

## **BETRIEBSANWEISUNG**

gemäß Gefahrstoffverordnung (GefStoffV),  
„Sicheres Arbeiten in Laboratorien – Grundlagen und Handlungshilfen“  
der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung  
(entspricht der Technischen Regel für Gefahrstoffe TRGS 526 „Laboratorien“  
und den  
„Regeln für Sicherheit und Gesundheitsschutz  
beim Umgang mit Gefahrstoffen im Hochschulbereich“  
(GUV 19.17)

## **FÜR DEN UMGANG MIT GEFAHRSTOFFEN UND LABORGERÄTEN AM INSTITUT FUER LEBENSMITTELCHEMIE DER TECHNISCHEN UNIVERSITÄT BRAUNSCHWEIG**

Stand 4. Mai 2020

## INHALTSVERZEICHNIS

<b>1</b>	<b>Geltungsbereich</b>
<b>2</b>	<b>Definitionen</b>
2.1	Arbeitgeber
2.2	Beschäftigte
2.3	Fachkundiges Laborpersonal
2.4	Laboratorium
2.5	Bürraum
2.6	Labortätigkeit
2.7	Bürotätigkeit
2.8	Tätigkeiten mit Gefahrstoffen
2.9	Inverkehrbringen von Gefahrstoffen
2.10	Fachkunde
2.11	Sachkunde
2.12	Stand der Technik
2.13	Sicherheitsschränke
<b>3</b>	<b>Gefährdungsbeurteilung</b>
3.1	Ermittlungspflicht
3.2	Informationsermittlung
3.3	Gefahrstoffverzeichnis
3.4	Ersatzstoffprüfung
3.4.1	In der Laborpraxis erprobte Ersatzstoffe
3.5	Gefährdungsbeurteilung
3.5.1	Expositionsermittlung
3.5.2	Arbeitsplatzgrenzwert
3.5.3	Biologischer Grenzwert
3.5.4	Einhaltung von Arbeitsplatzgrenzwert und Biologischem Grenzwert
3.6	Betriebsanweisung
3.7	Sicherheitsunterweisung
3.8	Beschäftigungsbeschränkungen für bestimmte Personengruppen
3.8.1	Jugendliche
3.8.2	Werdende oder stillende Mütter
3.8.3	Frauen im gebärfähigen Alter
3.9	Unterrichtung und Anhörung der Beschäftigten
3.10	Unterrichtung zuständiger Behörden
<b>4</b>	<b>Persönliche Schutzausrüstung</b>
4.1	Augen- und Gesichtsschutz
4.2	Handschutz
4.3	Fußschutz
4.4	Schutz des Körpers, Laborkittel
4.5	Atemschutz
<b>5</b>	<b>Laboratorien</b>
5.1	Bau und Ausrüstung
5.1.1	Abzug
5.1.2	Absaugboxen mit Luftrückführung, Sicherheitswerkbank
5.1.3	Labortisch
5.1.4	Fußboden
5.1.5	Bodenablauf, Waschbecken, Abwasserleitungen
5.1.6	Verkehrsflächen
5.1.7	Türen
5.1.8	Lüftung
5.1.8.1	Lüftungsanlagen mit Zu- und Abluft
5.1.8.2	Lüftungsanlagen mit Umluft
5.1.9	Zuführungsleitungen und Absperrarmaturen
5.1.9.1	Zuführungsleitungen

- 5.1.9.2 Absperrarmaturen
- 5.1.10 Stauräume für Gefahrstoffabfälle
- 5.2 Ergonomie
- 5.2.1 Allgemeine Anforderungen
- 5.2.2 Stühle
- 5.2.3 Lärmschutz
- 5.2.4 Beleuchtung
- 5.2.5 Raumklima
- 5.2.6 Arbeitsplätze mit Bildschirmen
- 5.2.7 Einseitig belastende lang andauernde Tätigkeiten
- 5.3 Schutzausrüstung im Labor
- 5.3.1 Notdusche und Augennotdusche
- 5.3.2 Augenspülflasche
- 5.3.3 Feuerlöscher
- 5.3.4 Feuerlöschdecke
- 5.3.5 Erste-Hilfe-Kasten
- 5.3.6 Atemschutzmaske und Filter
- 5.3.7 Adsorbentien
  
- 6 Ordnung und Sauberkeit, Nahrungsaufnahme, Rauchen, Hygiene**
- 6.1 Ordnung und Sauberkeit
- 6.2 Nahrungsaufnahme, Rauchen
- 6.3 Alkohol und Drogen
- 6.4 Hygiene und Hautschutz
  
- 7 Tätigkeiten mit Gefahrstoffen**
- 7.1 Allgemeine Schutzmaßnahmen
- 7.2 Gefahrstoffe
- 7.3 Einstufung
- 7.4 Etikettierung von Gefahrstoffgebinden
- 7.4.1 Größe von Etiketten
- 7.4.2 Vollständige Kennzeichnung
- 7.4.3 GHS-Kennzeichnung
- 7.4.3.1 Unterschiede zwischen alter Kennzeichnung und neuer GHS-Kennzeichnung
- 7.4.3.2 H-Sätze: Gefahrenhinweise
- 7.4.3.3 P-Sätze: Sicherheitsratschläge
- 7.4.3.4 Gefahrensymbole
- 7.4.4 nicht notwendige Kennzeichnung
- 7.4.5 Kennzeichnung von Stoffgemischen
- 7.4.6 Kennzeichnung noch nicht geprüfter Chemikalien
- 7.5 Aufbewahrung von Gefahrstoffen
- 7.5.1 Aufbewahrung
- 7.5.1 Sich im Arbeitsgang befinden
- 7.5.2 Bereitstellen
- 7.5.3 Lagern
- 7.5.3.1 Lagern von Chemikalien in Etagenlagern
- 7.6 Transport von Gefahrstoffen
- 7.7 Umfüllen von Gefahrstoffen
- 7.8 Herstellungs- und Verwendungsverbote
- 7.9 Schutz vor Chemikalienaufnahme in den Körper
- 7.9.1 Rangfolge von Schutzmaßnahmen
- 7.9.2 Schutz vor oraler Chemikalienaufnahme
- 7.9.3 Schutz vor dermalen Chemikalienaufnahme
- 7.9.4 Schutz vor inhalativer Chemikalienaufnahme
- 7.10 Chemikalien, deren Besitz polizeilich kontrolliert werden kann
- 7.11 Hinweise zum Umgang mit besonderen Gefahrstoffgruppen, Gefahrstoffgruppenspezifische Betriebsanweisungen
- 7.11.1 Explosive (explosionsgefährliche) Stoffe
- 7.11.2 Selbstentzündliche Gefahrstoffe
- 7.11.3 Oxidierende (brandfördernde) Gefahrstoffe

- 7.11.4 Entzündbare (hochentzündliche, leichtentzündliche und entzündliche Gefahrstoffe)
- 7.11.4.1 Tätigkeiten mit brennbaren Stoffen
- 7.11.4.2 Explosionsschutzmaßnahmen
- 7.11.4.3 Zündgefahren durch elektrostatische Aufladung
- 7.11.4.4 Peroxide
- 7.11.5 Mit Wasser gefährlich reagierende Gefahrstoffe
- 7.11.6 Mit Säuren gefährlich reagierende Gefahrstoffe
- 7.11.7 Gesundheitsgefährdende (gesundheitsschädliche, giftige und sehr giftige) Gefahrstoffe
- 7.11.8 Ätzende und reizende Gefahrstoffe
- 7.11.9 Gefahrstoffe mit besonderer Gefährdung der Augen
- 7.11.10 Krebserzeugende, fortpflanzungsgefährdende, erbgutverändernde Gefahrstoffe (CMR-Gefahrstoffe)
- 7.11.10.1 Krebserzeugende Gefahrstoffe
- 7.11.10.1.1 Anzeige des Umganges mit krebserzeugenden Gefahrstoffen
- 7.11.10.2 Erbgutverändernde Gefahrstoffe
- 7.11.10.3 Fortpflanzungsgefährdende Gefahrstoffe
- 7.11.11 Sensibilisierende Gefahrstoffe
- 7.11.12 Gefahrstoffe mit der Gefahr kumulativer Wirkungen
- 7.11.13 Umweltgefährdende (Umweltgefährliche) Gefahrstoffe

## **8 Allgemeine Labortätigkeiten**

- 8.1 Arbeiten im Abzug
- 8.2 Aufbau von Versuchsaapparaturen
- 8.3 Versuchsaufbauten bei Explosionsgefahr
- 8.4 erhöhte Gefahren bei Stromausfall
- 8.5 Schläuche
- 8.6 Stopfen, Verbindungen und Verschlüsse
- 8.7 Labor- und Ultrazentrifugen
- 8.8 Apparate zur Schmelzpunktbestimmung
- 8.9 Umgang mit Glasgeräten
- 8.10 Glasbläserarbeiten
- 8.11 Arbeiten bei erhöhter Temperatur, Erwärmen
- 8.11.1 Temperaturregelung
- 8.11.2 Heizgeräte
- 8.11.2.1 Gasbrenner (Bunsenbrenner, Kartuschenbrenner)
- 8.11.2.2 Heizbäder
- 8.11.2.3 Heißluftgebläse
- 8.11.2.4 Heizplatten
- 8.11.2.5 Heizhauben
- 8.12 Erwärmen von Flüssigkeiten in den Bereich des Siedepunktes, Destillationen
- 8.13 Arbeiten bei erniedrigter Temperatur, Kühlen
- 8.13.1 Kühlschränke/Kühltruhen
- 8.13.2 Tätigkeiten mit tiefkalt verflüssigten Gasen
- 8.13.3 Eis-/Trockeneis-Kühlung
- 8.14 Elektrische Anlagen und Betriebsmittel
- 8.14.1 ortsveränderliche Elektrogeräte
- 8.14.2 Elektrische Energieversorgungseinrichtungen
- 8.14.3 Erdungsmaßnahmen
- 8.14.4 Elektrostatische Ableitmaßnahmen
- 8.14.5 Schalter und Steckdosen
- 8.14.6 Spritzwasserschutz
- 8.15 Umgang mit speziellen Laborgeräten
- 8.16.1 Ultraschall
- 8.16.2 Mikrowellen
- 8.16.3 Chromatographie
- 8.16.4 automatisierte Laborgeräte
- 8.17 Dauerversuche
- 8.18 Trocknen von Geräten und Chemikalien
- 8.18.1 Trocknen von Geräten, Trockenschrank
- 8.18.2 Trocknen von Feststoffen

8.18.3	Trocknen von Flüssigkeiten
8.18.4	Trocknen von Gasen
8.19	Arbeiten unter Überdruck oder Unterdruck, Gase
8.19.1	Unterdruck / Vakuum
8.19.1.1	Arbeiten unter Unterdruck bzw. im Vakuum
8.19.1.2	Vakuumdestillationen
8.19.1.3	Vakuumpumpen und Vakuumkonstanthalter
8.19.1.4	Rotationsverdampfer
8.20	Arbeiten mit Gasen bei Normaldruck- und Überdruck
8.20.1	Aufbewahrung von Druckgasflaschen
8.20.2	Entnahme von Gasen, Umgang mit Druckgasflaschen
8.20.3	Einleiten von Gasen
8.20.4	Arbeiten unter Überdruck, Autoklaven
8.20.5	Kompressoren
8.20.6	Autoklaven
8.21	Spritzen und Kanüle, Glasbruch
8.22	Reinigung von Laborgeräten
8.23	Alleinarbeit
<b>9</b>	<b>Abfälle und Abwasser</b>
fehlt noch	
<b>10</b>	<b>Umgang mit elektromagnetischer Strahlung, radioaktiven Stoffen</b>
10.1	Starke Elektromagnetische und magnetische Felder
10.2	Intensives Licht, Laser, UV-Licht
10.2.1	Laserstrahlung
10.2.2	UV-Licht
<b>11</b>	<b>Arbeitsmedizin</b>
<b>12</b>	<b>Verhalten im Gefahrfall</b>
12.1	Vorsorgemaßnahmen
12.1.1	Flucht- und Rettungswege
12.1.2	Betriebsstörungen, Unfälle und Notfälle
12.1.3	Unbeabsichtigte Stofffreisetzungen und Havarien
12.1.4	Durchgehende Reaktionen
12.1.5	Freiwerden brennbarer Flüssigkeiten oder Gase
12.1.6	Freiwerden von flüssigen oder festen Gefahrstoffen
12.1.7	Unter Überdruck stehende Behälter
12.1.8	Stromunfälle
12.1.9	Tätigkeiten fremder Personen im Labor, Zusammenarbeit verschiedener Firmen
12.2	Verhalten bei Bränden
12.3	Erste-Hilfe-Maßnahmen
12.3.1	Allgemeines
12.3.2	Grundsätze der Ersten Hilfe
12.3.3	Körperkontakt mit Gefahrstoffen
12.3.4	Reizungen und Verätzungen der Haut
12.3.5	Reizungen und Verätzungen der Augen
12.3.6	Vergiftungen
12.3.7	Verbrennungen und Verbrühungen
12.3.8	Schnittwunden
12.3.9	Prellungen, Verstauchungen, Verdacht auf Knochenbrüche
12.3.10	Unfälle durch elektrischen Strom
<b>13</b>	<b>Besondere Vorschriften für Praktika</b>
<b>14</b>	<b>regelmäßige Prüfungen von Sicherheitseinrichtungen</b>
<b>15</b>	<b>Literaturverzeichnis</b>



## 1 Geltungsbereich

Diese Betriebsanweisung gilt für alle Beschäftigten und sonstigen Personen, die sich in Laboratorien im Institut für Lebensmittelchemie aufhalten.

## 2 Definitionen

### 2.1 Arbeitgeber

„Arbeitgeber“ ist, wer Arbeiten und Aufgaben vergibt und über nötige finanzielle Mittel verfügt, um notwendige Sicherheitsmaßnahmen bezahlen zu können. Arbeiten, für die die notwendigen Sicherheitsmaßnahmen nicht gewährleistet sind, dürfen vom Arbeitgeber nicht beauftragt und von den Beschäftigten nicht ausgeführt werden.

Arbeitgeber des Hochschulpersonals ist das Land Niedersachsen. Innerhalb der Hochschulen richtet sich die Verantwortlichkeit für Einhaltung und Erfüllung der maßgeblichen Vorschriften nach der jeweiligen Leitungsfunktion, die im Wesentlichen durch Weisungsbefugnis gegenüber zugeordnetem Personal und Verfügungsbefugnis über Ressourcen bestimmt ist. Dabei handelt es sich insbesondere um die Befugnis, die Aufgaben der Beschäftigten zu bestimmen, die zu erzielenden Arbeitsergebnisse, Arbeitsumfang und Arbeitsweise festzulegen und Prioritäten für den Mitteleinsatz zu setzen. Mit der Leitungsbefugnis ist die Arbeitgeberverantwortung für den Bereich verbunden, auf den sich die Leitungsbefugnisse jeweils beziehen. Unbeschadet der Gesamtverantwortung der Hochschulleitung ergeben sich wegen der differenzierten Struktur der Hochschulen besondere Verantwortungsbereiche aus der Leitung der Fakultäten, der wissenschaftlichen Einrichtungen und Betriebseinheiten und aus der selbständigen Wahrnehmung von Aufgaben in Forschung und Lehre.

Aus der unmittelbar durch Rechtsvorschrift oder durch besondere Übertragung begründeten Leitungsfunktion über einen Teilbereich der Universität ergibt sich eine bereichsspezifische Verantwortung, die sich auf den gesamten jeweiligen Leitungsbereich erstreckt und insbesondere umfasst:

1. das Vertrautmachen mit den maßgebenden Vorschriften, das Anhalten der Beschäftigten zu deren Beachtung und das Sorgetragen für die Einhaltung,
2. die vorschriftsgemäße Organisation der Betriebsabläufe in Forschung und Lehre (u. a. das Erstellen und Bekanntmachen von Gefährdungsbeurteilungen und Betriebsanweisungen sowie regelmäßige mündliche Unterweisungen der Beschäftigten),
3. den vorschriftsgemäßen Zustand der betrieblichen Einrichtungen (Geräte, Experimentaleinrichtungen) und die vorschriftsgemäße Anwendung der Materialien (z. B. Gefahrstoffe),
4. die vorschriftsgemäße Nutzung überlassener Gebäude, Gebäudeteile, Räume, Einrichtungen und Geräte,
5. die erforderliche Erforschung des Sachverhaltes, falls Anhaltspunkte für eine Gefahrenlage gegeben sind,
6. die Beseitigung erkannter Gefahren und, soweit diese mit den zur Verfügung stehenden Mitteln nicht dauerhaft möglich ist, das Treffen vorläufiger Schutz- und Sicherheitsmaßnahmen und die Meldung solcher Gefahren an die zuständige Stelle der Hochschule.

Innerhalb der Hochschule trifft diese Verantwortung als Arbeitgeber im Einzelnen:

1. die Mitglieder des Hochschulpräsidiums
2. die Dekane der Fakultäten,
3. die geschäftsführenden Leiter der wissenschaftlichen Einrichtungen,
4. die Leiter der Zentralen Einrichtungen,
5. die Leiter von Geschäftsbereichen und Verwaltungsabteilungen,
6. Professoren, Hochschuldozenten, Gastdozenten, Gastwissenschaftler, Honorarprofessoren, Privatdozenten, emeritierte und pensionierte Professoren, Lehrbeauftragte und alle, die sonst in der Hochschule selbständig, d. h. frei von Weisungen, forschen und lehren,
7. Personen, die bestimmte Aufgaben im Rahmen ihres Dienst-, Arbeits- bzw. Werkdienstvertrages zu erfüllen haben. Zu diesem Personenkreis zählen z. B. Lehrbeauftragte, Leiter von Institutswerkstätten, Chemikalienausgaben und Servicelabors sowie Beamte und Angestellte des akademischen Mittelbaus.

Die Hochschulleitung trägt die Organisations- und Kontrollverantwortung für den Vollzug dieser Betriebsanweisung in allen Fachbereichen und Einrichtungen der Hochschule. Die Dekane der Fakultäten

haben darauf hinzuwirken, dass diese Betriebsanweisung in der Fakultät wahrgenommen und Anhaltspunkten für Gefahrenlagen nachgegangen wird.

Die Arbeitgeber müssen in ihrem jeweiligen Verantwortungsbereich durch geeignete Maßnahmen dafür sorgen, dass diese Betriebsanweisung eingehalten wird. Neben technischen Maßnahmen sind hier insbesondere innerbetriebliche organisatorische Maßnahmen zu nennen. Hierunter fallen beispielsweise das Verbot des Umgangs mit einem bestimmten Gefahrstoff oder die Schließung eines Arbeitsbereiches, wenn z. B. durch Ausfall der Lüftung eine Gefährdung der Beschäftigten besteht. Falls die Befugnisse dieser Personen nicht ausreichen, haben sie die zuständigen Stellen der Hochschule, ggf. auch die Hochschulleitung, zu unterrichten.

Damit auch in größeren Einrichtungen und Arbeitsbereichen die Einhaltung der Betriebsanweisung gewährleistet ist, kann der Arbeitgeber ihm obliegende Aufgaben auf einen oder mehrere geeignete Mitarbeiter übertragen, die mit der verantwortlichen Betreuung oder Leitung eines bestimmten Arbeitsbereiches (z. B. Werkstatt, Labor) oder der verantwortlichen Durchführung einer bestimmten Veranstaltung (z. B. Praktikum) betraut sind. Die Übertragung muss in schriftlicher Form erfolgen und den Umfang der Pflichten des Mitarbeiters klar bezeichnen sowie die mit der Übertragung verbundenen Befugnisse zur Durchführung von Abhilfemaßnahmen (Verfügung über Ressourcen, Entscheidungsbereich) enthalten. Bei der Übertragung von Aufgaben hat der Arbeitgeber zu berücksichtigen, dass die mit den Aufgaben Betrauten in der Lage sind, die Bestimmungen für die Sicherheit und den Gesundheitsschutz einzuhalten und notwendige Maßnahmen durchzuführen. Unabhängig davon verbleiben die Organisations-, Auswahl- und Kontrollverantwortung bei dem Arbeitgeber.

Kein Arbeitgeber darf den Umgang mit gefährlichen Arbeiten zulassen oder anordnen, wenn der in dieser Betriebsanweisung vorgeschriebene Schutz nicht gewährleistet ist. Maßnahmen zur Abwehr unmittelbarer Gefahren sind unverzüglich zu treffen. Bei den zu treffenden Schutzmaßnahmen im Umgang mit Gefahrstoffen sind insbesondere die Gefahrensymbole, die Hinweise auf besondere Gefahren (H-Sätze), die Sicherheitsratschläge (P-Sätze) und die Angaben in den Sicherheitsdatenblättern zu beachten.

## 2.2 Beschäftigte

Beschäftigte (d.h. Beschäftigte bzw. Beschäftigten gleichgestellte Personen) sind

1. alle mit Arbeits- und Ausbildungsverträgen Beschäftigte der TU,
2. Studierende, die an der TU oder einer anderen Hochschule immatrikuliert sind,
3. Hochschulangehörige (Doktoranden, Gastwissenschaftler, Forschungsstipendiaten usw.), auch wenn sie ohne Arbeitsvertrag, aber im Auftrag der TU tätig sind,
4. bei beauftragten Firmen beschäftigte Personen, die an der TU Arbeiten durchführen (z. B. Reinigungspersonal, Handwerker),
5. sonstige Personen, die Tätigkeiten mit Gefahrstoffen ausüben.

Die Beschäftigten sind verpflichtet, diese Betriebsanweisung und sonstige Anweisungen zum Arbeits- und Gesundheitsschutz zu befolgen. Ausgenommen hiervon sind offensichtlich unbegründete oder sicherheitswidrige Anweisungen. Sie haben Sicherheitsmängel und Notfälle dem Arbeitgeber mitzuteilen oder, soweit es zu ihren Aufgaben gehört, die Mängel zu beseitigen. Sie haben Arbeitsstoffe, Maschinen, Geräte, Werkzeuge, Transport- und sonstige Arbeitsmittel bestimmungsgemäß zu verwenden und einzusetzen.

