraussicht nach bereits wesentlich früher beendet ist (z.B. nach Rühren über Nacht).
- Verwenden Sie für Kühlwasser und Gaseinleitungsschläuche einwandfreies Schlauchmaterial! Gummischläuche dürfen nicht rissig, hart oder spröde sein. Sichern Sie die Schläuche an den Oliven mit Schellen gegen Abrutschen. (DGUV Information 213-850, 5.2.4)
- Verwenden Sie keine Wasserbäder zum Beheizen!
- Die erforderliche Betriebstemperatur des Bades muss durch ein Kontaktthermometer geregelt werden.
- Die Apparatur muss mittels eines „Wasserwächters“ abgesichert werden. Der „Wasserwächter“ überwacht: ⇨ Leckwasser (verspritztes Wasser, z. B. durch defekten Schlauch)
Tritt einer der Störfälle ein, riegelt der Wasserwächter Strom und Kühlwasserfluss ab (vorher testen!).
- Passen Sie die Leistung der Heizquelle der benötigten Temperatur an! Optimal ist dies, wenn die Intervalle, in denen der Heizstromkreis geöffnet bzw. geschlossen ist, etwa gleich lang ist. Wenn Sie dagegen z. B. Ihren Magnetrührer „voll aufdrehen“, gibt es unnötig hohe Regelschwingungen im Temperaturverlauf.
- KPG-Rührer aus Glas können bei Verlust des Schmiermittels heiß werden und festfressen. Sie dürfen deshalb im Nachtlabor nicht verwendet werden.
- Beaufsichtigen Sie Ihre im Nachtlabor aufgebaute Apparatur bis zum Erreichen konstanter Betriebsbedingungen (gleichmäßiges Sieden, Abklingen von Reaktionen etc.)! Es ist grob fahrlässig, wenn Sie aus Zeitmangel kurz vor Praktikumschluss die Apparatur in Betrieb setzen und darauf vertrauen, dass diese nach Verlassen des Raumes wohl schon richtig laufen wird! Besonderes Augenmerk ist auf das Kühlwasser zu richten, welches entsprechend einreguliert werden muss.
- Kennzeichnen Sie Ihre Apparatur unter Verwendung des dafür vorgesehenen Vordrucks. Als Praktikant benötigen Sie ferner eine Unterschrift des Assistenten. Führen Sie dazu die Apparatur Ihrem Assistenten bei laufendem Betrieb vor!
- Lassen Sie im Löschabzug keine Chemikalien stehen!

15 Schlussbemerkungen

Die vorstehenden Anweisungen sind die Umsetzung bestehender Vorschriften. Es ist klar, dass die Einhaltung dieser Sicherheitsvorschriften dem Schutze aller dient. Missachtungen dieser Anweisungen stehen deshalb unter Sanktionsandrohung! Die Assistenten sind berechtigt, den Fortgang experimenteller Arbeiten bis zur Wiederherstellung sicherer Arbeitsverhältnisse zu untersagen. In schweren Fällen können auch befristete Laborverbote erteilt werden.

Prägen Sie sich ein:

Wo befinden sich folgende sicherheitsrelevanten Einrichtungen im Labor bzw. im Flur?

- | | | |
|---|-------------------------|-------------------------------------|
| • Wasser | • Verbandkasten | • Augenspüleinrichtung |
| • Sicherungskasten | • Dusche | • Absperrventile Elektro/Gas/Wasser |
| • Feuerlöscher (CO ₂ ; Pulver) □ | • Telefon, Notrufnummer | • Löschdecke, Löschsand |