## 2.3 Fachkundiges Laborpersonal

Der Arbeitgeber darf Arbeiten mit Gefahrstoffen nur Fachkundigen oder unterwiesenen Personen übertragen, denen die damit verbundenen Gefahren und Schutzmaßnahmen bekannt sind. Als Fachkundige gelten Personen, die aufgrund ihrer einschlägigen fachlichen Ausbildung, ihrer Kenntnisse der einschlägigen Bestimmungen und ihre Erfahrung in den durchzuführenden Tätigkeiten die ihnen übertragenen Arbeiten beurteilen und mögliche Gefahren erkennen können. Zur Beurteilung der fachlichen Ausbildung kann auch eine mehrjährige Tätigkeit auf dem betreffenden Arbeitsgebiet herangezogen werden. Die Anforderungen an die Fachkunde sind abhängig von

1. den verwendeten Gefahrstoffen,
2. den Gefahrstoffmengen,
3. den Stoffeigenschaften,

4. Art und Anzahl der Tätigkeiten,
5. Art und Anzahl der Arbeitsmittel (zum Beispiel Apparaturen, Geräte und Anlagen) sowie
6. der Reaktionsführung (zum Beispiel Möglichkeit durchgehender Reaktionen, Druckaufbau).

Als Fachkundig anzusehen sind in der Regel folgende Personen mit abgeschlossener Ausbildung: Chemiker (Diplom-, Bachelor- oder Master-Abschluss), Chemieingenieur (Diplom-, Bachelor- oder Master-Abschluss), Chemisch-technischer Assistent, Chemielaborant, Biologe (Diplom-, Bachelor- oder Master-Abschluss), Biologielaborant, Biologisch-technischer Assistent, Apotheker, Pharmazieingenieur, Pharmazeutisch-technische Assistentin und vergleichbare Berufsabschlüsse.

Als unterwiesene Person gilt, wer über die ihr übertragenen Aufgaben und die möglichen Gefahren bei unsachgemäßem Verhalten unterrichtet und erforderlichenfalls angelernt sowie über die notwendigen Schutzeinrichtungen und Schutzmaßnahmen belehrt wurde.

## 2.4 Laboratorium

Als Laboratorien werden in dieser Betriebsanweisung alle Räume bezeichnet,

1. in denen Beschäftigte Tätigkeiten mit Gefahrstoffen ausüben (Laboratorien im eigentlichen Sinne, Chemikalienlager, Druckgasflaschenlager, ggf. auch Werkstätten, Hörsäle, Seminarräume usw.),
2. in denen Geräte und Apparaturen betrieben werden, von denen Gefahren für die Beschäftigten ausgehen, z. B. durch Strahlung aller Art, starke Magnetfelder, Explosions- oder Implosionsgefahr, Biogefährdung.

Grundsätzlich kann ein Laboratorium nicht in einen gefährdeten Arbeitsbereich und einen nicht gefährdeten Bereich (z. B. Fenstertischreihen) unterteilt werden. Ein Raum, der auch nur teilweise die o. g. Bedingungen eines Laboratoriums erfüllt, ist ein Laboratorium.

## 2.5 Büroraum

Als Büroräume werden in dieser Betriebsanweisung alle Räume bezeichnet, die keine Laboratorien sind. Büroräume sind neben den Büroräumen im eigentlichen Sinne auch z. B. Bibliotheken, Sozialräume, Flure, Treppenträume.

## 2.6 Labortätigkeit

Labortätigkeiten sind alle Tätigkeiten in Laboratorien.

## 2.7 Bürotätigkeit

Als Bürotätigkeiten werden alle Tätigkeiten bezeichnet, die keine Labortätigkeiten sind.

## 2.8 Tätigkeiten mit Gefahrstoffen

Beschäftigte dürfen nur mit Gefahrstoffen und an Einrichtungen tätig werden, die zur Durchführung ihrer Aufgaben erforderlich sind. Eine Tätigkeit mit Gefahrstoffen ist jede Arbeit, bei der Gefahrstoffe, Zubereitungen oder Erzeugnisse im Rahmen eines Prozesses einschließlich Produktion, Handhabung, Lagerung, Beförderung, Entsorgung und Behandlung verwendet werden oder bei der Gefahrstoffe oder Zubereitungen entstehen. Tätigkeit schließt das Herstellen oder Verwenden, Gebrauchen, Verbrauchen, Lagern, Aufbewahren, Be- und Verarbeiten, Abfüllen, Umfüllen, Mischen, Entfernen, innerbetriebliche Befördern, Entsorgen und Vernichten ein. Unter Vernichten ist die chemische Umwandlung eines Gefahrstoffes (z. B. durch Oxidation mit Kaliumpermanganat) mit dem Ziel zu verstehen, einen weniger gefährlichen Stoff zu erhalten. Eingeschlossen ist auch das Reinigen von Geräten, die mit Gefahrstoffen behaftet sind, sowie Tätigkeiten im Gefahrenbereich von Gefahrstoffen (der Besuch solcher Experimentvorlesungen, in denen sich Studierende im Gefahrenbereich von Gefahrstoffen befinden), Bedien- und Überwachungstätigkeiten oder Arbeiten von Handwerkern in einem Gefahrenbereich (z. B. bei Reparaturarbeiten in einem Labor oder an einer Gasleitung). **Keine Tätigkeit** mit Gefahrstoffen liegt vor, wenn Art, Menge und Arbeitsweise zu keiner Gefährdung von Personen oder Umwelt führen können (z. B. Verwendung sehr stark verdünnter Lösungen, Arbeiten mit Kleinstmengen, Arbeiten in bruch sicheren, geschlossenen Apparaturen).

## 2.9 Inverkehrbringen von Gefahrstoffen

Ein Inverkehrbringen liegt vor, wenn Gefahrstoffe gewerbsmäßig oder selbständig im Rahmen einer wirtschaftlichen Unternehmung an Dritte abgegeben werden. Diese Betriebsanweisung gilt nicht für das Inverkehrbringen von Gefahrstoffen. Das gewerbliche Inverkehrbringen ist an Hochschulen in der Regel nicht gegeben. Im Zweifelsfall muss die Hochschulleitung den Sachverhalt prüfen und entsprechende Regelungen treffen. Sofern ein gewerbliches Inverkehrbringen gegeben sein könnte, muss der Präsident darüber schriftlich informiert werden. Die hochschulinterne Weitergabe von Gefahrstoffen (z. B. Auslieferung von Gefahrstoffen durch das Zentrale Lager für Chemikalien) sowie die nichtgewerbliche Weitergabe von Substanzproben an andere wissenschaftliche Einrichtungen oder AnalySELaboratorien zum Zwecke der Forschung ist kein Inverkehrbringen im Sinne des Chemikalienrechtes.

Es wird jedoch darauf hingewiesen,

1. dass der Versand von Gefahrstoffen, zu denen grundsätzlich auch alle noch nicht vollständig geprüften Stoffe, insbesondere neu synthetisierte Chemikalien, gehören, gemäß der Gefahrstoffverordnung Straße (GGVS) durchgeführt werden muss,
2. dass alle verschickten Gefahrstoffe gemäß Chemikalienrecht etikettiert sein müssen. Alle Chemikalien, die Gefahrstoffe sein könnten (z. B. Forschungspräparate), müssen mindestens mit dem Hinweis „Achtung - noch nicht vollständig geprüfter Stoff“ versehen werden.
3. dass vor dem Versand durch die Post oder Paketdienste geklärt werden muss, ob diese überhaupt Gefahrstoffe befördern und, falls ja, welche Sicherheits- und Verpackungsvorschriften eingehalten werden müssen.

## 2.10 Fachkunde

Fachkundig ist, wer zur Ausübung einer in dieser Betriebsanweisung bestimmten Aufgabe befähigt ist. Die Anforderungen an die Fachkunde sind abhängig von der jeweiligen Art der Aufgabe. Zu den Anforderungen zählen eine entsprechende Berufsausbildung, Berufserfahrung oder eine zeitnah ausgeübte entsprechende berufliche Tätigkeit sowie die Teilnahme an spezifischen Fortbildungsmaßnahmen.

## 2.11 Sachkunde

Sachkundig ist, wer seine bestehende Fachkunde durch Teilnahme an einem behördlich anerkannten Sachkundelehrgang erweitert hat. In Abhängigkeit vom Aufgabengebiet kann es zum Erwerb der Sachkunde auch erforderlich sein, den Lehrgang mit einer erfolgreichen Prüfung abzuschließen. Sachkundig ist ferner, wer über eine von der zuständigen Behörde als gleichwertig anerkannte oder nach der Gefahrstoffverordnung als gleichwertig bestimmte Qualifikation verfügt.

## 2.12 Stand der Technik

Stand der Technik im Sinne dieser Betriebsanweisung ist der Entwicklungsstand fortschrittlicher Verfahren, Einrichtungen oder Betriebsweisen, der die praktische Eignung der Maßnahme zum Schutz der Gesundheit und zur Sicherheit der Beschäftigten gesichert erscheinen lässt. Bei der Bestimmung des Standes der Technik sind insbesondere vergleichbare Verfahren, Einrichtungen oder Betriebsweisen heranzuziehen, die mit Erfolg in der Praxis erprobt worden sind. Gleiches gilt für die Anforderungen an die Arbeitsmedizin und die Arbeitsplatzhygiene.

## 2.13 Sicherheitsschränke

Sicherheitsschränke dienen dem brandsicheren Lagern von Gefahrstoffen oder Druckgasflaschen. Beim Lagern von Gefahrstoffen und Druckgasflaschen sollen sie an eine Abluftanlage angeschlossen sein, die aus den Gebinden im Schrank austretende Gase oder Dämpfe absaugt. Werden im Sicherheitsschrank für Druckgasflaschen Flaschen mit Druckluft oder mit inerten Gasen (z. B. Stickstoff, Edelgase) gelagert, braucht eine Abluftleitung nicht angeschlossen zu sein. Um Sicherheitsschränke ohne Anschluss an eine Abluftleitung ist ein Sicherheitsabstand zu Zündquellen von mindestens 2 m einzuhalten.

Sicherheitsschränke müssen der (veralteten) DIN 12925-1 (für Gefahrstoffe) oder DIN 12925-2 (für Druckgasflaschen) bzw. der neuen DIN EN 14470-1 (für Gefahrstoffe) oder DIN EN 14470-2 (für Druckgasflaschen) entsprechen.



### 3 Gefährdungsbeurteilung

Um die Gefährdung der Beschäftigten in den Laboratorien zu beurteilen, muss der Arbeitgeber

1. ermitteln, ob in seinem Verantwortungsbereich Gefahrstoffe vorhanden sind,
2. ermitteln, ob in seinem Verantwortungsbereich gefährliche Laborversuche ausgeführt werden,
3. sich informieren, welche Gefahren von den Gefahrstoffen und von den Laborversuchen ausgehen,
4. alle vorhandenen Gefahrstoffe in einem Verzeichnis auflisten
5. prüfen, ob die vorhandenen Gefahrstoffe nicht durch weniger gefährliche ersetzt werden können,
6. an Hand der unter 1. – 4. genannten Punkte Gefährdungen ermitteln und beurteilen,
7. eine Betriebsanweisung mit den notwendigen Sicherheitsmaßnahmen erstellen,
8. die Sicherheitsmaßnahmen durchführen (lassen) und ihre Einhaltung überprüfen,
9. alle Personen, die in den Laboratorien arbeiten, an Hand der Betriebsanweisung mündlich unterweisen.

Wegen der unterschiedlichen Arten von Laboratorien (analytische Laboratorien mit Standarduntersuchungen, Forschungslaboratorien) sowie der in Laboratorien im Allgemeinen großen Vielzahl an Tätigkeiten mit unterschiedlichen Gefahrstoffen kann die übliche Herangehensweise einer Gefährdungsbeurteilung, anhand der Stoffeigenschaften und der Tätigkeiten die Schutzmaßnahmen fallbezogen festzulegen, oft nicht angewendet werden. Die Sicherheit in Laboratorien wird durch den Bau, die Einrichtung, die Verfahren, den Betrieb, die Geräte und die Qualifikation des Laborpersonals bestimmt. Durch die Kombination von Maßnahmen technischer, organisatorischer und persönlicher Art wird die Gefährdung bei Tätigkeiten in Laboratorien minimiert. Bau und Ausrüstung von Laboratorien bestimmen daher wesentlich die Tätigkeiten, die darin ausgeführt werden können, wobei dem Arbeiten im Abzug eine besondere Bedeutung zukommt, da der Abzug sowohl vor den Auswirkungen aufgrund von physikalisch-chemischen Eigenschaften, zum Beispiel Bildung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre oder Auswirkungen umhergeschleuderter Splitter, als auch vor den toxischen Gefährdungen einen wesentlichen Schutz bietet. Tätigkeiten mit neuen oder noch nicht ausreichend untersuchten Stoffen dürfen grundsätzlich nur in Abzügen oder in Einrichtungen mit vergleichbar hohem Schutzniveau durchgeführt werden.

Bei der Gefährdungsbeurteilung sind alle Aspekte zu berücksichtigen, die mittelbar oder auch unmittelbar Auswirkungen auf die Sicherheit haben können. So beeinflusst beispielsweise der ergonomische Aspekt der Beleuchtung ganz erheblich die Sicherheit bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen. Denn mangelhafte Sichtverhältnisse - etwa in einem Abzug - stellen bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen eine Risikoerhöhung dar.

Maßnahmen zum Schutz vor Gefahrstoffen sind so festzulegen, dass dadurch keine zusätzlichen Gefährdungen und Belastungen für die Beschäftigten entstehen.

**Die für ein sicheres Arbeiten beim üblichen Laborbetrieb notwendigen Sicherheitsmaßnahmen können beim Vorliegen der folgenden Rahmenbedingungen grundsätzlich als gegeben angesehen werden:**

1. **Einsatz von fachkundigem Laborpersonal,**
2. **Bau und Ausrüstung gemäß dieser Betriebsanweisung und den einschlägigen Vorschriften,**
3. **Einhalten der Arbeitsplatzgrenzwerte,**
4. **Arbeiten nach den einschlägigen Sicherheitsvorschriften und -regeln, nach dem Stand der Technik und gemäß dieser Betriebsanweisung.**

Mit diesen Rahmenbedingungen ist ein Sicherheitskonzept für die üblichen Laborarbeiten erstellt, bei dessen Einhaltung weitere ständige Gefährdungsbeurteilungen für einzelne Versuche nicht mehr explizit durchgeführt werden müssen. Die Einhaltung dieser fünf Punkte, insbesondere dieser Betriebsanweisung, stellt damit eine wesentliche Arbeitserleichterung dar. Wird jedoch auch nur eine dieser Rahmenbedingungen nicht eingehalten, ist in jedem Fall eine zusätzliche Gefährdungsbeurteilung durchzuführen. Notwendige zusätzliche Maßnahmen sind festzulegen. Gefährdungen, die nicht im Rahmen dieser Betriebsanweisung behandelt werden, erfordern eine zusätzliche Gefährdungsbeurteilung.

### 3.1 Ermittlungspflicht

Bevor Beschäftigte Arbeiten ausführen, hat der Arbeitgeber die mit diesen Arbeiten verbundenen Gefahren zu ermitteln, zu beurteilen und anschließend die zum Schutz des menschlichen Lebens, der menschlichen Gesundheit und der Umwelt erforderlichen Maßnahmen nach den Vorschriften des Chemikalien- und Arbeitsschutzrechtes sowie der Unfallverhütungsvorschriften (UVV) zu treffen.

Für Labortätigkeiten bedeutet das, dass der Arbeitgeber die in den Laboratorien auszuführenden Arbeiten und die von diesen Arbeiten einschließlich der dazu verwendeten Geräte, Materialien und Gefahrstoffe ausgehenden Gefahren ermitteln muss. Der Arbeitgeber hat insbesondere zu ermitteln, ob es sich bei den benutzten Chemikalien um Gefahrstoffe handelt.

### 3.2 Informationsermittlung

Dazu muss sich der Arbeitgeber über die die in den Laboratorien auszuführenden Arbeiten und die von diesen Arbeiten einschließlich der dazu verwendeten Geräte, Materialien und Gefahrstoffe ausgehenden Gefahren informieren. Als Informationsquellen dienen u. a. Fachexperten, einschlägige Sicherheitsliteratur, Praktikumsbücher, Unfallverhütungsvorschriften, Sicherheitsregeln und Informationsschriften der Unfallversicherungsträger. Es ist zu berücksichtigen, dass solche Informationsquellen auch fehlerhafte Informationen übermitteln können. Bei einer Recherche sind daher Quellen zu bevorzugen, die erfahrungsgemäß gesicherte Daten enthalten. Wird die Fachliteratur herangezogen, so sind neuere Befunde und solche aus renommierten, vorzugsweise qualitätsgesicherten Journalen und Büchern zu bevorzugen. Informationen aus Internetquellen sollten nur von vertrauenswürdigen Anbietern genutzt werden. Eine Plausibilitätsprüfung der Daten mittels des eigenen Sachverständes bleibt für den Verwender der Daten verpflichtend. Die Nutzung von Stoffdatenbanken mit validen Daten wird empfohlen, beispielsweise die GESTIS-Stoffdatenbank des Berufsgenossenschaftlichen Instituts für Arbeitsschutz (BGIA) oder das Gefahrstoffinformationssystem GisChem.

Diese „Allgemeine Betriebsanweisung für den Umgang mit Gefahrstoffen und Laborgeräten an der Technischen Universität Braunschweig“ enthält die wesentlichen Hinweise auf mögliche Gefahren für die meisten Labortätigkeiten und stellt eine weitere Quelle für die Informationsermittlung dar.

Wenn der Arbeitgeber nicht über andere Erkenntnisse verfügt, kann er davon ausgehen, dass eine Kennzeichnung (Etikett) zutreffend ist, die sich auf der Verpackung oder in einer beigelegten Mitteilung, insbesondere dem Sicherheitsdatenblatt, befindet. Sicherheitsdatenblätter sind in der Regel im Internet verfügbar oder können vom Hersteller einer Chemikalie kostenlos bezogen werden.

Es wird darauf hingewiesen, dass Chemikalien,

1. die vor dem Inkrafttreten der Gefahrstoffverordnung (1986) beschafft wurden,
2. die aus Forschungslaboratorien stammen,
3. die aus Nicht-EG-Staaten stammen,
4. nicht nach den geltenden Vorschriften gekennzeichnet sein könnten. Ist dieses der Fall, muss nachträglich eine Kennzeichnung nach den Vorschriften dieser Betriebsanweisung durchgeführt werden.

Verbleiben bei der Ermittlung Ungewissheiten über die Gefährdung, hat der Hersteller der Chemikalie auf Verlangen die von den Gefahrstoffen ausgehenden Gefahren und die zu ergreifenden Schutzmaßnahmen mitzuteilen. Dabei können mindestens die Angaben verlangt werden, die im Sicherheitsdatenblatt vorgeschrieben sind. Für Altbestände oder selbst hergestellte Gefahrstoffe sind als weitere Informationsquellen Chemikalienkataloge, verschiedene Loseblattsammlungen, Monographien und Gefahrstoffdatenbanken heranzuziehen, da in der Regel hierfür keine Sicherheitsdatenblätter zur Verfügung stehen. Werden Gefahrstoffe in der Hochschule intern weitergegeben, ist der Zugriff auf die erforderlichen Gefahrstoffinformationen (z. B. Sicherheitsdatenblätter) zu gewährleisten.

Stoffe und Zubereitungen, die nicht eingestuft und gekennzeichnet worden sind, beispielsweise innerbetrieblich hergestellte Stoffe oder Zubereitungen, hat der Arbeitgeber selbst einzustufen und zu kennzeichnen. Dazu ist es oft nötig, zusätzliche Informationen zu gewinnen, z. B. über Gefahrstoffe gleicher Verbindungsklassen. Wenn für Stoffe oder Zubereitungen keine Prüfdaten oder entsprechende aussagekräftige Informationen zur akut toxischen, reizenden, hautsensibilisierenden oder erbgutverändernden Wirkung oder zur Wirkung bei wiederholter Exposition vorliegen, sind die Stoffe oder Zubereitungen wie Gefahrstoffe mit entsprechenden Wirkungen zu behandeln.

Das Ergebnis der Ermittlung ist, soweit dabei Gefahrstoffe festgestellt worden sind, der zuständigen Behörde auf Verlangen darzulegen.

### 3.3 Gefahrstoffverzeichnis

Der Arbeitgeber ist verpflichtet, ein Gefahrstoffverzeichnis zu führen, das alle in seinem Verantwortungsbereich vorhandenen Gefahrstoffe enthält.

Das Gefahrstoffverzeichnis muss von jedem Gefahrstoff mindestens folgende Angaben beinhalten:

1. den Stoffnamen nach der IUPAC- oder einer anderen anerkannten Nomenklatur,
2. Einstufung des Gefahrstoffs oder Angaben zu den gefährlichen Eigenschaften
3. bei Gefahrstoffen die besonderen Gefahrenhinweise (H-Sätze, nur die Zahlen),
4. die Menge des vorhandenen Gefahrstoffes (kg oder Liter, vorzugsweise die tatsächlich vorhandenen Mengen),
5. Arbeitsbereiche, in denen mit dem Gefahrstoff umgegangen wird (z. B. Raumnummern),
6. Hinweise auf die entsprechenden Sicherheitsdatenblätter.

Unabhängig davon wird empfohlen, in das Gefahrstoffverzeichnis neben den Gefahrstoffen auch alle anderen Chemikalien aufzunehmen, weil dann leicht festgestellt werden kann, welche Chemikalien im Institut in welchem Raum vorhanden sind. Dadurch können Doppelbeschaffungen vermieden werden.

Bei der Führung eines Gefahrstoffverzeichnisses wird empfohlen, diejenigen Gefahrstoffe, deren Verwendung - momentan - nur zu einer geringen Gefährdung führt, nicht auszunehmen, da sonst bei Änderungen oder neuen Verwendungen das Verzeichnis gegebenenfalls ebenfalls unverzüglich anzupassen wäre. Zudem ermöglicht ein Gefahrstoffverzeichnis, das vorteilhaft die wenigen Laborchemikalien berücksichtigt, die keine Gefahrstoffe sind, einen raschen Überblick über die Bestände sowie Beschaffungs- und Entsorgungsnotwendigkeiten.

Es ist ausreichend, in einem Institut ein gemeinsames Gefahrstoffverzeichnis aller Arbeitsgruppen zu führen. Dieses Verzeichnis muss dann zusätzlich den Namen der Arbeitsgruppe enthalten, in der die Chemikalie vorhanden ist.

Es muss für jedes Praktikum eine Auflistung aller in dem Praktikum verwendeten Gefahrstoffe erstellt werden. Diese Auflistung ist Bestandteil der Praktikums-Betriebsanweisung.

Das Gefahrstoffverzeichnis ist auf dem aktuellen Stand zu halten. Es wird dringend empfohlen, mit der Führung des Gefahrstoffverzeichnisses nur eine Person und einen Stellvertreter zu beauftragen. Um das Gefahrstoffverzeichnis richtig zu pflegen, ist es notwendig, demjenigen, der das Gefahrstoffverzeichnis führt, alle eingekauften Chemikalien für die Aufnahme in das Verzeichnis und alle verbrauchten Chemikalien für die Entnahme aus dem Verzeichnis anzuzeigen.

Die Angaben können schriftlich festgehalten (z. B. Karteikarten) oder elektronisch auf Datenträgern gespeichert werden. Das Verzeichnis ist bei wesentlichen Änderungen fortzuschreiben und mindestens einmal jährlich zu überprüfen. Es ist kurzfristig verfügbar aufzubewahren und der zuständigen Behörde auf Verlangen vorzuzeigen.

### 3.4 Ersatzstoffprüfung

Der Arbeitgeber muss prüfen, ob Stoffe oder Zubereitungen mit einem geringeren gesundheitlichen Risiko als die von ihm in Aussicht genommenen eingesetzt werden können. Ist die Verwendung weniger gefährlicher Stoffe, Zubereitungen und Erzeugnisse zumutbar und ist die Substitution zum Schutz von Leben und Gesundheit der Beschäftigten erforderlich, so dürfen nur diese Stoffe verwendet werden. Bei krebserzeugenden, erbgutverändernden oder fortpflanzungsgefährdenden Stoffen der Kategorien 1 und 2 ist immer davon auszugehen, dass die Substitution zum Schutz von Leben und Gesundheit der Beschäftigten erforderlich ist. Bei der Ersatzstoffprüfung sind für Praktika grundsätzlich strengere Maßstäbe anzusetzen als für die Forschung. Auf die Verwendung dieser Stoffe in Praktika, zumindest in Grundpraktika, ist grundsätzlich zu verzichten. Im Forschungsbereich darf mit diesen Stoffen, sofern ihre Verwendung unumgänglich ist, nur unter Einhaltung des Expositionsverbotes gearbeitet werden.

Das Ergebnis einer negativen Ersatzstoffprüfung ist schriftlich festzuhalten und der zuständigen Behörde auf Verlangen vorzulegen. Es soll Angaben darüber enthalten,

1. welche Gefahrstoffe und Verfahren geprüft wurden,
2. welche Informationen eingeholt wurden und
3. warum die Verwendung von Ersatzstoffen oder die Anwendung von Ersatzverfahren nicht möglich war.

Für den Umgang mit Gefahrstoffen muss über die Ersatzstoffprüfung hinaus sichergestellt sein, dass die Beschäftigten auch aufgrund ihrer fachlichen Eignung in der Lage sind, mit diesen Stoffen umzugehen. Andernfalls müssen sie durch fachlich geeignete Personen beaufsichtigt werden.

Der Ersatz von Gefahrstoffen durch weniger gefährliche Stoffe kann in dieser Betriebsanweisung nicht definitiv festgelegt werden, da unterschiedliche Versuchsdurchführungen teilweise einen Ersatz möglich machen, teilweise aber auch nicht. Es muss deshalb in jedem Einzelfall die Ersatzstofffrage geklärt werden. In dieser Betriebsanweisung können nur allgemeine Hinweise auf den Ersatz gegeben werden. Alle Arbeitgeber und Beschäftigten sind deshalb aufgerufen, eigene Erfahrungen der Stabsstelle für Arbeitssicherheit und Gesundheitsvorsorge mitzuteilen.

### **3.4.1 In der Laborpraxis erprobte Ersatzstoffe**

In der Regel können folgende Gefahrstoffe ersetzt werden:

#### **Benzol**

Wird Benzol als Lösungsmittel verwendet, kann es in der Regel durch Toluol oder durch aliphatische Kohlenwasserstoffe (Petrolether, Benzin, Ligroin, Cyclohexan usw.) ersetzt werden. Auf die Beschäftigungsbeschränkung für Benzol (krebserzeugender Gefahrstoff) wird ausdrücklich hingewiesen.

#### **3-Chlorperbenzoesäure = m-Chlorperbenzoesäure**

Da 3-Chlorperbenzoesäure Sprengstoffeigenschaften besitzt, darf sie nur in phlegmatisierter Form versandt und gelagert werden. Sie wird deshalb mit 15 % 3-Chlorbenzoesäure und 35 % Wasser verdünnt in den Handel gebracht. 3-Chlorperbenzoesäure kann durch Magnesiummonoperoxyphthalat (MMPP) ersetzt werden, das keine Sprengstoffeigenschaften aufweist. Außerdem ist MMPP bezogen auf den aktiven Sauerstoff, deutlich preiswerter als 3-Chlorperbenzoesäure. MMPP ist ein weißes, kristallines Pulver, löslich in Wasser und niedrigen Alkoholen; es liegt als Hexahydrat vor und enthält 15 % Magnesiumbisphthalat. Das nach der Oxidation ebenfalls vorliegende Magnesiumbisphthalat ist auch wasserlöslich.

#### **Diethylether**

Wird Diethylether als Lösungsmittel verwendet, kann es in der Regel durch tert-Butylmethylether (= Methyl-tert-butylether, MTBE) ersetzt werden. tert-Butylmethylether ist im Vergleich zum hochentzündlichen Diethylether „nur“ leichtentzündlich, hat einen höheren Siedepunkt (ca. 55 °C), mit 1.6-8.4 % relativ enge Explosionsgrenzen (Diethylether: 1.7-36.0 %), bildet nur bei intensiver Bestrahlung mit UV-Licht Peroxide und ist zudem noch billiger. Durch den höheren Siedepunkt können höhere Reaktionstemperaturen (Zeitgewinn!) erreicht und Lösungsmittelverluste beim Einengen verringert werden. Weitere Ersatzstoffe sind Formaldehyddimethylacetal und Formaldehyddiethylacetal (siehe 1,4-Dioxan).

#### **Dimethylamin**

Dimethylammoniumdimethylcarbammat (DIMCARB) verbindet die Reaktivität des Dimethylamins (gasförmig) mit der guten Handhabbarkeit einer Flüssigkeit. DIMCARB ist ein 2:1-Komplex von Dimethylamin mit Kohlendioxid, der bei 60-61 °C siedet. Die Dosierung des „flüssigen Dimethylamins“ erfolgt durch einfaches Abwiegen und erleichtert dadurch nicht nur die Arbeit, sondern erhöht auch die Sicherheit im Labor. Das bei der Reaktion freiwerdende Kohlendioxid wirkt als Schutzgas.

#### **Dimethylsulfat**

Dimethylsulfat gehört zu den sehr stark krebserzeugenden und sehr giftigen Gefahrstoffen. Es kann in vielen Fällen durch Dimethylcarbonat als Methylierungsmittel ersetzt werden. Durch Katalysatorzugabe (z. B. 18-Krone-6) bzw. Kaliumcarbonatzugabe können die von Dimethylsulfat bekannten Reaktionsbedingungen ohne umfangreiche Änderungen übernommen werden. Ohne diese Hilfsstoffe sind die Reaktionsbedingungen jedoch drastischer als bei Verwendung von Dimethylsulfat: Temperaturen von 90 °C (Rückfluss) bis 180 °C (Autoklav) sind erforderlich.

**1,4-Dioxan**

Formaldehyddimethylacetal und Formaldehyddiethylacetal sind sichere Ersatzstoffe für die Lösungsmittel 1,4-Dioxan, Tetrahydrofuran und Diethylether mit dem Vorteil einer geringen Neigung, Peroxide zu bilden. Sie sind gut geeignet für GRIGNARD-Reaktionen, stabil gegen starke Basen und zeichnen sich bei der Aufarbeitung durch eine gute Phasentrennung aus.

**2-Ethoxyethanol, (= Ethylglycol), 2-Ethoxyethylacetat (= Ethylglycolacetat)**

Beide Stoffe sind als fruchtschädigend eingestuft. Sie können als Lösungsmittel ersetzt werden durch 1-Methoxy-2-propanol, 1-Methoxy-2-propylacetat, Butylglycol, Butylglycolacetat oder Ethyl-3-ethoxypropionat.

**Fluor**

Während klassische Fluorierungs-Methoden nur komplexe Reaktionsgemische liefern oder besondere Vorsichtsmaßnahmen und Spezialapparaturen für den Umgang mit elementarem Fluor erforderlich machen, sind Fluorierungsreaktionen mit Xenondifluorid selektiv und mild. Das kristalline Reagenz reagiert bei vielen Reaktionen unter milden Bedingungen (Raumtemperatur) und liefert hohe Ausbeuten.

**Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKW)**

D,L-Limonen ist ein guter Ersatzstoff für die Ozon abbauenden FCKWs bei der Oberflächenreinigung und eignet sich als wenig toxisches Lösungsmittel (Sdp. 177 °C).

**Hexamethylphosphorsäuretriamid**

Viele organische Reaktionen benötigen dipolare aprotische Lösungsmittel. Häufig wurde Hexamethylphosphorsäuretriamid (HMPT) verwendet, das krebserzeugende Eigenschaften besitzt. Das nicht mutagene cyclische Harnstoffderivat Dimethylpropylenurea (= DMPU = 1,3-Dimethyl-3,4,5,6-tetrahydro-2(1H)-pyrimidinon) hat im gleichen Maße wie HMPT die Fähigkeit, Kationen zu solvatisieren. DMPU ist ein sicherer Ersatzstoff für HMPT und wird bei MICHAEL- und Enoladditionen, WITTIG-Olefinierungen und Oxiran-Ringöffnungen eingesetzt. In der metallorganischen Synthese erwies sich Dimethylethylenurea (= DMEU = 1,3-Dimethyl-2-imidazolidinon) in vielen Fällen als sicherer Ersatz für HMPT, so z. B. bei der Synthese von Alkyltrimethylsilanen. Weitere Ersatzstoffe können auch Dimethylsulfoxid (= DMSO), 1-Methyl-2-pyrrolidon oder Sulfolan sein.

**2-Methoxyethanol, (= Methylglycol), 2-Methoxyethylacetat (= Methylglycolacetat)**

Beide Stoffe sind als fruchtschädigend eingestuft. Sie können als Lösungsmittel ersetzt werden durch 1-Methoxy-2-propanol, 1-Methoxy-2-propylacetat, Butylglycol, Butylglycolacetat oder Ethyl-3-ethoxypropionat.

**N-Nitroso-N-methylharnstoff**

N-Nitroso-N-methylharnstoff kann für die Darstellung von Diazomethan durch das weit ungefährlichere N-Nitroso-N-methyl-p-toluolsulfonamid (= N-Methyl-N-nitroso-p-toluolsulfonsäureamid = DIAZALD, CAS-Nr. 80-11-5) ersetzt werden.

**Perchlorsäure**

Zur Titration von Halogensalzen organischer Basen in nichtwässrigen Lösungsmitteln lässt sich Trifluormethansulfonsäure als gleichwertiger Ersatz für Perchlorsäure verwenden. Im Vergleich zu Perchlorsäure ist die ebenfalls starke Trifluormethansulfonsäure nicht explosionsgefährlich, nicht brandfördernd und damit in der Anwendung wesentlich sicherer.

**Phosgen, gasförmig**

Wegen der extremen Toxizität von Phosgen sind strenge Sicherheitsvorkehrungen einzuhalten. Die Substanz ist schwer zu handhaben und schlecht zu dosieren. Deshalb sind die erzielten Ausbeuten oft nicht reproduzierbar. Phosgen kann ersetzt werden durch:

Diphosgen (=Trichlormethylchlorformiat), den flüssigen Ester aus Chlorameisensäure und Trichlormethanol. Es entspricht in seinen chemischen Eigenschaften zwei Äquivalenten Phosgen. Es ist thermisch stabil und kann bei 128 °C problemlos destilliert werden. Erst oberhalb 250 °C erfolgt Zersetzung unter Bildung von 2 Molen Phosgen. Flüssiges Diphosgen wird erfolgreich bei der Herstellung von Carbonaten, Isocyanaten und Isocyaniden eingesetzt.

Triphosgen (= Bis(trichlormethyl)carbonat), den Diester der Kohlensäure mit Trichlormethanol. Der kristalline, bei 80 °C schmelzende Feststoff erlaubt noch einfacheres Arbeiten als mit Diphosgen; außerdem

ist jedes Risiko bei Transport und Lagerung einer Flüssigkeit ausgeschaltet. Triphosgen ist thermisch weitgehend stabil; erst am Siedepunkt bei 206 °C tritt geringfügige Zersetzung zu Phosgen ein. Der kristalline Phosgenersatz dient zur Chlorformylierung, Carbonylierung, Chlorierung und Dehydratisierung. Durch einfache Dosierbarkeit kann bei sehr guten Ausbeuten mit stöchiometrischen Mengen gearbeitet werden, und das Einleiten von Phosgen im Überschuss entfällt.

### **Schwefelwasserstoff**

Schwefelwasserstoff ist ein giftiges Gas. Es kann leicht ersetzt werden durch „Sulfidogen“ (Markenzeichen der Firma Merck), eine geschmolzene Schwefel-Paraffin-Mischung. Beim Erhitzen auf 200 °C wird Schwefelwasserstoffgas in hoher Ausbeute frei. Da die Gasentwicklung sofort aufhört, wenn das Präparat nicht mehr erhitzt wird, entsteht keine Geruchsbelästigung. Sulfidogen ist haltbar und unempfindlich gegen Säuren und Alkalien. Thioacetamid, das früher ebenfalls als Ersatzstoff genannt wurde, darf nicht mehr verwendet werden, da es als krebserzeugend eingestuft worden ist.

### **Tetrachlormethan = Tetrachlorkohlenstoff**

Wird Tetrachlormethan als Lösungsmittel verwendet, kann es in der Regel durch Trichlormethan oder Dichlormethan ersetzt werden. Auf das Verwendungsverbot für Tetrachlorkohlenstoff wird ausdrücklich hingewiesen.

### **Tetrabutylammoniumperchlorat**

Bei voltametrischen Analysen oder elektrochemischen Synthesen in homogener Phase wird oft Tetrabutylammoniumperchlorat als Leitsalz eingesetzt. Beim Trocknen dieser Salze besteht Explosionsgefahr und bei der Elektrolyse ist die Bildung anderer, instabiler Perchlorate möglich. Hier stellt Tetrabutylammoniumhexafluorophosphat eine sichere Alternative dar, da es nicht explosiv (eine gefahrlose Trocknung ist möglich!) und in den wichtigen aprotischen organischen Lösungsmitteln gut löslich ist.

### **Tetrahydrofuran**

siehe 1,4-Dioxan.

## **3.5 Gefährdungsbeurteilung**

In Laboratorien ist typischerweise mit folgenden Gefährdungen durch Gefahrstoffe sowie sonstigen Gefährdungen oder Belastungen zu rechnen:

1. Brand- und Explosionsgefahr durch brennbare feste, flüssige und gasförmige Stoffe,
2. Gefahr von Gesundheitsschäden durch feste, flüssige und gasförmige Stoffe,
3. Gefahr durch unbekannte, heftige oder durchgehende Reaktionen sowie
4. Augen- und Hautgefährdung durch ätzende und reizende Stoffe.
5. mangelhafte oder der Sehaufgabe nicht angemessene Beleuchtung,
6. ungünstige raumklimatische Bedingungen,
7. Gefahr durch Behälter mit Überdruck oder Unterdruck,
8. Gefahr durch heiße oder kalte Oberflächen und Medien,
9. Lärm von Geräten und Anlagen,
10. mechanische Gefährdungen durch Geräte und Anlagen,
11. Hautgefährdung durch Feuchtarbeit, insbesondere durch das Tragen von Handschuhen,
12. Rutschgefahr durch Nässe, Stolpergefahr,
13. Belastungen des Bewegungsapparates durch sich wiederholende Tätigkeiten oder Zwangshaltungen,
14. psychische Belastung durch sich wiederholende Tätigkeiten, Zeitdruck, Isolation, hohe Anforderung an die Konzentration,
15. Belastungen der Arbeitnehmer durch das Tragen von persönlicher Schutzausrüstung,
16. sonstige spezielle Einwirkungen (z. B. ionisierende Strahlung, elektromagnetische Felder, optische Strahlung, biologische Arbeitsstoffe)
17. sowie gegenseitige Wechselwirkungen der unter 1. – 16. Faktoren.

An Hand der vorhandenen Gefahrstoffe und der auszuführenden Labortätigkeiten muss der Arbeitgeber eine Gefährdungsbeurteilung vor Aufnahme der Tätigkeit durchführen, in der er alle von der Tätigkeit mit Gefahrstoffen und Labortätigkeiten ausgehenden Gefährdungen der Gesundheit und Sicherheit der Beschäftigten und den Schutz der Umwelt unter folgenden Gesichtspunkten ermitteln, beurteilen und dokumentieren muss:

1. Arbeitsbedingungen und Verfahren, einschließlich der Arbeitsmittel und der Gefahrstoffmenge,

2. gefährliche Eigenschaften der Stoffe oder Zubereitungen, einschließlich ihrer physikalisch-chemischen Wirkungen,
3. Informationen des Herstellers der Chemikalie zum Gesundheitsschutz und zur Sicherheit insbesondere im Sicherheitsdatenblatt,
4. Art und Ausmaß der Exposition mit Gefahrstoffen unter Berücksichtigung aller Expositionswege; dabei sind, soweit durchgeführt, die Ergebnisse von Messungen zu berücksichtigen,
5. das Ergebnis der Prüfung auf Möglichkeiten einer Substitution und ggf. eine Begründung für einen Verzicht auf eine technisch mögliche Substitution. Der Arbeitgeber hat auf der Grundlage des Ergebnisses der Substitutionsprüfung vorrangig eine Substitution durchzuführen. Er hat Gefahrstoffe oder Verfahren durch Stoffe, Zubereitungen oder Erzeugnisse oder Verfahren zu ersetzen, die unter den jeweiligen Verwendungsbedingungen für die Gesundheit und Sicherheit der Beschäftigten nicht oder weniger gefährlich sind.
6. die durchzuführenden Schutzmaßnahmen, einschließlich der zusätzlich bei Überschreitung eines Arbeitsplatzgrenzwerts ergriffenen Schutzmaßnahmen sowie geplanter weiterer Schutzmaßnahmen, die zukünftig zur Einhaltung des Arbeitsplatzgrenzwerts ergriffen werden sollen,
7. eine Begründung, wenn von dieser Betriebsanweisung oder sonstigen Rechtsvorgaben abgewichen wird und
8. die Ermittlungsergebnisse, die belegen, dass der Arbeitsplatzgrenzwert eingehalten wird oder - bei Stoffen ohne Arbeitsplatzgrenzwert - die ergriffenen technischen Schutzmaßnahmen wirksam sind.
9. Wirksamkeit der ergriffenen oder zu ergreifenden Schutzmaßnahmen,
10. Erkenntnisse aus arbeitsmedizinischen Vorsorgeuntersuchungen.

Der Arbeitgeber darf eine Tätigkeit mit Gefahrstoffen erst aufnehmen lassen, nachdem eine Gefährdungsbeurteilung durchgeführt und die erforderlichen Schutzmaßnahmen ergriffen worden sind.

Der Arbeitgeber hat weiterhin festzustellen, ob die verwendeten Chemikalien bei Tätigkeiten, auch unter Berücksichtigung verwendeter Arbeitsmittel, Verfahren und der Arbeitsumgebung sowie ihrer möglichen Wechselwirkungen, zu Brand- oder Explosionsgefährdungen führen können. Insbesondere hat er zu ermitteln, ob die Stoffe, Zubereitungen oder Erzeugnisse auf Grund ihrer Eigenschaften und der Art und Weise, wie sie am Arbeitsplatz vorhanden sind oder verwendet werden, explosionsfähige Gemische bilden können. Im Fall von nicht atmosphärischen Bedingungen sind auch die möglichen Veränderungen der für den Explosionsschutz relevanten sicherheitstechnischen Kenngrößen zu ermitteln und zu berücksichtigen.

Bei der Gefährdungsbeurteilung sind ferner Tätigkeiten zu berücksichtigen, bei denen auch nach Ausschöpfung sämtlicher technischer Schutzmaßnahmen die Möglichkeit einer Gefährdung besteht. Dies gilt insbesondere für Instandhaltungsarbeiten und Wartungsarbeiten. Darüber hinaus sind auch andere Tätigkeiten wie Bedien- und Überwachungsarbeiten zu berücksichtigen, wenn diese zu einer Gefährdung von Beschäftigten durch Gefahrstoffe führen können.

Die mit den Tätigkeiten verbundenen inhalativen, dermalen und physikalisch-chemischen Gefährdungen sind unabhängig voneinander zu beurteilen und in der Gefährdungsbeurteilung zusammenzuführen. Treten bei einer Tätigkeit mehrere Gefahrstoffe gleichzeitig auf, sind Wechsel- oder Kombinationswirkungen der Gefahrstoffe, die Einfluss auf die Gesundheit und Sicherheit der Beschäftigten haben, bei der Gefährdungsbeurteilung zu berücksichtigen, soweit solche Wirkungen bekannt sind.

Die Gefährdungsbeurteilung darf nur von fachkundigen Personen durchgeführt werden. Verfügt der Arbeitgeber nicht selbst über die entsprechenden Kenntnisse, so hat er sich fachkundig beraten zu lassen. Fachkundig können insbesondere die Fachkräfte für Arbeitssicherheit (Frau Pieper, Herr Dr. Bollmeier) und die Betriebsärztin oder der Betriebsarzt sein.

Ergibt sich aus der Gefährdungsbeurteilung für bestimmte Tätigkeiten auf Grund

1. der dem Gefahrstoff zugeordneten Gefährlichkeitsmerkmale,
2. einer geringen verwendeten Stoffmenge,
3. einer nach Höhe und Dauer niedrigen Exposition und
4. der Arbeitsbedingungen

insgesamt eine nur geringe Gefährdung der Beschäftigten, kann auf eine detaillierte Dokumentation verzichtet werden. Falls in anderen Fällen auf eine detaillierte Dokumentation verzichtet wird, ist dies

nachvollziehbar zu begründen. Die Gefährdungsbeurteilung ist regelmäßig zu überprüfen und bei Bedarf zu aktualisieren. Sie ist umgehend zu aktualisieren, wenn maßgebliche Veränderungen oder neue Informationen dies erfordern oder wenn sich eine Aktualisierung auf Grund der Ergebnisse arbeitsmedizinischer Vorsorgeuntersuchungen als notwendig erweist.

Um die Gesundheit und die Sicherheit der Beschäftigten bei allen Tätigkeiten mit Gefahrstoffen zu gewährleisten, hat der Arbeitgeber die erforderlichen Maßnahmen gemäß dieser Betriebsanweisung zu ergreifen und diese Betriebsanweisung zu beachten. Bei Einhaltung dieser Betriebsanweisung ist in der Regel davon auszugehen, dass die Anforderungen zum Schutz der Beschäftigten erfüllt sind. Von dieser Betriebsanweisung kann abgewichen werden, wenn durch andere Maßnahmen zumindest in vergleichbarer Weise der Schutz der Gesundheit und die Sicherheit der Beschäftigten gewährleistet wird.

Der Arbeitgeber hat Gefährdungen der Gesundheit und der Sicherheit der Beschäftigten bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen auszuschließen. Ist dies nicht möglich, hat er sie auf ein Minimum zu reduzieren. Diesen Geboten hat der Arbeitgeber durch die Festlegung und Anwendung geeigneter Schutzmaßnahmen Rechnung zu tragen. Dabei hat er folgende Rangfolge zu beachten:

1. Gestaltung geeigneter Verfahren und technischer Steuerungseinrichtungen von Verfahren, den Einsatz emissionsfreier oder emissionsarmer Verwendungsformen sowie Verwendung geeigneter Arbeitsmittel und Materialien nach dem Stand der Technik (z. B. Arbeiten in geschlossenen Systemen),
2. Anwendung kollektiver Schutzmaßnahmen technischer Art an der Gefahrenquelle (ausreichende Be- und Entlüftung) und Anwendung geeigneter organisatorischer Maßnahmen (z. B. Arbeiten im Abzug oder unter Punktabsaugungen, Ableiten von gefährlichen Dämpfen, Gasen usw. über einen Schlauch direkt in einen Abluftkanal),
3. sofern eine Gefährdung nicht durch Maßnahmen nach den Nummern 1 und 2 verhütet werden kann, Anwendung von individuellen Schutzmaßnahmen, die auch die Bereitstellung und Verwendung von persönlicher Schutzausrüstung umfassen.

### **3.5.1 Expositionsermittlung**

Im Laboratorium wird durch Bau und technische Ausstattung sowie organisatorische und persönliche Schutzmaßnahmen eine Sicherheitsgrundlage geschaffen, um auch bei Tätigkeiten mit neuen oder noch nicht ausreichend untersuchten Stoffen die Gefährdung zu minimieren. Dauer und Ausmaß von Expositionen gegenüber Gefahrstoffen sind zu begrenzen, Arbeitsplatzgrenzwerte sind einzuhalten, Hautkontakt ist zu vermeiden.

### **3.5.2 Arbeitsplatzgrenzwert**

Der Arbeitsplatzgrenzwert ist der Grenzwert für die zeitlich gewichtete durchschnittliche Konzentration eines Stoffes in der Luft am Arbeitsplatz in Bezug auf einen gegebenen Referenzzeitraum. Er gibt an, bei welcher Konzentration eines Stoffes akute oder chronische schädliche Auswirkungen auf die Gesundheit von Beschäftigten im Allgemeinen nicht zu erwarten sind. Es ist also die Konzentration des Stoffes in der Luft, bei dessen dauerhafter Unterschreitung für eine erwachsene, gesunde Person keine gesundheitliche Gefährdung selbst dann zu erwarten ist, wenn die Person ein ganzes Arbeitsleben lang 40 Stunden pro Woche mit dem Stoff arbeitet.

### **3.5.3 Biologischer Grenzwert**

Der biologische Grenzwert ist der Grenzwert für die toxikologisch-arbeitsmedizinisch abgeleitete Konzentration eines Stoffes, seines Metaboliten oder eines Beanspruchungsindikators im entsprechenden biologischen Material (z. B. im Urin, in der Ausatemluft oder im Blut), bei dem im Allgemeinen die Gesundheit eines Beschäftigten nicht beeinträchtigt wird. Es ist also die Konzentration des Stoffes oder seines Umwandlungsproduktes (gemessen z. B. im Urin, in der Ausatemluft oder im Blut), bei dessen dauerhafter Unterschreitung für eine erwachsene, gesunde Person keine gesundheitliche Gefährdung selbst dann zu erwarten ist, wenn die Person ein ganzes Arbeitslebenlang 40 Stunden pro Woche mit dem Stoff arbeitet.

### **3.5.4 Einhaltung von Arbeitsplatzgrenzwert und Biologischem Grenzwert**

Der Arbeitgeber muss sicherstellen, dass Arbeitsplatz- und Biologischer Grenzwert eingehalten werden. Er hat die Einhaltung durch Arbeitsplatzmessungen oder durch andere geeignete Methoden zur Ermittlung der Exposition zu überprüfen. Ermittlungen sind auch durchzuführen, wenn sich die Bedingungen ändern, welche die Exposition der Beschäftigten beeinflussen können. Die Ermittlungsergebnisse sind

aufzuzeichnen, aufzubewahren und den Beschäftigten und ihrer Vertretung zugänglich zu machen. Wer Arbeitsplatzmessungen von Gefahrstoffen durchführt, muss fachkundig sein und über die erforderlichen Einrichtungen verfügen. Wenn ein Arbeitgeber eine für Messungen von Gefahrstoffen an Arbeitsplätzen akkreditierte Messstelle beauftragt, kann der Arbeitgeber in der Regel davon ausgehen, dass die von dieser Messstelle gewonnenen Erkenntnisse zutreffend sind. Die Stabsstelle für Arbeitssicherheit und Gesundheitsvorsorge kann um orientierende Messungen gebeten werden.

Ist nicht sicher auszuschließen, dass eine erhöhte Exposition vorliegt, so ist dies durch geeignete Beurteilungsverfahren, wie beispielsweise Berechnungsverfahren und insbesondere durch Analogieschlüsse zu vergleichbaren Laborarbeitsplätzen zu ermitteln. Solche Beurteilungsverfahren müssen einer Messung gleichwertig sein. Ist eine Beurteilung der Exposition damit nicht möglich, so muss die Einhaltung von Grenzwerten durch Messung nachgewiesen werden. Ebenfalls kann bei Einhaltung dieser Betriebsanweisung davon ausgegangen werden, dass Brand- und Explosionsgefahren wirksam reduziert werden. Werden die Grenzwerte überschritten, müssen zusätzliche Maßnahmen durchgeführt werden:

1. Tragen von persönlicher Schutzausrüstung (z. B. Atemschutz),
2. arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen,
3. Beschäftigungsbeschränkungen.

**Der Arbeitgeber kann davon ausgehen, dass die Arbeitsplatzgrenzwerte eingehalten werden bzw. für Stoffe ohne festgelegte Arbeitsplatzgrenzwerte ein sicheres Arbeiten erfolgt, wenn folgende Bedingungen eingehalten werden:**

1. Die Beschäftigten sind über die Gefährdungen durch die verwendeten Gefahrstoffe und Arbeitsweisen informiert und halten sich an die daraus resultierenden Sicherheitsvorschriften dieser Betriebsanweisung.
2. Soweit möglich, wird in geschlossenen Anlagen gearbeitet. Die hier entstehenden Gase, Dämpfe, Aerosole oder Stäube werden über einen Schlauch direkt in einen Abluftkanal eingeleitet.
3. Kann nicht in geschlossenen Anlagen gearbeitet werden, werden die Arbeiten mit Gefahrstoffen, die gefährliche Gase, Dämpfe, Stäube oder Aerosole abgeben, in funktionsfähigen Abzügen durchgeführt, wobei die Abzüge geschlossen gehalten werden, wenn nicht an den Apparaturen hantiert wird. Entnahmebehälter für sehr giftige und giftige Gase sind im Abzug oder in einem dauerabgesaugten Sicherheitsschrank aufgestellt.
4. Gefahrstoffe werden nicht mehr als notwendig freigesetzt werden. Das bedeutet, dass bei Reaktionen freiwerdende giftige, sehr giftige, krebserzeugende, erbgutverändernde oder fortpflanzungsgefährdende Gase in Absorptionslösungen aufgefangen werden.
5. Die Beschäftigten tragen die geeignete, vorgeschriebene persönliche Schutzausrüstung.
6. Die Gefahrstoffmengen, mit denen gearbeitet wird, überschreiten den „laborüblichen Rahmen“ nicht. Das bedeutet, dass folgende Mengen nicht überschritten werden:
 

a. feste Gefahrstoffe	1000 g	flüssige Gefahrstoffe	2500 ml
b. sehr giftige Feststoffe	100 g	sehr giftige Flüssigkeiten	100 ml
c. giftige Feststoffe	500 g	giftige Flüssigkeiten	500 ml
d. CMR-Feststoffe	500 g	CMR-Flüssigkeiten	500 ml
e.	Ist für Gase, zum Beispiel Stickstoff, Argon, Wasserstoff oder Propan, keine zentrale Gasversorgung vorhanden, wird die kleinste mögliche Gebindegröße (maximal 50 l-Druckgasflasche) benutzt. Bei sehr giftigen, krebserzeugenden, erbgutverändernden oder fruchtbarkeitsgefährdenden Gasen werden lecture bottles oder Kleinstahlflaschen eingesetzt. Ist dies nicht möglich, so werden keine größeren als 10 l-Druckgasflaschen verwendet. Ersatzflaschen werden außerhalb des Labors bereitgehalten.		

**(CMR: cancerogene, mutagene oder reproduktionstoxische Gefahrstoffe)**

Die Erfahrung zeigt, dass in typischen Laborapparaturen Ansatzgrößen in den oben genannten Mengen sicher verarbeitet werden können. Eine allgemeine Begrenzung der Flüssigkeitsmengen auf 2,5 l und 1 kg für Feststoffe pro Apparatur dient deshalb der Beherrschbarkeit von Stoffen auch unterhalb des Gefahrenniveaus der giftigen Stoffe. Es hat sich daher bewährt, die in diesem Abschnitt genannten Grenzen auf alle Gefahrstoffe anzuwenden, also auch solche, die die oben genannten Gefahrenmerkmale nicht tragen. Auch wenn Tätigkeiten mit besonders gefährlichen Gefahrstoffen innerhalb der hier angegebenen Mengengrenzen durchgeführt werden, können Zusatzmaßnahmen erforderlich sein. Dieses kann beispielsweise eine Tätigkeit mit einem sehr instabilen oder explosionsgefährlichen Gefahrstoff

oder der Einsatz einer großen Menge eines krebserzeugenden Alkylierungsmittels wie Dimethylsulfat in einer Glasapparatur sein.

Werden in Laboratorien Tätigkeiten mit größeren Mengen an Gefahrstoffen als den oben genannten durchgeführt, ist dieses in der Gefährdungsbeurteilung gesondert zu berücksichtigen, da hier eine Beherrschbarkeit von Ereignissen oder Expositionen durch die in dieser Betriebsanweisung beschriebenen Maßnahmen nicht ohne weitergehende Beurteilung angenommen werden kann. Häufig werden hierdurch Zusatzmaßnahmen erforderlich, die über die in dieser Betriebsanweisung enthaltenen hinausgehen. Die Gefährdungsbeurteilung muss ergeben, ob und mit welchen Zusatzmaßnahmen die Tätigkeiten im Labor ausgeführt werden können oder ob eine Durchführung im Labor nicht möglich ist und beispielsweise aus Explosionsschutzgründen in einem entsprechend ausgestatteten Technikum gearbeitet werden muss.

Gefährliche chemische Reaktionen müssen unter besonderen Schutzmaßnahmen durchgeführt werden. Bei durchzuführenden Reaktionen sind neben den eingesetzten Stoffen auch die Stoffe einzubeziehen, die bei normalem Reaktionsablauf entstehen oder bei unerwartetem Reaktionsverlauf entstehen könnten.

Werden Arbeitsplatzgrenzwerte oder biologische Grenzwerte nicht sicher eingehalten, ist eine Konzentrationsmessung (Kontrollmessung) formlos bei der Stabsstelle für Arbeitssicherheit und Gesundheitsvorsorge anzufordern. Messungen sollen von anerkannten Prüfstellen durchgeführt werden, der Personalrat ist zu beteiligen. Die Stabsstelle für Arbeitssicherheit und Gesundheitsvorsorge prüft zunächst, ob die Gefahr nicht durch geeignete Maßnahmen (z. B. Änderung des Arbeitsverfahrens, Errichtung einer zusätzlichen Lüftung) unverzüglich beseitigt werden kann. Werden nach Durchführung aller technisch möglichen Schutzmaßnahmen (z. B. Lüftungsmaßnahmen) die Grenzwerte nicht sicher unterschritten,

1. muss der Arbeitgeber wirksame, hinsichtlich ihrer Trageigenschaften geeignete zusätzliche persönliche Schutzausrüstung (z. B. Atemschutzgeräte) bereitstellen, die die Beschäftigten benutzen müssen. Diese persönliche Schutzausrüstung ist in gebrauchsfähigem, hygienisch einwandfreiem Zustand zu halten,
2. dürfen die Beschäftigten nur so lange beschäftigt werden, wie es das Arbeitsverfahren unbedingt erfordert und es mit dem Gesundheitsschutz vereinbar ist,
3. müssen die Beschäftigten vor einer Beschäftigung arbeitsmedizinischen Vorsorgeuntersuchungen unterzogen werden.

Vor dem erstmaligen Tragen von Atemschutzgeräten müssen die Beschäftigten einer arbeitsmedizinischen Vorsorgeuntersuchung nach dem berufsgenossenschaftlichen Grundsatz G 26 unterzogen werden. Die Beschäftigten dürfen nur so lange beschäftigt werden, wie es das Arbeitsverfahren unbedingt erfordert. Das Tragen von Atemschutz und von Vollschutzanzügen darf keine ständige Maßnahme sein. Unabhängig davon ist unverzüglich eine Konzentrationsmessung durchzuführen. Die Beschäftigten werden von der Stabsstelle für Arbeitssicherheit und Gesundheitsvorsorge über das Ergebnis unverzüglich informiert.

Werden Messungen nicht durchgeführt oder besteht durch eine offensichtliche Überschreitung der Grenzwerte eine Gefahr für Leben und Gesundheit, hat der Beschäftigte das Recht, die Arbeit zu verweigern. Aus der Verweigerung dürfen dem Beschäftigten keine Nachteile entstehen.

### **3.6 Betriebsanweisung**

Der Arbeitgeber hat den Beschäftigten eine schriftliche Betriebsanweisung, die der Gefährdungsbeurteilung Rechnung trägt, in einer für die Beschäftigten verständlichen Form und Sprache zugänglich zu machen. Die Betriebsanweisung muss mindestens Folgendes enthalten:

1. Informationen über die am Arbeitsplatz vorhandenen oder entstehenden Gefahrstoffe, wie beispielsweise die Bezeichnung der Gefahrstoffe, ihre Kennzeichnung sowie mögliche Gefährdungen der Gesundheit und der Sicherheit,
2. Informationen über angemessene Vorsichtsmaßnahmen und Maßnahmen, die die Beschäftigten zu ihrem eigenen Schutz und zum Schutz der anderen Beschäftigten am Arbeitsplatz durchzuführen haben; dazu gehören insbesondere
  - a) Hygienevorschriften,
  - b) Informationen über Maßnahmen, die zur Verhütung einer Exposition zu ergreifen sind,

c) Informationen zum Tragen und Verwenden von persönlicher Schutzausrüstung und Schutzkleidung,  
 3. Informationen über Maßnahmen, die bei Betriebsstörungen, Unfällen und Notfällen und zur Verhütung dieser von den Beschäftigten, insbesondere von Rettungsmannschaften, durchzuführen sind.

Die Betriebsanweisung muss bei jeder maßgeblichen Veränderung der Arbeitsbedingungen aktualisiert werden. Der Arbeitgeber hat ferner sicherzustellen, dass die Beschäftigten

1. Zugang haben zu allen Informationen über die Stoffe und Zubereitungen, mit denen sie Tätigkeiten ausüben, insbesondere zu Sicherheitsdatenblättern, und
2. über Methoden und Verfahren unterrichtet werden, die bei der Verwendung von Gefahrstoffen zum Schutz der Beschäftigten angewendet werden müssen.

### 3.7 Sicherheitsunterweisung

Der Arbeitgeber hat die Beschäftigten anhand dieser Betriebsanweisung über alle auftretenden Gefährdungen und entsprechende Schutzmaßnahmen mündlich zu unterweisen oder von einer geeigneten Person unterweisen zu lassen.

Teil dieser Unterweisung ist eine allgemeine arbeitsmedizinisch-toxikologische Beratung. Diese dient auch zur Information der Beschäftigten über die Voraussetzungen, unter denen sie Anspruch auf arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen haben, und über den Zweck dieser Vorsorgeuntersuchungen. Die Beratung ist unter Beteiligung der Ärztin oder des Arztes nach der Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge durchzuführen, falls dies erforderlich sein sollte.

Die Sicherheitsunterweisung muss mindestens folgende Informationen enthalten:

1. das Erkennen von Gefahrstoffen
2. das Informieren über die von den Gefahrstoffen ausgehenden Gefährdungen
3. Führen eines Gefahrstoffverzeichnis,
4. Hinweis auf stoff- und stoffgruppenspezifische Betriebsanweisungen für den Umgang mit Gefahrstoffen,
5. Das Kennzeichnen (Etikettieren) von Gefahrstoffgebinden
6. Informationen über die zu tragende persönliche Schutzausrüstung und Schutz vor der Aufnahme von Gefahrstoffen in den Körper
7. Angaben zu Nahrungsaufnahme, Rauchen, Hygiene
8. das richtige Verhalten bei einem Brand
9. das richtige Verhalten bei einem Unfall
10. Informationen zur sachgerechten Abfallentsorgung
11. Informationen über arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen
12. Informationen über Umgangsbeschränkungen für Jugendliche, Frauen im gebärfähigen Alter, Schwangere, stillende Mütter

Die Unterweisung muss mündlich vor Aufnahme der Beschäftigung und danach mindestens einmal jährlich arbeitsplatz- und arbeitsstoffbezogen durchgeführt werden. Sie muss in für die Beschäftigten verständlicher Form und Sprache erfolgen. Inhalt und Zeitpunkt der Unterweisung sind schriftlich festzuhalten und von den Unterwiesenen durch Unterschrift zu bestätigen.

Alle Beschäftigten sind im Rahmen der mündlichen Unterweisung zu verpflichten, vor der ersten Aufnahme einer Labortätigkeit die Betriebsanweisung soweit durchzulesen und zu beachten, dass ein gefahrloses Arbeiten möglich ist. Ist die Betriebsanweisung nicht ausreichend, ist der Arbeitgeber verpflichtet, in der Literatur oder durch ein Gespräch mit Vorgesetzten oder Personen mit Spezialausbildung weitere Informationen für ein gefahrloses Arbeiten zu sammeln.

Diese Betriebsanweisung muss allen Beschäftigten zugänglich sein. Geeignet sind das Auslegen im Labor, das Aushändigen an jeden Beschäftigten oder die Bereithaltung im PC, wenn allen Beschäftigten ein ungehinderter Zugriff möglich ist.

Unterweisungen können anstelle von Blockveranstaltungen auch vorteilhaft an der konkreten Arbeit orientiert vorgenommen werden. Es ist wichtig, dass keine Mitarbeiter bei der Unterweisung, beispielsweise urlaubs- oder krankheitsbedingt, ausgelassen werden. In solchen Fällen ist die Unterweisung für diese zu wiederholen. Schriftliche Anweisungen können die Unterweisung nur unterstützen, nicht ersetzen. Wichtig ist ferner, die Inhalte der Unterweisung, deren Zeitpunkt und den Kreis der Unterwiesenen

zu dokumentieren und unterschreiben zu lassen. Zudem ist es erforderlich, sich davon zu überzeugen, dass die Inhalte der Unterweisung verstanden und befolgt werden. Die Unterweisung findet eine höhere Akzeptanz, wenn sie sich an der Gefährdungsbeurteilung, an aktuellen Vorkommnissen und Unfällen sowie den Erfahrungen der Mitarbeiter orientiert.

Auch die Verwendung von Geräten und Einrichtungen, wie etwa Abzügen, Autoklaven, Zentrifugen oder Spritzen, kann mit Gefährdungen verbunden sein und erfordert Unterweisungen. Hilfreich sind entsprechende Betriebsanweisungen.

Übungen, wie beispielsweise die Rettung von Personen, das Räumen der Arbeitsplätze im Gefahrenfall, der Umgang mit Feuerlöscheinrichtungen, die Benutzung von Notduschen sowie die Benutzung von persönlicher Schutzausrüstung, können die Unterweisung sinnvoll und abwechslungsreich ergänzen.

### **3.8 Beschäftigungsbeschränkungen für bestimmte Personengruppen**

Auf Grund der folgenden Beschäftigungsbeschränkungen ist es ratsam, durch organisatorische Maßnahmen wie zeitweilige und örtlich begrenzte Verwendungsverbote bestimmte Räume vom Umgang mit krebserzeugenden, fortpflanzungsgefährdenden oder erbgutverändernden sowie infektiösen Arbeitsmaterialien freizuhalten, um Jugendlichen, werdenden und stillenden Müttern und Frauen im gebärfähigen Alter unter den Beschäftigten die Fortsetzung ihrer Arbeit zu ermöglichen. Ohne solche Möglichkeiten dürfen die betroffenen Personen nicht beschäftigt werden, auch nicht auf eigenen Wunsch.

#### **3.8.1 Jugendliche**

Jugendliche dürfen nicht mit leichtentzündlichen, entzündlichen oder brandfördernden Gefahrstoffen beschäftigt werden. Das gilt nicht, wenn sie durch einen Fachkundigen beaufsichtigt werden.

Jugendliche dürfen nicht mit explosionsgefährlichen oder hochentzündlichen Gefahrstoffen beschäftigt werden. Das gilt nicht, wenn

1. der Umgang mit diesen Gefahrstoffen zur Erreichung des Ausbildungszieles erforderlich ist,
2. die Jugendlichen mindestens 16 Jahre alt sind und
3. die Jugendlichen durch einen Fachkundigen beaufsichtigt werden.

Jugendliche dürfen nur mit gesundheitsschädlichen, ätzenden oder reizenden Gefahrstoffen beschäftigt werden, wenn

1. der Umgang mit diesen Gefahrstoffen zur Erreichung der Ausbildungsziele erforderlich ist,
2. die Jugendlichen mindestens 16 Jahre alt sind,
3. die Jugendlichen durch einen Fachkundigen beaufsichtigt werden und
4. wenn die Arbeitsplatzgrenzwerte oder biologischen Grenzwerte eingehalten werden.

Jugendliche dürfen nicht mit sehr giftigen, giftigen, krebserzeugenden, fortpflanzungsgefährdenden, erbgutverändernden oder in sonstiger Weise den Menschen chronisch schädigenden Gefahrstoffen beschäftigt werden. Das gilt nicht, wenn

1. die Arbeitsplatzgrenzwerte oder biologischen Grenzwerte eingehalten werden,
2. der Umgang mit diesen Gefahrstoffen zur Erreichung des Ausbildungszieles erforderlich ist,
3. die Jugendlichen mindestens 16 Jahre alt sind,
4. die Jugendlichen durch einen Fachkundigen beaufsichtigt werden und
5. die Jugendlichen von der Betriebsärztin oder dem Betriebsarzt vor Beginn der Beschäftigung untersucht worden sind und dem Arbeitgeber eine vom Arzt ausgestellte Bescheinigung darüber vorliegt, dass keine gesundheitlichen Bedenken gegen die Beschäftigung bestehen.

#### **3.8.2 Werdende oder stillende Mütter**

Der Arbeitgeber, in dessen Verantwortungsbereich werdende oder stillende Mütter durch Verfahren oder Arbeitsbedingungen nach dem Mutterschutzgesetz und der Mutterschutzrichtlinienverordnung gefährdet werden können, muss für diese Tätigkeiten innerhalb von 14 Tagen nach Bekanntgabe der Schwangerschaft Art, Ausmaß und Dauer der Gefährdung beurteilen. Diese Beurteilung ist Grundlage für Maßnahmen, die der Arbeitgeber möglicherweise zu treffen hat, damit werdende oder stillende Mütter einer Gefährdung nicht ausgesetzt sind. Über die Beurteilung und notwendige Schutzmaßnahmen

werden die Schwangere und die Personalabteilung unterrichtet. Die Stabsstelle für Arbeitssicherheit und Gesundheitsvorsorge prüft Beurteilung und Schutzmaßnahmen.

Die schwangere Frau soll dem Arbeitgeber (Personalabteilung der TU, Abt. 12) und dem Leiter der Hochschuleinrichtung (geschäftsführender Institutsleiter, Hochschullehrer usw.) ihre Schwangerschaft und den mutmaßlichen Tag der Entbindung mitteilen, sobald ihr die Schwangerschaft bekannt ist, damit die gesetzlichen Schutzmaßnahmen ergriffen werden können. Für Auskünfte steht die Stabsstelle für Arbeitssicherheit und Gesundheitsvorsorge zur Verfügung.

Werdende oder stillende Mütter dürfen nicht mit sehr giftigen, giftigen, gesundheitsschädlichen oder in sonstiger Weise den Menschen schädigenden Gefahrstoffen beschäftigt werden, wenn der Grenzwert überschritten wird.

Werdende Mütter dürfen nicht mit krebserzeugenden, fruchtschädigenden oder erbgutverändernden Gefahrstoffen der Kategorien 1 und 2 beschäftigt werden. Das gilt nicht, wenn die werdenden Mütter bei bestimmungsgemäßem Umgang den Gefahrstoffen nicht ausgesetzt sind. Stillende Mütter dürfen nicht mit krebserzeugenden, fruchtschädigenden oder erbgutverändernden Gefahrstoffen der Kategorien 1 und 2 beschäftigt werden, wenn der Grenzwert überschritten wird.

Werdende Mütter dürfen nicht mit schweren körperlichen Arbeiten und nicht mit Arbeiten beschäftigt werden, bei denen sie schädlichen Einwirkungen von gesundheitsgefährdenden Stoffen oder Strahlen, von Staub, Gasen oder Dämpfen, von Hitze, Kälte oder Nässe, von Erschütterungen oder Lärm ausgesetzt sind.

Erforderlichenfalls sind durch organisatorische Maßnahmen wie zeitweilige und örtlich begrenzte Verwendungsverbote bestimmte Räume vom Umgang mit krebserzeugenden, fruchtschädigenden oder erbgutverändernden Gefahrstoffen der Kategorien 1 und 2 freizuhalten, um werdenden oder stillenden Müttern unter den Studentinnen die Fortsetzung ihrer Ausbildung zu ermöglichen.

### **3.8.3 Frauen im gebärfähigen Alter**

Der Arbeitgeber darf Frauen im gebärfähigen Alter beim Umgang mit Gefahrstoffen, die

1. Blei oder
2. Quecksilberalkyle

enthalten, nicht beschäftigt, wenn der Grenzwert überschritten wird.

Unter Blei sind alle bleihaltigen Gefahrstoffe zu verstehen. Die Arbeitsplatzgrenzwerte oder biologischen Grenzwerte können als unterschritten vorausgesetzt werden, wenn der Stoff aufgrund seiner Eigenschaften und der Art des Umganges weder gasförmig, staubförmig noch in Form von Aerosolen in die Atemluft gelangen oder über die Haut aufgenommen werden kann.

### **3.9 Unterrichtung und Anhörung der Beschäftigten**

In besonderen Fällen sind die Beschäftigten oder der Personalrat anzuhören und zu unterrichten. Die Anhörung und Unterrichtung bezieht sich auf z. B.

1. Ermittlung und Beurteilung nach der Ermittlungspflicht,
2. Durchführung von Messungen bzgl. Gefahrstoffkonzentrationen einschließlich der Mitteilung der Messergebnisse und Messberichte,
3. Auswahl der persönlichen Schutzausrüstung und ihre Benutzung,
4. Gründe und Maßnahmen beim Überschreiten von Arbeitsplatzgrenzwerten oder biologischen Grenzwerten.

Werden Arbeitsplatzgrenzwerte oder biologische Grenzwerte überschritten und hilft der Arbeitgeber der dagegen erhobenen oder veranlassten Beschwerde nicht unverzüglich ab, so kann sich der einzelne Beschäftigte nach Ausschöpfung der innerbetrieblichen Möglichkeiten an die für die Überwachung zuständigen Stellen wenden. Besteht durch die Überschreitungen der Grenzwerte eine unmittelbare Gefahr für Leben oder Gesundheit, hat der einzelne Beschäftigte das Recht, die Arbeit zu verweigern. Aus der Ausübung der in diesem Abschnitt genannten Rechte dürfen dem Beschäftigten keine Nachteile entstehen.

### 3.11 Unterrichtung zuständiger Behörden

Für den Arbeitgeber bestehen nach der Gefahrstoffverordnung verschiedene Mitteilungspflichten an die zuständigen Behörden. Der Arbeitgeber hat den zuständigen Behörden unverzüglich anzuzeigen:

1. jeden Unfall und jede Betriebsstörung, die bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen zu einer ernsten Gesundheitsschädigung der Beschäftigte geführt haben,
2. Krankheits- und Todesfälle, bei denen konkrete Anhaltspunkte dafür bestehen, dass sie durch die Tätigkeit mit Gefahrstoffen verursacht worden sind, mit der genauen Angabe der Tätigkeit und der Gefährdungsbeurteilung.

Lassen sich die für die Anzeige erforderlichen Angaben gleichwertig aus Anzeigen nach anderen Rechtsvorschriften entnehmen, kann die Anzeigepflicht auch durch Übermittlung von Kopien dieser Anzeigen an die zuständige Behörde erfüllt werden. Der Arbeitgeber hat den betroffenen Beschäftigten oder ihrer Vertretung Kopien der Anzeigen zur Kenntnis zu geben.

Der zuständigen Behörde ist auf ihr Verlangen Folgendes mitzuteilen:

1. das Ergebnis der Gefährdungsbeurteilung und die der Beurteilung zugrunde liegenden Informationen einschließlich der Dokumentation der Gefährdungsbeurteilung,
2. die Tätigkeiten, bei denen Beschäftigte tatsächlich oder möglicherweise gegenüber Gefahrstoffen exponiert worden sind, und die Anzahl dieser Beschäftigte,
3. die nach § 13 des Arbeitsschutzgesetzes verantwortlichen Personen,
4. die durchgeführten Schutz- und Vorsorgemaßnahmen einschließlich der Betriebsanweisungen.

Der Arbeitgeber hat der zuständigen Behörde bei Tätigkeiten mit krebserzeugenden, erbgutverändernden oder fruchtbarkeitsgefährdenden Gefahrstoffen der Kategorie 1 oder 2 zusätzlich auf ihr Verlangen Folgendes mitzuteilen:

1. das Ergebnis einer Substitutionsprüfung,
2. sachdienliche Informationen über
3. durchgeführte Tätigkeiten und angewandte industrielle Verfahren und die Gründe für die Verwendung dieser Gefahrstoffe,
4. die Menge der hergestellten oder verwendeten Gefahrstoffe,
5. die Art der zu verwendenden Schutzausrüstung,
6. die Art und das Ausmaß der Exposition,
7. durchgeführte Substitutionen.

#### 4 Persönliche Schutzausrüstung

Der Arbeitgeber hat den Beschäftigten entsprechend der jeweiligen Tätigkeit geeignete persönliche Schutzausrüstungen in ausreichender Zahl zur Verfügung zu stellen. Er hat die Beschäftigten zur Auswahl der geeigneten Schutzausrüstungen und zu den Bedingungen, unter denen sie zu benutzen sind, vor der Beschaffung anzuhören. Hinsichtlich der Auswahl der geeigneten persönlichen Schutzausrüstung sind bei Bedarf die Stabsstelle für Arbeitssicherheit und Gesundheitsvorsorge und der Betriebsarzt beratend zu beteiligen. Arbeits- und Schutzkleidung von Beschäftigten, die bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen getragen wird, ist vom Arbeitgeber reinigen zu lassen. Erforderlichenfalls ist sie vorschriftsgemäß zu entsorgen und vom Arbeitgeber zu ersetzen. Studierende haben selbst für Beschaffung, Ersatz und Reinigung ihres Laborkittels zu sorgen. Sonstige persönliche Schutzausrüstung (z. B. Schutzbrille, Schutzhandschuhe) wird vom Arbeitgeber gestellt und ggf. ersetzt.

Der Arbeitgeber hat sicherzustellen, dass

1. die persönliche Schutzausrüstung an einem dafür vorgesehenen Ort sachgerecht aufbewahrt wird,
2. die persönliche Schutzausrüstung vor Gebrauch geprüft und nach Gebrauch gereinigt wird,
3. schadhafte persönliche Schutzausrüstung vor erneutem Gebrauch ausgebessert oder ausgetauscht wird,
4. fehlende persönliche Schutzausrüstung beschafft wird.

Bei Tätigkeiten im Labor besteht die Schutzausrüstung in der Regel aus Laborkittel, Schutzbrille, geeigneten Handschuhen, einer langen Hose und festem, geschlossenem Schuhwerk. Für Beschäftigte, die mit sehr giftigen, giftigen, krebserzeugenden, erbgutverändernden oder fortpflanzungsgefährdenden Stoffen umgehen, muss der Arbeitgeber den Beschäftigten einen Laborkittel zur Verfügung stellen, reinigen und ggf. ersetzen. Die zu verwendende persönliche Schutzausrüstung muss ein CE-Zeichen tragen.

Werden trotz der Durchführung von Schutzmaßnahmen (z. B. Arbeiten mit Gefahrstoffen im Abzug) stoffbezogene Arbeitsplatzgrenzwerte nicht unterschritten oder bestehen andere Gefährdungen, so hat der Arbeitgeber

1. zusätzliche wirksame und hinsichtlich ihrer Trageeigenschaften geeignete persönliche Schutzausrüstungen (z. B. Atemschutzmaske, Vollschutzanzug) zur Verfügung zu stellen und diese in gebrauchsfähigem, hygienisch einwandfreiem Zustand zu halten und
2. dafür zu sorgen, dass die Beschäftigten nur so lange beschäftigt werden, wie es das Arbeitsverfahren unbedingt erfordert und es mit dem Gesundheitsschutz vereinbar ist. Diese Anforderung gilt insbesondere beim Umgang mit sensibilisierenden, d. h. Allergien auslösenden Stoffen.

Die Beschäftigten müssen die bereitgestellte persönliche Schutzausrüstung benutzen, solange eine Gefährdung besteht. Die Verwendung von belastender persönlicher Schutzausrüstung (z. B. das Tragen von Atemschutz oder von Vollschutzanzügen) darf keine ständige Maßnahme sein. Sie ist für jeden Beschäftigten auf das unbedingt erforderliche Minimum zu beschränken.

#### 4.1 Augen- und Gesichtsschutz

In einem Laboratorium ist ständig eine Schutzbrille mit ausreichendem Seitenschutz und zusätzlicher oberer Augenraumabdeckung zu tragen. Können aufgrund der Arbeitsprozesse und Tätigkeiten dauerhaft sicher Augengefährdungen ausgeschlossen werden, kann auf den Augenschutz ausnahmsweise verzichtet werden. Dies ist in der Gefährdungsbeurteilung zu dokumentieren.

Schädlich für das Auge ist im Prinzip alles außer Wasser! Die beste Schutzbrille und der beste Gesichtsschutz helfen nur, wenn sie auch getragen werden! Eine Gefährdung der Augen ist z. B. gegeben beim Umgang mit Gefahrstoffen, bei Arbeiten unter Vakuum oder Druck, beim Umgang mit zerbrechlichen Gegenständen oder durch wegfliegende Teile. Können augenschädigende Gase, Dämpfe oder Aerosole auftreten, ist der Schutz der Augen durch das Tragen einer Atemschutz-Vollmaske mit geeignetem Filter sicherzustellen.

#### Schutzbrille

Eine Schutzbrille ist eine Brille, deren Sichtscheiben aus einem splittersicheren Material bestehen und die einen ausreichenden Seitenschutz und eine zusätzlichen obere Augenraumabdeckung bietet.

Brillenträger müssen

1. entweder eine Schutzbrille mit Korrekturgläsern oder
2. zusätzlich zu ihrer Korrekturbrille eine Überbrille mit ausreichendem Seitenschutz und zusätzlicher oberer Augenraumabdeckung oder einen Schutzschirm tragen. Übliche Korrekturbrillen sind keine Schutzbrillen.

Es ist mit sehr großen Risiken verbunden, im Labor Kontaktlinsen zu tragen, weil bei Augenverletzungen reflexartig die Augen geschlossen werden und dadurch das Entfernen der Kontaktlinsen erheblich erschwert ist. In das Auge gekommene Gefahrstoffe können zwischen Kontaktlinse und Hornhaut gelangen. Die Gefahrstoffe können von hier nicht mit der Augennotdusche entfernt werden und zu sehr schweren Augenverletzungen führen! Kontaktlinsen sollen deshalb in Laboratorien nicht getragen werden!

Bei Tätigkeiten, die mit besonderen Gefahren für die Augen verbunden sind, müssen darüber hinaus andere oder zusätzliche geeignete Augenschutzgeräte getragen werden.

### **Korbbrille**

Ist beim Abfüllen von Flüssigkeiten mit einer Gefährdung zu rechnen (z. B. beim Abfüllen größerer Mengen Säuren oder Laugen der dem Handling größerer Gebinde), ist eine Korbbrille zu tragen. Eine Korbbrille ist eine Schutzbrille, die mit ihrem gesamten Rand dicht an der Gesichtshaut anliegt.

### **Gesichtsschutzschirm**

Besteht beim Öffnen von Gebinden (auch Standflaschen im Labor!) die Gefahr, dass Verätzungen durch den Inhalt auftreten, sind zusätzlich zur Schutzbrille auch Gesichtsschutzschirm und Handschutz zu tragen. Ein Schutzschirm ist ein aus unzerbrechlichem Material gefertigter Schirm, der das gesamte Gesicht vor verspritzenden Flüssigkeiten schützt. Ein Schutzschirm muss z. B. beim Öffnen von aufgewölbten Gebinden oder festsitzenden Verschlüssen, beim Umgang mit Gefahrstoffen über Augenhöhe oder beim Umfüllen tiefkalter verflüssigter Gase (z. B. flüssiger Stickstoff) getragen werden. Beim Tragen von Schutzschirmen muss zusätzlich die Schutzbrille getragen werden.

## **4.2 Handschutz**

Bei Tätigkeiten, die mit besonderen Gefahren für die Hände verbunden sind, müssen geeignete Schutzhandschuhe getragen werden. Diese müssen entsprechend ihrem Verwendungszweck ausgewählt und vor jeder Benutzung auf Beschädigungen kontrolliert werden. Beschädigte oder anderweitig unbrauchbar gewordene Handschuhe sind vom Arbeitgeber unverzüglich zu ersetzen.

Beachten Sie: Das häufige und längere Tragen von Schutzhandschuhen stellt eine Belastung für die Haut dar und kann zu Hauterkrankungen führen! Beim Tragen von Schutzhandschuhen beginnt die Haut zu schwitzen. Die oberste und recht feste Hornhautschicht der Haut weicht auf und kann leicht von Mikroorganismen angegriffen werden, was zu Entzündungen und Ekzemen führen kann, die schmerzhaft, blutig und ausdauernd sein können. Außerdem wird die aufgeweichte Hornhaut besonders chemikaliendurchlässig. Es wird deshalb empfohlen, Handschuhe nur dann und solange zu tragen, wie es notwendig ist. Um das Tragen von Schutzhandschuhen möglichst angenehm zu machen, werden das Tragen von Baumwollunterhandschuhen und die Verwendung von speziellen Hautpflegemitteln (Hautcremes) empfohlen.

Es wird ausdrücklich darauf hingewiesen, dass durch das Tragen von verschmutzten Handschuhen keine Gegenstände mit Chemikalien benetzt werden dürfen, die in der Regel nicht mit Chemikalien behaftet sind. Das gilt z. B. für Lichtschalter, Türklinken, Wasserhähne an Waschbecken, Telefonhörer, PC-Tastaturen, Schreibgeräte usw.. Grundsätzlich gilt, dass Büroräume nicht mit verschmutzten Handschuhen betreten werden dürfen.

Beim Umgang mit Gefahrstoffen sind Schutzhandschuhe zu tragen, die die Haut der Hände mindestens dann zuverlässig vor den Gefahrstoffen schützen, wenn die Gefahrstoffe nur kurzfristig und in geringen Mengen auf die Handschuhe einwirken, z. B. bei Spritzern oder wenigen Tropfen. Es ist zu beachten, dass es kein Handschuhmaterial gibt, das sicher gegen alle bekannten Gefahrstoffe schützt. Es besteht also grundsätzlich die Gefahr, dass der Kontakt der Hände mit Gefahrstoffen auch dann zu erheblichen

gesundheitlichen Schäden führen kann, wenn Schutzhandschuhe getragen werden, die für den jeweiligen Gefahrstoff nicht geeignet sind.

Hinweise auf geeignete Handschuhe für den Umgang mit einem Gefahrstoff enthält das Sicherheitsdatenblatt des Herstellers. Weitere Hinweise auf die Beständigkeit von Handschuhen gegen Gefahrstoffe enthalten finden sich im Handschuhmerkblatt („Sicheres Arbeiten in Chemischen Laboratorien“, GDCh et al.), in Übersichten in Katalogen von Laborgeräthändlern oder auf den Internetseiten der Handschuhhersteller.

Schutzhandschuhe sind vor jeder Benutzung auf Beschädigungen zu kontrollieren. Beschädigte Schutzhandschuhe dürfen nicht benutzt werden und sind vom Arbeitgeber zu ersetzen. Schutzhandschuhe können sich mit Gefahrstoffen voll saugen und müssen deshalb regelmäßig ersetzt werden. Bei Einmalhandschuhen wird dringend empfohlen, keine Handschuhe aus Latex zu tragen, da bei Tragen von Handschuhen mit einem Gehalt von mehr als 30 µg Protein/g Handschuhmaterial eine erhebliche Gefahr allergischer Reaktionen besteht und arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen notwendig werden!

Bei Öffnungsversuchen von Gefäßen mit festsitzenden Verschlüssen müssen immer Schutzhandschuhe getragen werden, die sicher vor den zu erwartenden Gefahren schützen (z. B. Schnittverletzungen durch Glasbruch, Verspritzen von Chemikalien). Das können z. B. Einmalhandschuhe mit darübergezogenen festen Lederhandschuhen oder spezielle Schnittschutzhandschuhe aus Kevlar sein.

Leder- und Stoffhandschuhe schützen in aller Regel nicht vor Gefahrstoffen und sind deshalb für das Arbeiten mit Gefahrstoffen völlig ungeeignet, da sie sich mit Gefahrstoffen vollsaugen und die Gefahrstoffe beim Tragen über einen längeren Zeitraum wieder abgeben können.

Lederhandschuhe sind geeignet zum Schutz vor mechanischen Gefahren (z. B. bei der Glasbearbeitung) und für die kurzzeitige Handhabung von Geräten mit Temperaturen von -100 bis +150 °C. Zum Schutz der Handgelenke sollten die Lederhandschuhe mindestens 10 cm lange Lederstulpen besitzen.

Spezielle Hitze- und Kälteschutzhandschuhe sind immer bei Arbeiten mit Geräten mit Temperaturen unter -10 °C oder über +100 °C zu tragen, z. B. beim Umgang mit flüssigem Stickstoff. Es ist aber unbedingt zu beachten, dass niemals – auch nicht mit speziellen Kälteschutzhandschuhen – in flüssigen Stickstoff hineingefasst werden darf, da trotz der Handschuhe schwerste Erfrierungen innerhalb kürzester Zeit drohen.

#### **4.3 Fußschutz**

Zum Schutz der Füße vor Gefahrstoffen ist in Laboratorien festes, geschlossenes und trittsicheres Schuhwerk zu tragen. Darunter ist in der Regel ein geschlossener Straßenschuh oder Laborschuh zu verstehen. Diese bieten neben dem festen Halt am Fuß und einem Schutz gegen das Ausgleiten auch einen Schutz gegen herabtropfende Gefahrstoffe oder herabfallende Laborgeräte.

Beim Transport und der Handhabung von schweren Lasten (z. B. 200 Liter-Fässer) müssen Sicherheitsschuhe mit Stahlkappe getragen werden.

#### **4.4 Schutz des Körpers, Laborkittel**

Bei Tätigkeiten im Labor ist geeignete Arbeitskleidung zu tragen, die den gesamten Körper mit Ausnahme des Kopfes bedeckt. Arbeitskleidung ist in der Regel ein üblicher (langer) Laborkittel mit langen, eng anliegenden Ärmeln mit einem Baumwollanteil im Gewebe von mindestens 35 %. Außerdem ist eine lange Hose oder ein langer Rock ebenfalls mit einem Baumwollanteil im Gewebe von mindestens 35 % zu tragen (z. B. Jeans-Hose aus reiner Baumwolle). Es ist notwendig, dass die unter der Schutzkleidung getragene Kleidung ebenfalls aus nicht schmelzenden Textilien besteht. Textilien aus reinem Synthetikmaterial zeigen in der Regel ein gefährliches Brenn- und Schmelzverhalten. Frauen werden ausdrücklich vor dem Tragen von Nylonstrumpfhosen gewarnt.

Das ausschließliche Tragen von Straßenkleidung ist nicht ausreichend und deshalb unzulässig.

Der Laborkittel gewährleistet, dass Gefahrstoffe so lange vom Kittelstoff aufgehalten werden, dass eine Berührung mit der Haut durch sofortiges Ausziehen des Kittels vermieden oder stark reduziert werden kann. Ferner wird eine Verschleppung von Kontaminationen durch den Verbleib des Kittels im Labor vermieden. Bei Personenbränden kann durch unverzügliches Ablegen des Kittels (Herunterreißen) häufig ein Übergreifen der Flammen auf die Kleidung vermieden werden.

Der Laborkittel sowie Hose bzw. Rock sind stets sauber zu halten, um eine Kontamination z. B. der Hände am verschmutzten Laborkittel zu vermeiden. Sie dürfen keine Löcher aufweisen, durch die eine Kontamination der Unterbekleidung erfolgen könnte. Der Laborkittel muss schnell auszuziehen sein. Es werden deshalb Laborkittel mit Druckknopfverschlüssen empfohlen. Der Laborkittel ist immer geschlossen zu tragen. Das Aufkrepeln der Ärmel ist unzulässig. Laborkittel dürfen nur an den Arbeitsplätzen getragen werden, nicht aber in sauberen Bereichen wie z. B. Büros, Bibliotheken, Seminarräumen, Sozialräumen oder Sozialbereichen, um eine Kontamination dieser Bereiche zu vermeiden. Es wird dringend empfohlen, an Laborkitteln modische Accessoires zu entfernen, die zu Unfällen führen können. Dazu gehören auch Schlaufen im Rücken, mit denen man leicht an Gegenständen (z. B. Türklinken) hängenbleiben kann.

Beim Umgang mit sehr giftigen, giftigen, krebserzeugenden, fruchtschädigenden oder erbgutverändernden Gefahrstoffen ist die Arbeitskleidung als Schutzkleidung zu bewerten. Schutzkleidung ist vom Arbeitgeber zu stellen, zu reinigen, erforderlichenfalls geordnet zu entsorgen und vom Arbeitgeber zu ersetzen. Studierende haben ihre Schutzkleidung selbst zu bezahlen, zu reinigen, ggf. geordnet zu entsorgen und neu zu beschaffen.

Schmuckgegenstände (z. B. Ringe, Armbänder, Halsketten) oder ähnliche Gegenstände dürfen beim Arbeiten nicht getragen werden, wenn sie zu einer Gefährdung führen können.

Laborkittel und Straßenkleidung müssen voneinander getrennt aufbewahrt werden, z. B. in getrennten Schränken.

#### **4.5 Atemschutz**

In Laboratorien sind die Arbeitsverfahren grundsätzlich so zu gestalten, dass der Einsatz von Atemschutz nicht erforderlich ist.

Können Gefahrstoffe in gefährlicher Konzentration auftreten, sind geeignete Atemschutzgeräte bereitzuhalten. Mit dem unerwarteten Auftreten von Gefahrstoffen in gefährlicher Konzentration ist beispielsweise beim Verschütten von Gefahrstoffen zu rechnen. Bei Tätigkeiten mit sehr giftigen Gasen kann es notwendig sein

Fluchtgeräte (beispielsweise Filtergeräte) mitzuführen,  
Fluchtgeräte in der Nähe gefährdeter Stellen in ausreichender Anzahl bereitzustellen oder Atemschutzgeräte zu benutzen.

Besteht die Gefahr des Einatmens von Gefahrstoffen in gesundheitsgefährdenden Konzentrationen, z. B. bei Reparaturarbeiten oder Unfällen, sind geeignete Atemschutzgeräte zu tragen. Kann im Einzelfall auf Atemschutz nicht verzichtet werden, ist nicht nur die Exposition der unmittelbar betroffenen Beschäftigte zu berücksichtigen, sondern auch eine mögliche Exposition anderer Beschäftigte, z. B. an benachbarten Arbeitsplätzen. Das Tragen von Atemschutzgeräten darf keine ständige Maßnahme sein und technische und organisatorische Schutzmaßnahmen nicht ersetzen.

Filtergeräte dürfen nicht bei Bränden in geschlossenen Räumen eingesetzt werden, da hier wahrscheinlich nicht genügend Sauerstoff vorhanden ist! Außerdem schützen sie üblicherweise nicht gegen Kohlenmonoxid.

In Laboratorien werden, wenn überhaupt, fast nur Filtergeräte eingesetzt, die aus einer Atemschutzvollmaske und einem Atemschutzfilter bestehen. Diese „umluftabhängigen Atemschutzgeräte“ schützen nicht bei Überschreiten einer bestimmten, stoffabhängigen Konzentration oder nach dem Verbrauch der Filtermasse. Außerdem schützen sie nicht bei Sauerstoffmangel in der Luft oder gegen Stoffe, für die der Filter nicht vorgesehen ist. Vor dem Aufschrauben der Filter ist die aufgesetzte Maske auf Dichtigkeit zu prüfen. Das Tragen von Atemschutzgeräten darf keine ständige Maßnahme sein! Das Auftreten von

Gefahrstoffen in der Raumluft muss grundsätzlich zunächst durch technische Maßnahmen (z. B. Arbeiten im Abzug, Arbeiten in geschlossenen Apparaturen) verhindert werden.

Beschäftigte, die Atemschutzgeräte regelmäßig benutzen müssen, müssen arbeitsmedizinisch nach dem Grundsatz G 26 „Atemschutzgeräte“ untersucht werden. Ohne die Vorsorgeuntersuchungen dürfen im Routinebetrieb keine Atemschutzgeräte getragen werden. Atemschutzträger müssen vor der ersten Benutzung der Geräte über den richtigen Umgang mit dem Atemschutzgerät eingewiesen werden. Brillenträger sollten vor dem ersten Tragen einer Atemschutzmaske unbedingt überprüfen, ob sie unter der Atemschutzmaske ihre Brille tragen können. Ist das nicht der Fall, müssen spezielle Brillen für die Atemschutzmaske beschafft werden.

Die Atemschutzfilter besitzen schadstoffklassenspezifische Filterwirkungen. Sie sind wie folgt gekennzeichnet (Atemschutzmerkblatt):

Filtertyp	Kennfarbe	Anwendungsbereich
A	braun	organische Gase und Dämpfe, z. B. von Lösungsmitteln mit einem Siedepunkt über 65°C. Benutzte Filter dürfen bis maximal 1/2 Jahr nach Öffnungsdatum verwendet werden.
AX	braun	organische Gase und Dämpfe, z. B. von Lösungsmitteln mit einem Siedepunkt unter 65 °C. Benutzte Filter dürfen nur am Öffnungstag verwendet werden.
B	grau	anorganische Gase und Dämpfe, z. B. Chlor, Schwefelwasserstoff, Cyanwasserstoff
E	gelb	Schwefeldioxid, Chlorwasserstoff
K	grün	Ammoniak
CO	schwarz	Kohlenmonoxid
Hg	rot	Quecksilber-Dämpfe
NO	blau	nitrose Gase einschl. Stickstoffmonoxid
Reaktor	orange	Radioaktives Iod und radioaktives Iodmethan

Bei Flüssigkeiten mit einem Siedepunkt unter 66 °C (z. B. Diethylether, Aceton, Dichlormethan) dürfen nur Filter des Typs „AX“ verwendet werden. Ihre Einsatzzeit ist auf maximal 20 Minuten begrenzt. Es dürfen nur AX-Filter im fabrikneuen, d. h. bisher ungeöffneten Zustand verwendet werden. Innerhalb einer Arbeitsschicht (max. 8 Stunden) ist die wiederholte Benutzung im Rahmen der maximalen Einsatzzeit zulässig. Die Verwendung von AX-Filtern gegen Gemische aus Niedrigsiedern und anderen organischen Lösungsmitteln ist unzulässig, da mit Desorptionsvorgängen am Filter zu rechnen ist.

In Räumen, in denen mit sehr giftigen, giftigen, krebserzeugenden, erbgutverändernden oder fortpflanzungsgefährdenden Gasen (z. B. Schwefelwasserstoff, Phosphorwasserstoff, Phosgen und Fluor) gearbeitet wird und die bei Gasausbrüchen nicht ohne Gefahr des Einatmens der freigesetzten Gase verlassen werden können, müssen Atemschutzgeräte dauernd mitgeführt werden, um den Beschäftigten die Flucht aus dem Gefahrenbereich zu ermöglichen. Das Aufsetzen der Atemschutzmaske und das Anschrauben des Atemschutzfilters müssen sicher beherrscht werden und innerhalb weniger Sekunden erfolgen können. Als Atemschutzmasken können auch spezielle Fluchtmasken zum Einsatz bereitgehalten werden.

Können Gefahrstoffe in gefährlicher Konzentration in der Atemluft unerwartet auftreten, sind geeignete Atemschutzgeräte bereitzuhalten. Mit dem Auftreten von Gefahrstoffen in gefährlicher Konzentration in der Atemluft ist z. B. beim Verschütten von Gefahrstoffen zu rechnen. Atemschutzgeräte sind außerhalb gefährdeter Bereiche aufzubewahren, d. h. in der Regel in Fluren. Sie müssen für die Beschäftigten schnell erreichbar sein. Atemschutzfilter sind stets geschlossen zu lagern. Sie dürfen nicht an die Atemschutzmaske angeschraubt aufbewahrt werden, da sie dann binnen kürzester Zeit ihre Wirksamkeit verlieren. Atemschutzmasken sind nach der Benutzung zu desinfizieren. Bereits geöffnete, aber noch verwendungsfähige Atemfilter können auch von Personen genutzt werden, die diese Filter zuvor noch nicht benutzt haben. Gegen die Nutzung durch verschiedene Personen sprechen keine hygienischen Gründe.

Der Arbeitgeber hat durch geeignete Maßnahmen ein einwandfreies Funktionieren der Atemschutzgeräte und gute hygienische Bedingungen zu gewährleisten. Im Gebrauch befindliche Atemschutzmaske sind regelmäßig zu reinigen, zu desinfizieren und auf ihre Funktionsfähigkeit zu überprüfen. Die War-

tungsintervalle sind dabei in Abhängigkeit von den Arbeitsbedingungen, den Vorgaben aus der Gebrauchsanleitung des Herstellers oder der BG-/GUV-Regel „Benutzung von Atemschutzgeräten“ (BGR 190/GUV R 190) festzulegen. Erfordern die Umstände, dass Atemschutzgeräte von mehreren Geräteträgern nacheinander benutzt werden, hat der Arbeitgeber dafür zu sorgen, dass die Geräte vor jedem Wechsel gereinigt, desinfiziert und geprüft werden.

## 5 Laboratorien

### 5.1 Bau und Ausrüstung

#### 5.1.1 Abzug

Abzüge müssen so beschaffen sein, dass durch ihre Bauweise und Luftführung im Betriebszustand

1. Gase, Dämpfe oder Stäube in gefährlicher Konzentration oder Menge aus dem Abzugsinneren nicht in den Laborraum gelangen können,
2. sich im Abzugsinneren keine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre bilden kann und
3. Beschäftigte gegen verspritzende gefährliche Stoffe oder umherfliegende Glassplitter geschützt sind.

#### Werkstoffe

Abzüge müssen aus Werkstoffen bestehen, die den zu erwartenden mechanischen, chemischen und thermischen Beanspruchungen bei bestimmungsgemäßem Gebrauch standhalten. Abzugsrohre und -kanäle müssen so beschaffen und ausgelegt sein, dass sie nicht zur Brandübertragung beitragen können. Innerhalb der Zuluft- und Abluftkanäle können zusätzlich Brandschutzklappen erforderlich sein. Neben der Brandübertragung ist auch die Korrosionsbeständigkeit zu beachten.

Fenster von Abzügen müssen mit Sicherheitsglas, vorzugsweise Verbund-Sicherheitsglas, oder geeignetem Kunststoff ausgerüstet sein. Bei Explosionen im Abzug werden oft Splitter und Apparateile umhergeschleudert, die ungeeignete Scheiben durchschlagen können. Auch Seitenfenster und -wände dürfen kein Fensterglas enthalten, da dieses leicht bersten und zudem in Form scharfer Splitter zu schweren Verletzungen führen kann.

Es ist zu beachten, dass sich das Rückhaltevermögen von Abzügen bei großen thermischen Lasten in nicht vorhersehbarer Weise verändern kann.

Abgesaugte Umhausungen und abgesaugte Arbeitsplätze sind keine Abzüge, da einige der oben genannten Schutzziele hiermit nicht erreicht werden. Für bestimmte Arbeiten kann die Gefährdungsbeurteilung jedoch ergeben, dass hierdurch ein ausreichendes Schutzniveau erreicht wird.

Es ist zu empfehlen, an volumenstromgeregelten Abzügen einen Schalter vorzusehen, mit dem im Harvariefall bei abgesenktem Frontschieber ein erhöhter Volumenstrom eingestellt werden kann.

#### Druckentlastung

Abzüge müssen mit Einrichtungen ausgerüstet sein, die eine Druckentlastung ermöglichen. Die Druckentlastungseinrichtung darf nicht zu einer Gefährdung von Personen führen. Geeignete Druckentlastungseinrichtungen sind beispielsweise lose eingelegte Platten geringen Gewichtes, die gegen Fortfliegen gesichert sind. Abzüge nach DIN EN 14175-1 bis -4 „Abzüge“ sind in der Regel als geeignet anzusehen, wenn sie eine solche Druckentlastungseinrichtung besitzen.

#### Frontschieber

Vertikal verschiebbare Abzugsfenster, insbesondere Frontschieber, müssen gegen Herunterfallen gesichert sein. Am Frontschieber muss an gut sichtbarer Stelle ein Hinweiszeichen mit der Aufschrift „Frontschieber geschlossen halten“ angebracht sein. Auch bei geschlossenem Frontschieber muss eine ausreichende Luftzufuhr erhalten bleiben. Das Schließen des Frontschiebers darf keine Verletzungsgefahr z. B. durch Quetschen einer Hand mit sich bringen. Bei geschlossenem Frontschieber kann der Volumenstrom bei geregelten Abzügen (variable air volume flow-VAV) geringer sein, damit kann sich durch die geringere Durchspülung die Explosionsgefahr erhöhen. Verletzungsgefahren entstehen beispielsweise durch Quetschstellen.

Der Abzug muss mit Eingriffsöffnungen ausgerüstet und schließbar sein. Horizontal verschiebbare Teile des Frontschiebers oder Eingriffsöffnungen ermöglichen auch bei geschlossenem Frontschieber, dass im Abzug gearbeitet werden kann. Für den Aufbau und die Bedienung hoher Apparaturen werden verschiebbare Teile oder Eingriffsöffnungen auch im oberen Teil der Abzugsfront empfohlen. Vorteilhaft ist eine zusätzliche Sperre bei halber Öffnungshöhe.

Für Frontschieber von Abrauchabzügen nach DIN 12924-2 „Laboreinrichtungen – Abzüge -Teil 2: Abrauchabzüge“ sind Eingriffsöffnungen nicht vorgeschrieben. Dies kann ihre Anwendung für andere Zwecke unter Umständen einschränken.

### **Überwachung der lufttechnischen Funktion**

Die einwandfreie lufttechnische Funktion jedes Abzuges muss durch eine selbsttätig wirkende Einrichtung überwacht sein. Im Fehlerfall muss eine optische und akustische Alarmierung erfolgen. Das optische Signal muss den Abzügen eindeutig zugeordnet und darf nicht abstellbar sein. Es ist zu empfehlen, die optische Anzeige mittels großer, auffälliger Leuchten, vorzugsweise Blinkleuchten, vorzunehmen, damit diese nicht übersehen wird. Eine Meldeleuchte für den Einschaltzustand des Lüftermotors oder den Unterdruck des Abluftsystems reicht nicht aus. Das akustische Signal muss im gesamten Laborraum jederzeit bemerkt werden können. Bei zentral geschalteten Abzügen muss sichergestellt sein, dass der Betriebszyklus den Beschäftigten bekannt ist. Überwachungseinrichtungen dürfen nicht mit einfachen Mitteln manipuliert oder außer Kraft gesetzt werden können.

Bei älteren Abzügen ohne selbsttätig wirkende Überwachungseinrichtung ist die ordnungsgemäße Funktion der Absaugeinrichtungen durch organisatorische Maßnahmen sicher zu stellen. Zusätzlich sind vor den Abluftöffnungen Anzeigeeinrichtungen für die Luftströmung anzubringen und funktionsfähig zu halten. Dies können z. B. Windrädchen, Wollfäden oder Papierstreifen sein. Erfahrungen haben gezeigt, dass es sehr zu empfehlen ist, auch moderne Abzüge mit Windrädchen, Wollfäden oder Papierstreifen nachzurüsten.

### **Entnahmestellen**

In Abzügen fest installierte Entnahmestellen für flüssige oder gasförmige Stoffe müssen von außen betätigt werden. Die Zuordnung der Griffe von Armaturen und Entnahmestellen zu den Medien muss eindeutig erkennbar sein. Die Art des Stoffes, für den die Entnahmestelle verwendet wird, muss eindeutig festgestellt werden können. Es empfiehlt sich, um Verwechslungen zu vermeiden, den Namen des Mediums anzugeben.

#### **5.1.2 Absaugboxen mit Luftrückführung, Sicherheitswerkbank**

Absaugboxen mit Luftrückführung müssen so beschaffen sein und betrieben werden, dass keine Gefährdungen auftreten. Die Absaugboxen besitzen geeignete Filter, die Schadstoffe in der Luft sicher absorbieren. Um das Rückhaltevermögen der Filter sicherzustellen, bedürfen diese einer besonders sorgfältigen Wartung und Sachkenntnis der Benutzer. Da die Aufnahmekapazität der Filter begrenzt ist, dürfen nur so geringe Mengen an Stoffen gehandhabt werden, dass jederzeit eine vollständige Aufnahme möglich ist. An den Filtern adsorbierte Stoffe können bei Beaufschlagung mit einem anderen Stoff in kurzer Zeit desorbiert und freigesetzt werden. Eine regelmäßige Wartung und ein rechtzeitiger Filterwechsel sind unverzichtbar. Zusätzliche Gefährdungen können durch Filterwechsel und Brand im Filter möglich sein.

Absaugboxen sind in der Regel nur für Tätigkeiten mit kleinen Mengen und nicht für Tätigkeiten mit sehr giftigen, krebserzeugenden, erbgutverändernden oder reproduktionstoxischen Stoffen sowie nicht für Tätigkeiten mit Niedrigsiedern (Siedepunkt < 65 °C) geeignet.

Für die Anforderungen an den Betrieb von Sicherheitswerkbänken mit Luftrückführung für Arbeiten mit krebserzeugenden oder erbgutverändernden Zytostatika müssen Sie sich über behördlich und berufsgenossenschaftlich anerkannte Verfahren im Merkblatt M 620 „Sichere Handhabung von Zytostatika“ der Berufsgenossenschaft für Gesundheitsdienst und Wohlfahrtspflege / GUV-Information „Zytostatika im Gesundheitsdienst - Informationen zur sicheren Handhabung von Zytostatika“ (GUV-I 8533) sowie DIN 12980 „Laboreinrichtungen Sicherheitswerkbänke für Zytostatika“ informieren.

#### **5.1.3 Labortisch**

Labortische müssen hinsichtlich Werkstoff und Konstruktion so beschaffen sein, dass sie den vorgesehenen betrieblichen Beanspruchungen standhalten. Insbesondere sollen Arbeitsflächen von Labortischen und Abzügen mit einem flüssigkeitsdichten Belag und mit einem Randwulst versehen sein. Bei gegenüberliegenden Arbeitsflächen ist bis in einer Höhe von mindestens 175 cm ein Spritzschutz erforderlich.

In der Regel werden Tischoberflächen für chemische Anwendungen mit großflächigen Keramikplatten, seltener mit säurefesten Fliesen ausgestattet. Für andere Zwecke ist eine Reihe anderer Oberflächenmaterialien verfügbar.

Die Arbeitshöhen von Labortischen richten sich nach der Art der Tätigkeit (sitzend oder stehend) und betragen zwischen 720 mm (sitzende Tätigkeit) und 900 mm (stehende Tätigkeit). Höhenverstellbare Tische bieten eine verbesserte Ergonomie bei der Anpassung an verschiedene Körpergrößen.

#### **5.1.4 Fußboden**

Fußböden oder deren Beläge sowie hindurchgehende Leitungsdurchführungen müssen wasserdicht sein. Damit wird in der Regel verhindert, dass verschüttete Substanzen vor der Beseitigung unbemerkt versickern. Die beste Beständigkeit gegen herabtropfende verflüssigte tiefkalte Gase sowie gegen Chemikalien haben keramische Fliesenböden. Bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen sind Holz- oder Parkettfußböden in der Regel nicht geeignet. In Einzelfällen sind Laborböden ableitfähig auszuführen.

#### **5.1.5 Bodenablauf, Waschbecken, Abwasserleitungen**

Fußböden oder deren Beläge sowie hindurchgehende Leitungsdurchführungen müssen wasserdicht sein. Laboratorien dürfen keine Bodenabläufe besitzen.

Solange Bodenabläufe nicht geschlossen sind, müssen sie regelmäßig mit Wasser durchgespült werden, um den Geruchsverschluss dicht zu halten. Waschbecken-Syphons sind mit Wasser gefüllt zu halten, um die Abwasserleitungen gegen den im Labor herrschenden Unterdruck zu verschließen. Durch die Füllung wird das Einsaugen von Dämpfen und Gasen aus der Abwasserkanalisation in die Laboratorien verhindert, die gesundheitsschädlich sein können und gefährliche Gefahrstoffgerüche im Labor überdecken können.

Abwasserleitungen in Laboratorien müssen mit Geruchsverschlüssen und leicht zugänglichen Reinigungsöffnungen ausgerüstet sein. Wenn Abwasserleitungen längere Zeit nicht benutzt werden, können die Geruchsverschlüsse austrocknen. Dann wird bedingt durch den Unterdruck im Labor ständig (meist stark riechende und ggf. sogar giftige) Luft aus dem Abwassersystem bzw. aus der Kanalisation in das Labor hineingesaugt. Diese Gerüche können Gerüche mit Warnwirkung aus dem Labor überdecken. Deshalb ist das Austrocknen der Geruchsverschlüsse zu verhindern, indem regelmäßig etwa einmal pro Monat etwa 1 Liter Wasser in die Abwasserleitungen der Labortische oder Gullys im Labor hineinzufüllen ist.

#### **5.1.6 Verkehrsflächen**

Bedien- und Verkehrsflächen müssen ausreichend bemessen sein. Die Mindestbreite an allen Stellen im Labor darf 1,00 Meter nicht unterschreiten. Als Mindestmaß werden für die Breite der Bedienfläche vor dem Arbeitsplatz 45 cm und für die Verkehrsfläche, d. h. die Breite des Verkehrsweges z. B. zwischen einem Labortisch auf der einen und einem Abzug auf der anderen Seite, 55 cm angegeben. Hierbei handelt es sich um Mindestmaße.

Die Verkehrsfläche ist zu verbreitern, wenn z. B.

1. der Raum zwischen zwei Arbeitsflächen bzw. Abzügen nicht nur als Bewegungsraum der dort unmittelbar tätigen Beschäftigte, sondern auch als Verkehrsweg für andere Personen dient,
2. besondere Arbeitsbedingungen vorliegen, z. B. erhöhte Brand- und Explosionsgefahr,
3. die Arbeitsflächen länger als 6 m sind,
4. zwischen den Arbeitsflächen mehr als 4 Personen arbeiten.
5. sie durch Hocker, herausziehbare Schreibplatten, Gerätewagen oder Unterbauten dauerhaft eingengt wird,
6. sich zwei Abzüge gegenüberstehen.

Die Bedienfläche braucht nur einmal vorgesehen zu werden, wenn zwischen zwei gegenüberliegenden Arbeitstischen bestimmungsgemäß nur eine Person arbeitet.

Wartungsgänge, beispielsweise zwischen zwei Reihen von sich mit den Rückseiten gegenüberstehender Gaschromatographen, dürfen auch eine geringere Breite als 1,00 Meter haben. Reine Verkehrswege ohne Bedienflächen müssen mindestens 1,00 Meter breit sein. Innerbetriebliche Transportwege sind möglichst frei von Hindernissen wie z. B. Treppen zu halten.

### 5.1.7 Türen

Türen von Laboratorien müssen in Fluchtrichtung aufschlagen und mit einem Sichtfenster ausgerüstet sein. Das Sichtfenster soll eine ungehinderte Sicht von innen nach außen und umgekehrt ermöglichen und darf deshalb aus Sicherheitsgründen nicht beklebt werden.

Schiebetüren sind für Laboratorien nicht zulässig. Im Einzelfall können manuell betätigte Schiebetüren zu lässig sein, wenn diese sich nicht im Verlauf von Flucht- und Rettungswegen befinden.

Labortüren sind geschlossen zu halten, um das Austreten von Gefahrstoffen aus dem Labor in den Flur zu verhindern.

Die erforderliche Laufbreite vorbeiführender Verkehrswege darf durch geöffnete Türen nicht eingeengt werden. Dies kann beispielsweise durch das Zurücksetzen der Labortür in den Raum erreicht werden.

Brandschutz- und Rauchabschlusstüren dürfen nicht festgestellt werden, da sich im Brandfall der giftige Rauch mit hoher Geschwindigkeit im Gebäude und den Fluchtwegen verteilt. Müssen solche Türen dennoch offen stehen, so darf dieses nur durch eine mittels Rauchmelder überwachte Feststelleinrichtung erfolgen.

### 5.1.8 Lüftung

#### 5.1.8.1 Lüftungsanlagen mit Zu- und Abluft

Laboratorien müssen mit ausreichenden, jederzeit wirksamen technischen Lüftungseinrichtungen ausgerüstet sein. Die Zuluft muss erforderlichenfalls erwärmt und zugfrei zugeführt werden können. Die Abluft darf ganz oder teilweise über die Abzüge geführt werden, wenn dabei die volle Leistung der Abzüge erhalten bleibt. Ein Luftwechsel von 25 m<sup>3</sup>/h pro m<sup>2</sup> Nutzfläche des Labors ist in Forschungslaboratorien als notwendiges Minimum anzusehen. Dieser Luftwechsel entspricht bei 3 Meter lichter Raumhöhe einem etwa achtfachen stündlichen Luftwechsel. Eine Reduktion des Luftwechsels kann nur dann erfolgen, wenn die Gefährdungsbeurteilung ergibt, dass diese Maßnahme für die vorgesehenen Tätigkeiten dauerhaft ausreichend und wirksam ist. In Laboratorien, die mit einem geringeren Luftwechsel als den geforderten 25 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> in der Stunde betrieben werden, sind Tätigkeiten beispielsweise mit brennbaren Flüssigkeiten oder sonstigen leicht flüchtigen, staubenden oder Aerosole bildenden Gefahrstoffen nur in kleinstem Maßstab möglich, wenn nicht andersartige zusätzliche Schutzmaßnahmen ergriffen werden. Solche Nutzungseinschränkungen für Laboratorien sind zu dokumentieren und vom Arbeitgeber jedem Beschäftigten bekannt zu geben. Solche Laboratorien mit während der Arbeitszeit nach unten abweichendem Luftwechsel müssen am Eingang mit „Achtung: Reduzierter Luftwechsel!“ gekennzeichnet werden. Im Einzelfall kann die Gefährdungsbeurteilung auch einen höheren Luftwechsel erfordern. Es muss sichergestellt sein, dass Abluft mit gefährlicher Menge oder Konzentration von Gefahrstoffen nicht wieder in Arbeitsbereiche gelangen kann.

Zur Aufrechterhaltung einer funktionsfähigen Lüftung ist es erforderlich, die Labortüren ständig geschlossen zu halten.

Die Zu- und die Abluft müssen so geführt werden, dass der Laborraum vollständig gespült wird. Die falsche Auslegung oder Installation der Anlage kann zu strömungstechnischen Kurzschlüssen führen, die Bereiche des Laborraumes ungespült lässt. Es ist darauf zu achten, dass die Zuluft zugfrei zugeführt wird. Bewährt haben sich Luftauslassöffnungen mit großer Oberfläche oder Diffusern.

Die regelmäßige Wartung und Reinigung der Lüftungstechnischen Anlage verhindert Hygieneprobleme durch Verkeimung. Wartung und Reinigung sind Aufgabe des Geschäftsbereichs 3 (Gebäudemanagement).

Zur Emissionsminderung an der Quelle werden örtliche Absaugungen empfohlen. Örtliche Absaugungen können verhindern, dass Emissionen in die Laborluft gelangen. Diese funktionieren jedoch nur in unmittelbarer Nähe der Eintrittsstelle der Luft. Unter „unmittelbare Nähe“ ist ein Bereich von etwa 5 cm um die Absaugöffnung zu verstehen. Solche örtlichen Absaugungen sind kein Ersatz für Abzüge, können jedoch unter bestimmten Bedingungen sinnvoll eingesetzt werden. Absaugöffnungen, beispielsweise über Atomabsorptionsspektrometern, müssen daher sehr genau dimensioniert und ausgerichtet werden, um eine möglichst vollständige Erfassung des durch die Thermik gerichteten Abgasstromes zu erreichen. Querströmungen im Raum müssen hier vermieden werden.

#### 5.1.8.2 Lüftungsanlagen mit Umluft

Umluftabsaugungen mit Filter müssen so beschaffen sein, dass durch ihre Bauweise und Luftführung im Betriebszustand

Gase, Dämpfe oder Stäube in gefährlicher Konzentration oder Menge nicht wieder in Arbeitsbereiche zurück gelangen können,

sich im Inneren keine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre bilden kann und

Beschäftigte durch den geschlossenen Frontschieber oder die geschlossene Klappe gegen verspritzende gefährliche Stoffe oder umherfliegende Glassplitter geschützt sind.

Umluft ist zur Raumlüftung nur zulässig, wenn keine gefährliche Konzentration von Gefahrstoffen auftreten kann. In Arbeitsbereiche, in denen Tätigkeiten mit krebserzeugenden, erbgutverändernden oder fruchtbarkeitsgefährdenden Stoffen der Kategorie 1 oder 2 durchgeführt werden, darf abgesaugte Luft nur zurückgeführt werden, wenn sie unter Anwendung behördlicher oder berufsgenossenschaftlich anerkannter Verfahren oder Geräte ausreichend von solchen Stoffen gereinigt ist. Die Luft muss außerdem so geführt oder gereinigt werden, dass krebserzeugende, erbgutverändernde oder fruchtbarkeitsgefährdende Stoffe nicht in die Atemluft anderer Beschäftigter gelangen.

### 5.1.9 Zuführungsleitungen und Absperrarmaturen

#### 5.1.9.1 Zuführungsleitungen

Für die ständige Zuführung flüssiger und gasförmiger Stoffe zu den Labortischen und Abzügen müssen fest verlegte, auf Dichtheit geprüfte Leitungen vorhanden sein. Fest verlegte Zuführungsleitungen müssen eindeutig und dauerhaft nach DIN 2403 „Kennzeichnung von Rohrleitungen nach dem Durchflussstoff“ gekennzeichnet sein, um die enthaltenen Gefahrstoffe sowie die davon ausgehenden Gefahren eindeutig identifizieren zu können. Diese Leitungen müssen auf Dauer technisch dicht sein. Eine Ausrichtung muss an den Korrosions- und Schwingungsanforderungen erfolgen.

Farben für die Kennzeichnung von Zuführungsleitungen sind:

grün	Wasser
rot	Wasserdampf
grau	Luft
gelb oder gelb mit Zusatzfarbe rot	brennbare Gase
schwarz oder gelb mit Zusatzfarbe schwarz	nicht brennbare Gase
orange	Säuren
violett	Laugen
blau	Sauerstoff
braun oder braun mit Zusatzfarbe rot	brennbare Flüssigkeiten
schwarz oder braun mit Zusatzfarbe schwarz	nicht brennbare Flüssigkeiten

#### 5.1.9.2 Absperrarmaturen

Jede Gasleitung, die zu einer oder mehreren nebeneinander liegenden Entnahmestellen führt, muss gesondert absperrbar sein („Tischabspernung“). Zusätzlich muss ein Hauptabsperrentil für das Laboratorium vorhanden sein. Dieses Ventil wird in der Regel über einen Not-Aus-Taster geschaltet. Die Absperrarmaturen müssen leicht erreichbar, eindeutig gekennzeichnet und jederzeit zugänglich sein.

Als Entnahmestelle für brennbare Gase sind nur Armaturen zulässig, die gegen unbeabsichtigtes Öffnen gesichert sind. Stellteile von Laborarmaturen müssen nach dem Durchflussstoff gekennzeichnet sein.

Als Entnahmestelle für Brenngase sind nur Armaturen zulässig, die gegen unbeabsichtigtes Öffnen gesichert sind, also zum Öffnen beispielsweise erst hinuntergedrückt werden müssen.

Es wird empfohlen, für alle Medien die Hauptabsperreinrichtungen über NOT-AUS-Schalter schließen zu können. Bei großen Laboratorien kann es erforderlich sein, diese Notabspernung von mehreren Stellen aus betätigen zu können. Zwischenabspernungen sind, sofern sie verwechselt werden können, beispielsweise durch einen Farbanstrich oder durch Beschriftung zu kennzeichnen.

Für die Charakterisierung des Mediums ist die Stirnfläche des Stellteiles bei modernen Armaturen in drei Zonen unterteilt. Die Farbe der äußersten Zone des Stellteiles, häufig die Farbe des gesamten Stellteiles ohne die Stirnflächen, bestimmt im Wesentlichen die Art des Mediums:

Farbkennzeichnung (äußere Zone der Stellteile) von Laborarmaturen und Medium	
grün	Wasser
gelb	brennbare gasförmige Kohlenwasserstoffe
rot	sonstige brennbare Gase
blau	unbrennbare (auch verbrennungsfördernde) Gase
schwarz	giftige Gase
grau	Vakuum
weiß	sonstige Medien

Auf den Stirnflächen können bei modernen Armaturen zwei zusätzliche Farben oder ein Kurzzeichen (Abkürzung oder Summenformel) das Medium präzisieren, beispielsweise eine Farbcodierung „Gelb-Weiß-Grün“ mit der Formel  $C_2H_2$  oder „Schwarz-Röt-Gelb“ mit der Formel  $H_2S$ .

Achtung: Die Kennfarben der Laborarmaturen sind zum Teil verschieden zu denen der Rohrleitungen und denen der Druckgasflaschen! Es gibt hier keine einheitliche Kennzeichnung!

#### 5.1.10 Stauräume für Gefahrstoffabfälle

Gefahrstoffabfälle sind unter einem Abzug in die entsprechenden Sammelbehälter zu füllen. Die Sammelbehälter – sowohl ganz gefüllte als auch nur teilweise gefüllte - sind grundsätzlich in abgesaugten Schränken, möglichst Sicherheitsschränken, aufzubewahren.

Behälter mit flüssigen Gefahrstoffabfällen müssen unterhalb der Sammelbehälter oder auf dem Schrankboden eine ausreichend dimensionierte Auffangwanne besitzen. Es ist zu empfehlen, eine Erdungsmöglichkeit für die Ableitung elektrostatischer Aufladungen während des Befüllvorganges vorzusehen.

Die Behälter sind nach dem Befüllen zu verschließen, sie dürfen nicht mit aufgesetzem Trichter abgestellt werden. Da nicht auszuschließen ist, dass sich nach dem Befüllen ein Überdruck im Sammelbehälter aufbaut, sollen die Verschlüsse nur so fest aufgeschraubt werden, dass ein Überdruck entweichen kann.

## 5.2 Ergonomie

### 5.2.1 Allgemeine Anforderungen

Bei der Planung oder Beschaffung ist die ergonomische Gestaltung von Arbeitsplätzen, Arbeitsabläufen oder Geräten zu berücksichtigen.

Monotone Tätigkeiten sind nach Möglichkeit zu vermeiden. Monotone Tätigkeiten können Konzentrationsschwächen und Ermüdungserscheinungen verursachen, die zu Gefährdungen bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen führen.

### **5.2.2 Stühle**

Bei lang anhaltenden Tätigkeiten im Sitzen haben sich ergonomisch geformte Stühle, unter Umständen mit Fußstützen, bewährt. Für längere stehende Tätigkeiten sind Stehhilfen zu empfehlen. Für Laboratorien sind Stühle notwendig, die eine glatte und leicht zu reinigende Oberfläche haben. Stoffe sind in der Regel ungeeignet, da Gefahrstoffkontaminationen in der Regel nicht aus dem Stoff entfernt werden können.

### **5.2.3 Lärmschutz**

Vor der Beschaffung neuer Arbeitsmittel hat sich der Arbeitgeber über die zu erwartende Geräuschemission des Arbeitsmittels zu informieren. Werden Geräte betrieben, die einen Schallpegel von mehr als 80 dB(A) erzeugen, sind Lärmschutzmaßnahmen erforderlich wie z. B. das Tragen von Gehörschutz durch die Beschäftigten.

### **5.2.4 Beleuchtung**

Die Beleuchtung von Laborarbeitsplätzen muss so bemessen sein, dass ein sicheres Arbeiten und ein rechtzeitiges Erkennen von Gefahren jederzeit möglich sind. Als Mindestbeleuchtungsstärke im Labor sind 300 lux, für die Arbeitsplätze 500 lux vorzusehen. In jedem Fall ist auf eine gleichmäßige, schlagschattenfreie Beleuchtung zu achten. Sind Bildschirmarbeiten auszuführen, so muss die Beleuchtung den Anforderungen der Bildschirmarbeitsverordnung, insbesondere bezüglich Blend- und Reflexfreiheit, genügen. Es empfiehlt sich, Arbeitstische je nach Art der Arbeiten mit mehr als 500 lux zu beleuchten. Abhängig von der Größe und der Gefährdung kann in Laboratorien eine Fluchtweg- oder auch eine Sicherheitsbeleuchtung erforderlich sein.

### **5.2.5 Raumklima**

In Laboratorien müssen größere Wärmeströme von Geräten möglichst an der Freisetzungsstelle erfasst und abgeführt werden, wenn diese zu einer Gefährdung durch die Erhöhung der Raumtemperatur führen können. Eine Gefährdung kann durch die steigenden Dampfdrücke und damit eine ansteigende Freisetzung von Gefahrstoffen bei höheren Raumtemperaturen verursacht werden.

### **5.2.6 Arbeitsplätze mit Bildschirmen**

Bildschirmarbeitsplätze sind bezüglich des Arbeitsplatzes und der Software ergonomisch zu gestalten. Auch bei Computerbildschirmen als Bestandteil von Gerätesystemen sind ergonomische Prinzipien in angemessener Weise zu berücksichtigen. Computer sind in das Labor als Bestandteile von Gerätesystemen integriert oder an Schreibplätzen im Labor vorhanden. Als Bestandteile von Gerätesystemen stellen sie keine Bildschirmarbeitsplätze dar, dennoch sollten auch hier ergonomische Prinzipien in angemessener Weise berücksichtigt werden.

Bei der Gefährdungsbeurteilung ist zu beachten, dass an solchen Arbeitsplätzen tätige Personen durch benachbarte Tätigkeiten gefährdet werden können, beispielsweise durch Spritzer oder Splitter. Solche Gefährdungen können beispielsweise durch den Einbau durchsichtiger Zwischenwände als Splitter- und Spritzschutz vermieden werden.

### **5.2.7 Einseitig belastende lang andauernde Tätigkeiten**

Einseitig belastende lang andauernde Tätigkeiten, wie das Pipettieren mit mechanischen Pipetten, können zu Gesundheitsschäden wie Sehnenscheidenentzündungen führen. Bei Pipetten verhindert eine möglichst den Bewegungsmustern der Finger angepasste und leichtgängige Betätigung, dass bei häufiger Benutzung Beschwerden auftreten. Für häufige Pipettiervorgänge können auch motorgetriebene Pipetten eingesetzt werden.

## **5.3 Schutzausrüstung im Labor**

### 5.3.1 Notdusche und Augennotdusche

Im Laboratorium muss eine mit Trinkwasser gespeiste Notdusche installiert sein. Sie soll alle Körperzonen sofort mit ausreichenden Wassermengen überfluten können. Dazu sind mindestens 30 Liter/min erforderlich. An Notduschen muss das Ventil leicht erreichbar und verwechslungssicher angebracht sein. Die Öffnungsrichtung muss eindeutig erkennbar sein. Das Ventil darf, einmal geöffnet, nicht selbsttätig schließen. Ketten zum Öffnen des Ventils sind nicht zulässig. An den Betätigungshebel dürfen keine Kittel oder ähnliches angehängt werden.

Im Laboratorium muss möglichst im Bereich der Notdusche oder eines Waschbeckens eine mit Trinkwasser gespeiste Augennotdusche installiert sein. Sie soll beide Augen mit ausreichenden Wassermengen spülen können. Das Stellteil des Ventils muss leicht erreichbar, verwechslungssicher angebracht und leicht zu betätigen sein. Das Ventil darf, einmal geöffnet, nicht selbsttätig schließen. Als Augennotduschen sind auch bewegliche Augennotduschen mit am Griff angebrachten selbsttätig schließenden Ventilen zulässig. Der Wasserstrahl muss eine Höhe von wenigstens 15 cm und nicht mehr als 20 cm oberhalb der Wasseraustritte erreichen. Das Spülen der Augen muss mit weit bespreizten Lidern erfolgen, um alle Chemikalienreste zu erfassen. Das Spülen muss lang durchgeführt werden, Richtwert sind mindestens 10 Minuten, eine ärztliche Kontrolle des Auges ist unverzüglich durchzuführen.

Der Standort von Notduschen und Augennotduschen muss durch das Hinweissymbol „Notdusche“ bzw. „Augenspüleinrichtung“ gekennzeichnet sein. Die Zugänge sind ständig freizuhalten. Es kann dazu hilfreich sein, den Boden unter der Notdusche durch eine auffällige Markierung (schwarz-gelb-schraffierte Fläche) gegen Zustellen zu sperren.

Von jedem Ort des Labors sollte eine Notdusche oder eine Augennotdusche innerhalb von höchstens 5 Sekunden erreichbar sein – auch von kleinen Personen. Eine Temperierung des Wassers auf Temperaturen oberhalb der Raumtemperatur ist wegen der Gefahr der Verkeimung nicht geeignet. Bei der Installation ist darauf zu achten, dass Wasser nach Möglichkeit nicht längere Zeit in den Zuführungsleitungen stagniert und nicht durch Wärmeeinwirkung von außen über Raumtemperatur gebracht wird.

Notdusche und Augennotdusche sind einmal monatlich zu kontrollieren, häufigere Betätigungen der Augennotdusche werden empfohlen. Die Kontrolle ist durch Unterschrift zu protokollieren. Bei Störungen ist der Geschäftsbereich 3 „Gebäudemanagement“ unter der Telefonnummer „11“ zu benachrichtigen.

### 5.3.2 Augenspülflasche

Grundsätzlich muss in jedem Labor eine Augennotdusche installiert sein. Augenspülflaschen dürfen in Laboratorien, in denen eine Augennotdusche installiert ist, wegen der Verkeimungsgefahr des Spülwassers nicht bereitgestellt werden. Nur in Laboratorien, in denen keine Augennotdusche und kein Wasserhahn mit Trinkwasseranschluss vorhanden sind, muss mindestens eine Augenspülflasche mit steriler Spülflüssigkeit bereitgehalten werden.

### 5.3.3 Feuerlöscher

Die regelmäßige Kontrolle der vorhandenen Feuerlöscher ist Aufgabe der Stabsstelle für Arbeitssicherheit und Gesundheitsvorsorge. Benutzte Feuerlöscher sind umgehend der Stabsstelle für Arbeitssicherheit und Gesundheitsvorsorge zu melden, damit sie wieder in gebrauchsfähigen Zustand versetzt werden.

Nach dem Einsatz von Kohlensäure-Feuerlöschern muss wegen der Erstickungsgefahr der Brandraum sofort verlassen werden. In Laboratorien, in denen ein Umgang mit Alkalimetallen stattfindet, muss Löschsand in mindestens einer Löschsandschütte oder ein Feuerlöscher vorhanden sein, der für die Brandklassen ABCD zugelassen ist.

Brennende Personen sind mit dem am schnellsten erreichbaren Löschmittel abzulöschen. Das können Notduschen, Feuerlöscher, Löschdecken, Kittel oder ähnliches sein. Feuerlöscher dürfen wegen des hohen Löschmitteldruckes aber nicht aus unmittelbarer Nähe eingesetzt werden, es ist ein Sicherheitsabstand von ca. 2 Metern einzuhalten.

#### **5.3.4 Feuerlöschdecke**

Feuerlöschdecken müssen frei zugänglich sein. Sie sind in einsatzfähigem Zustand in den vorgesehenen Behältern aufzubewahren. Die Benutzung einer Löschdecke sollte mindestens einmal jährlich geübt werden.

#### **5.3.5 Erste-Hilfe-Kasten**

Der Erste-Hilfe-Kasten ist mindestens einmal jährlich auf Vollständigkeit zu kontrollieren. Die Kontrolle ist zu protokollieren. Alle kleineren Verletzungen, bei denen kein Arztbesuch erfolgt ist, müssen im Verbandsbuch eingetragen werden. Bei Verletzungen mit anschließendem Arztbesuch muss eine Unfallanzeige ausgefüllt werden. Informationen erhalten Sie bei Bedarf bei der Stabsstelle für Arbeitssicherheit und Gesundheitsvorsorge. Der Erste-Hilfe-Kasten ist vor Gefahrstoffen geschützt so aufzuhängen, dass er jederzeit ohne Schlüssel erreichbar ist, z. B. im Flur oder Sozialraum.

#### **5.3.6 Atemschutzmaske und Filter**

Atemschutzmasken sind außerhalb gefährdeter Bereiche aufzubewahren, z. B. im Flur. Sie müssen für die Beschäftigten schnell und ohne Schlüssel erreichbar sein. Atemschutzmasken und Atemschutzfilter sind einmal jährlich zu überprüfen. Die Kontrolle ist zu protokollieren. Atemschutzfilter sind nach Ablauf der zulässigen Lagerzeit in den Restmüll zu geben.

#### **5.3.7 Adsorbentien**

Es müssen in den Laboratorien Adsorbentien von solcher Art und in so großer Menge bereitgehalten werden, dass bei Bruch des größten im Labor aufbewahrten Gefahrstoffgebundes der ausgeflossene Gefahrstoff gebunden werden kann. Adsorbentien können für mehrere Laboratorien gemeinsam an einer genau festgelegten Stelle (z. B. dem Flur) aufbewahrt werden, wenn der Zugriff rasch und ohne Schwierigkeiten möglich ist.

Es ist zu beachten, dass für oxidierende Stoffe (z. B. Salpetersäure, Brom) spezielle Chemikalienbinder bereitgehalten werden, die nicht mit diesen Stoffen reagieren können. Für bestimmte Stoffe wie Quecksilber gibt es im Chemikalienhandel sehr wirksame Bindemittel.

## **6 Ordnung und Sauberkeit, Nahrungsaufnahme, Rauchen, Hygiene**

Die Bestimmungen dieses Kapitels dienen dem Schutz aller Beschäftigten vor der Aufnahme von Gefahrstoffen in den Körper. Grundsätzlich kann ein Laboratorium nicht in einen gefährdeten und einen nicht gefährdeten Bereich (z. B. Fenstertischreihen) unterteilt werden. Alle Bestimmungen gelten deshalb für das gesamte Laboratorium.

### **6.1 Ordnung und Sauberkeit**

Aufgeräumte Labortische, Abzüge, Schränke und Regale tragen wesentlich zum sicheren Arbeiten bei. Gefahrstoffe müssen übersichtlich geordnet aufbewahrt werden. Der Arbeitgeber hat dafür zu sorgen, dass die Beschäftigten in Laboratorien Ordnung halten. Dafür sind durch den Arbeitgeber ausreichend arbeitsplatznahe Aufbewahrungs- und Abstellmöglichkeiten vorzusehen.

Für Ordnung und Sauberkeit hat im Labor jeder selbst zu sorgen! Das Reinigungspersonal reinigt nur Fußböden! Die Fußböden dürfen nicht mit Gefahrstoffen kontaminiert sein. Arbeitsplätze (Labortische, Abzüge usw.) sind von Kontaminationen frei zu halten und regelmäßig zu reinigen. Verstreute, ausgelaufene oder verspritzte Gefahrstoffe stellen eine Gefährdung durch unabsichtlichen Kontakt und versehentliche Aufnahme dar. Auf Pfützen von Wasser oder Ölresten besteht zudem Rutschgefahr. Beim Tragen von Handschuhen ist darauf zu achten, dass mit diesen nicht Kontaminationen im Labor versehentlich verteilt werden, beispielsweise auf Frontschiebern, Telefonhörern, Tastaturen, Türklinken, Armaturen und Schreibgeräten.

### **6.2 Nahrungsaufnahme, Rauchen**

Im Labor sind Essen, Trinken oder Rauchen verboten. Nahrungsmittel dürfen nicht in das Labor hineingebracht werden. Für die Beschäftigten ist ein Sozialraum oder -bereich (z. B. auf Flurnischen) zur Verfügung zu stellen, in dem sie gefahrlos essen und trinken sowie Lebens- und Genussmittel aufbewahren können. Steht im Institut nur ein Sozialraum zur Verfügung, so kann er von allen Beschäftigten der verschiedenen Arbeitsgruppen genutzt werden. In Sozialräumen und -bereichen darf nicht geraucht werden. Nahrungs- und Genussmittel dürfen nicht zusammen mit Gefahrstoffen aufbewahrt werden. Gefahrstoffe dürfen nicht in Gefäße gefüllt werden, die üblicherweise für zur Aufnahme von Speisen oder Getränken bestimmt sind. Speisen und Getränke dürfen nicht zusammen mit Chemikalien aufbewahrt werden. Lebensmittel dürfen nicht in Laborgefäßen zubereitet oder aufbewahrt werden. Das Aufwärmen oder Kochen von Speisen und Getränken ist nur mit dafür vorgesehenen Geräten zulässig. Zum Kühlen von Lebensmitteln dürfen nur dafür bestimmte und mit der Aufschrift „Nur für Lebensmittel“ gekennzeichnete Kühlschränke benutzt werden, die außerhalb der Laboratorien aufgestellt sein müssen. Gefahrstoffe dürfen in diesen Kühlschränken nicht aufbewahrt werden.

### **6.3 Alkohol und Drogen**

Beschäftigte dürfen sich durch Alkoholgenuss oder die Einnahme von Drogen bzw. Medikamenten nicht in einen Zustand versetzen, durch den sie sich selbst oder andere gefährden. Beschäftigte, die infolge der Einnahme von Alkohol, Drogen oder Medikamenten nicht mehr in der Lage sind, ihre Arbeit ohne Gefahr für sich oder andere auszuführen, dürfen mit dieser Arbeit nicht beschäftigt werden und keine Laboratorien betreten.

### **6.4 Hygiene und Hautschutz**

Jeder Hautkontakt mit Gefahrstoffen ist zu vermeiden. Es wird empfohlen, sich regelmäßig die Hände und das Gesicht mit Seife zu waschen. Die Hände müssen nach dem Kontakt mit sehr giftigen, giftigen, reizenden, ätzenden, krebserzeugenden, sensibilisierenden, erbgutschädigenden und fortpflanzungsgefährdenden Stoffen sowie vor dem Verlassen des Laboratoriums gewaschen werden. Gefahren für die Hände können aber auch bei Reinigungsarbeiten bestehen. Haut und Hände dürfen nicht mit organischen Lösemitteln gereinigt werden. Abrasive Hautreinigungsmittel (zum Beispiel „Rubbelcremes“) sollen nur verwendet werden, wenn dies der Verschmutzungsgrad unbedingt erfordert. Geeignete Waschlotionen sowie Hautschutzprodukte sind bereitzustellen. Besonders bei häufigem Händewaschen oder längerfristigem Tragen von Handschuhen kann auf Dauer eine Schädigung der Haut eintreten, die durch entsprechende Hautschutz und -pflegemaßnahmen vermieden werden kann. Es wird dringend empfohlen, die Hände regelmäßig mit Hautschutz- und Hautpflegecremes zu schützen und zu pflegen.

Produkte für die Reinigung der Haut, zur Hautpflege und für den Hautschutz dürfen auch im Labor angewandt werden.

Es wird empfohlen, in jedem Labor ein Waschbecken nur für das Waschen von Händen und Gesicht zu nutzen. Papierhandtuchspender sind direkt neben dem Waschbecken aufzuhängen.

Der Arbeitgeber hat Hautschutzpläne aufzustellen. Die Beschäftigten haben diese zu befolgen.

Beschäftigten, die beim Umgang mit sehr giftigen, giftigen, krebserzeugenden, fortpflanzungsgefährdenden oder erbgutverändernden Gefahrstoffen beschäftigt werden, sind Waschräume zur Verfügung zu stellen. Wenn es aus gesundheitlichen Gründen erforderlich ist, sind getrennte Umkleieräume für Straßen- bzw. Arbeitskleidung zur Verfügung zu stellen, die durch einen Waschraum mit Duschen voneinander getrennt sind. Dieses ist jedoch an der TU erfahrungsgemäß nicht notwendig.

Büroräume dürfen nicht mit Laborkitteln oder Laborhandschuhen betreten werden, um eine Kontamination dieser sauberen Bereiche mit Gefahrstoffen zu vermeiden. Büroräume sind alle Räume, die keine Laboratorien sind, insbesondere Sozialräume/Sozialbereiche, in denen gegessen und getrunken wird, Hörsäle, Seminarräume und Bibliotheken.

## 7 Tätigkeiten mit Gefahrstoffen

### 7.1 Allgemeine Schutzmaßnahmen

Maßnahmen zur Abwehr unmittelbarer Gefahren sind unverzüglich zu treffen.

Der Arbeitgeber hat bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen die folgenden Schutzmaßnahmen zu ergreifen:

1. geeignete Gestaltung des Arbeitsplatzes und geeignete Arbeitsorganisation,
2. Bereitstellung geeigneter Arbeitsmittel für Tätigkeiten mit Gefahrstoffen und geeignete Wartungsverfahren zur Gewährleistung der Gesundheit und Sicherheit der Beschäftigten bei der Arbeit,
3. Begrenzung der Anzahl der Beschäftigten, die Gefahrstoffen ausgesetzt sind oder ausgesetzt sein können,
4. Begrenzung der Dauer und der Höhe der Exposition,
5. angemessene Hygienemaßnahmen, insbesondere zur Vermeidung von Kontaminationen, und die regelmäßige Reinigung des Arbeitsplatzes,
6. Begrenzung der am Arbeitsplatz vorhandenen Gefahrstoffe auf die Menge, die für den Fortgang der Tätigkeiten erforderlich ist,
7. geeignete Arbeitsmethoden und Verfahren, welche die Gesundheit und Sicherheit der Beschäftigten nicht beeinträchtigen oder die Gefährdung so gering wie möglich halten, einschließlich Vorkehrungen für die sichere Handhabung, Lagerung und Beförderung von Gefahrstoffen und von Abfällen, die Gefahrstoffe enthalten, am Arbeitsplatz.

### 7.2 Gefahrstoffe

Gefahrstoffe werden unterschieden in Stoffe, Zubereitungen und Erzeugnisse:

1. Stoffe sind chemische Elemente oder chemische Verbindungen, wie sie natürlich vorkommen oder hergestellt werden, einschließlich der zur Wahrung der Stabilität notwendigen Hilfsstoffe und der durch das Herstellungsverfahren bedingten Verunreinigungen, mit Ausnahme von Lösungsmitteln, die von dem Stoff ohne Beeinträchtigung seiner Stabilität und ohne Änderung seiner Zusammensetzung abgetrennt werden können.
2. Zubereitungen sind aus zwei oder mehreren Stoffen bestehende Gemenge, Gemische oder Lösungen.
3. Erzeugnisse sind Stoffe oder Zubereitungen, die bei der Herstellung eine spezifische Gestalt, Oberfläche oder Form erhalten haben, die deren Funktion mehr bestimmen als ihre chemische Zusammensetzung als solche oder in zusammengefügter Form. Erzeugnisse im o. g. Sinne sind z. B. cadmierte Schrauben oder Schweißelektroden.

Gefahrstoffe sind:

- 1.) gefährliche Stoffe und Zubereitungen, die eine oder mehrere folgender Eigenschaften besitzen:

Feuergefährlichkeit:	explosionsgefährlich brandfördernd hochentzündlich leichtentzündlich entzündlich	
Giftwirkung:	sehr giftig giftig gesundheitsschädlich sensibilisierend krebserzeugend fortpflanzungsgefährdend erbgutverändernd chronisch schädigend	(= cancerogen) (=reproduktionstoxisch) (= mutagen)
Ätzwirkung:	ätzend reizen	
Gefahr für die Umwelt:	umweltgefährlich	

Stoffe und Zubereitungen sind

- explosionsgefährlich, wenn sie in festem, flüssigem, pastenförmigen oder gelatinösem Zustand auch ohne Beteiligung von Luftsauerstoff exotherm und unter schneller Entwicklung von Gasen reagieren können und unter festgelegten Prüfbedingungen detonieren, schnell deflagrieren oder beim Erhitzen unter teilweisem Einschluss explodieren,
- brandfördernd, wenn sie in der Regel selbst nicht brennbar sind, aber bei Kontakt mit brennbaren Stoffen oder Zubereitungen, überwiegend durch Sauerstoffabgabe, die Brandgefahr und die Heftigkeit eines Brandes beträchtlich erhöhen,
- hochentzündlich, wenn sie
  - in flüssigem Zustand einen extrem niedrigen Flammpunkt und einen niedrigen Siedepunkt haben,
  - als Gase bei gewöhnlicher Temperatur und Normaldruck in Mischung mit Luft einen Explosionsbereich haben,
- leichtentzündlich, wenn sie
  - sich bei gewöhnlicher Temperatur an der Luft ohne Energiezufuhr erhitzen und schließlich entzünden können (z. B. weißer Phosphor),
  - in festem Zustand durch kurzzeitige Einwirkung einer Zündquelle leicht entzündet werden können und nach deren Entfernen in gefährlicher Weise weiterbrennen oder weiterglimmen,
  - in flüssigem Zustand einen sehr niedrigen Flammpunkt haben (viele laborübliche Lösungsmittel wie z. B. Aceton, Ethanol, Toluol, Essigsäureethylester, Diethylether),
  - bei Kontakt mit Wasser oder mit feuchter Luft hochentzündliche Gase in gefährlicher Menge entwickeln (z. B. Natrium, Kalium),
- entzündlich, wenn sie in flüssigem Zustand einen niedrigen Flammpunkt haben,
- sehr giftig, wenn sie in sehr geringer Menge bei Einatmen, Verschlucken oder Aufnahme über die Haut zum Tode führen oder akute oder chronische Gesundheitsschäden verursachen können,
- giftig, wenn sie in geringer Menge bei Einatmen, Verschlucken oder Aufnahme über die Haut zum Tode führen oder akute oder chronische Gesundheitsschäden verursachen können,
- gesundheitsschädlich, wenn sie bei Einatmen, Verschlucken oder Aufnahme über die Haut zum Tode führen oder akute oder chronische Gesundheitsschäden verursachen können,
- ätzend, wenn sie lebende Gewebe bei Kontakt zerstören können,
- reizend, wenn sie ohne ätzend zu sein bei kurzzeitigem, länger andauerndem oder wiederholtem Kontakt mit der Haut oder Schleimhaut eine Entzündung hervorrufen können,
- sensibilisierend, wenn sie bei Einatmen oder Aufnahme über die Haut Überempfindlichkeitsreaktionen hervorrufen können, so dass bei künftiger Exposition gegenüber dem Stoff oder der Zubereitung charakteristische Störungen auftreten,
- krebserzeugend (kanzerogen), wenn sie bei Einatmen, Verschlucken oder Aufnahme über die Haut Krebs hervorrufen oder die Krebshäufigkeit erhöhen können,
- fortpflanzungsgefährdend (reproduktionstoxisch), wenn sie bei Einatmen, Verschlucken oder Aufnahme über die Haut
  - nicht vererbare Schäden der Nachkommenschaft hervorrufen oder die Häufigkeit solcher Schäden erhöhen (fruchtschädigend) oder
  - eine Beeinträchtigung der männlichen oder weiblichen Fortpflanzungsfunktionen oder der Fortpflanzungsfähigkeit zur Folge haben können (Fruchtbarkeitsgefährdend),
- erbgutverändernd (mutagen), wenn sie bei Einatmen, Verschlucken oder Aufnahme über die Haut vererbare genetische Schäden zur Folge haben oder deren Häufigkeit erhöhen können,
- umweltgefährlich, wenn sie selbst oder ihre Umwandlungsprodukte geeignet sind, die Beschaffenheit des Naturhaushalts, von Wasser, Boden oder Luft, Klima, Tieren, Pflanzen oder Mikroorganismen derart zu verändern, dass dadurch sofort oder später Gefahren für die Umwelt herbeigeführt werden können.

## 2.) Stoffe und Zubereitungen, die explosionsfähig sind.

Sie sind explosionsfähig, wenn sie mit oder ohne Luft durch Zündquellen wie äußere thermische Einwirkungen, mechanische Beanspruchungen oder Detonationsstöße zu einer chemischen Umsetzung gebracht werden können, bei der hochgespannte Gase in so kurzer Zeit entstehen, dass ein sprunghafter Temperatur- und Druckanstieg hervorgerufen wird, oder wenn im Gemisch mit Luft nach Wirksamwerden einer Zündquelle eine sich selbsttätig fortpflanzende Flammenausbreitung stattfindet, die im Allgemeinen mit einem sprunghaften Temperatur- und Druckanstieg verbunden ist. Explosionsfähig können z. B. Stäube sein.

Ein explosionsfähiges Gemisch ist ein Gemisch aus brennbaren Gasen, Dämpfen, Nebeln oder Stäuben, in dem sich der Verbrennungsvorgang nach erfolgter Zündung auf das gesamte unverbrannte Gemisch überträgt. Ein gefährliches explosionsfähiges Gemisch ist ein explosionsfähiges Gemisch, das in solcher Menge auftritt, dass besondere Schutzmaßnahmen für die Aufrechterhaltung der Gesundheit und Sicherheit der Beschäftigten oder anderer Personen erforderlich werden (gefährdende Menge). Explosionsfähige Atmosphäre ist ein explosionsfähiges Gemisch unter atmosphärischen Bedingungen im Gemisch mit Luft.

- 3.) Stoffe und Zubereitungen, die auf sonstige Weise chronisch schädigend sind.  
Dies sind Stoffe, die bei wiederholter oder länger andauernder Exposition einen Gesundheitsschaden verursachen können.
- 4.) Stoffe, Zubereitungen und Erzeugnisse, aus denen bei der Herstellung oder Verwendung Stoffe mit den unter 1.) - 3.) genannten Eigenschaften entstehen.
- 5.) Stoffe und Zubereitungen, die die o. g. Kriterien nach den Nummern 1.) - 3.) nicht erfüllen, aber auf Grund ihrer physikalisch-chemischen, chemischen oder toxischen Eigenschaften und der Art und Weise, wie sie am Arbeitsplatz vorhanden sind oder verwendet werden, die Gesundheit und die Sicherheit der Beschäftigten gefährden können,
- 6.) alle Stoffe, denen ein Arbeitsplatzgrenzwert zugewiesen worden ist.

Gefahren gehen weiterhin aus von

1. Stoffen, Zubereitungen und Erzeugnissen, aus denen beim Umgang bzw. bei deren Verwendung gefährliche Stoffe oder Zubereitungen mit den oben erwähnten Eigenschaften entstehen oder freigesetzt werden können,
2. Stoffen und Materialien, die erfahrungsgemäß Krankheitserreger übertragen können,
3. in der Bio- und Gentechnik anfallendem gefährlichem biologischem Material,
4. radioaktiven Stoffen,
5. (zum Teil) Stoffen, die dem Pflanzenschutzmittel- oder Arzneimittelrecht unterliegen.

Für die unter 2. bis 5. genannten Stoffe und Materialien gelten weiterreichende Vorschriften, die in dieser Betriebsanweisung nicht erfasst sind (z. B. Biostoffverordnung, Strahlenschutzgesetz, Gentechnikgesetz, Pflanzenschutzmittelgesetz, Arzneimittelgesetz und zugehörige Verordnungen, Regeln und Richtlinien).

### 7.3 Einstufung

In der Hochschule selbst hergestellte Stoffe und Zubereitungen sind gemäß der Gefahrstoffverordnung einzustufen. Stoffe und Zubereitungen, deren physikalische, chemische, toxikologische und ökologische Eigenschaften bekannt sind, müssen nach gesicherten wissenschaftlichen Erkenntnissen eingestuft werden. Eine Einstufung dieser Stoffe und Zubereitungen kann ggf. auch einschlägigen Chemikalienkatalogen oder Gefahrstoffdatenbanken entnommen werden.

Bei noch nicht geprüften Chemikalien, neu synthetisierten Substanzen in der chemischen Forschung sowie Reaktionslösungen und Reaktionsabfällen ist von einem Gefahrstoff auszugehen, solange die Ungefährlichkeit nicht nachgewiesen wurde. Diese Stoffe sind mindestens nach den P-Sätzen 260 und 262 zu behandeln, jeder Körperkontakt ist zu vermeiden. Der Arbeitgeber hat dafür zu sorgen, dass bei der Herstellung von Präparaten und beim Umgang mit Stoffen, deren Eigenschaften nicht als ungefährlich bekannt sind, geeignete Schutzmaßnahmen getroffen werden. Dies gilt auch für Arbeiten nach Literaturangaben, bei denen damit gerechnet werden muss, dass auf Gefahren nicht ausreichend hingewiesen ist. Dies ist insbesondere bei Arbeiten nach älteren Literaturangaben der Fall.

### 7.4 Etikettierung von Gefahrstoffgebinden

Gefahrstoffgebinde, die gelagert oder bereitgestellt werden, müssen gemäß ihrer Einstufung als Gefahrstoff mit einem Etikett versehen werden, das Angaben über den Inhalt des Gebindes enthält. Die Etiketten einschließlich der Gefahrensymbole müssen den Beschäftigten zur Verfügung gestellt werden. Die Etiketten sind so anzubringen, dass die Angaben gelesen werden können, wenn das Gebinde abgestellt oder abgelegt wird. Ein Etikett muss mit seiner ganzen Fläche auf der Verpackung haften. Es

wird empfohlen, Etiketten mit einer Klarsichtfolie zu überziehen, wenn die Etiketten von den Beschäftigten selbst hergestellt werden. Dadurch wird verhindert, dass an der Flasche herunter laufende Tropfen die Schrift des Etiketts zerstören. Ein Gebinde darf nur ein einziges Etikett haben. Vorhandene Etiketten dürfen nicht überschrieben oder überklebt werden. Nicht mehr geltende Etiketten sind zu entfernen. Das Beschriften von Gebinden mit wasserfesten Filzschreibern ist nur zulässig, wenn sich die Gebinde im Arbeitsgang befinden.

#### 7.4.1 Größe von Etiketten

Die Abmessungen der Etiketten müssen bei einem Rauminhalt der Verpackung

1. bis zu 0,25 Liter einem Format in angemessener Größe,
2. von mehr als 0,25 Liter bis 3 Liter mindestens dem Format 52 mm x 74 mm,
3. von mehr als 3 Liter bis 50 Liter mindestens dem Format 74 mm x 105 mm
4. von mehr als 50 Liter bis 500 Liter mindestens dem Format 105 mm x 148 mm

entsprechen.

Die Gefahrensymbole bestehen aus einem schwarzem Aufdruck auf weißem, auf der Spitze stehendem quadratischem Untergrund mit roter Umrandung. Jedes Gefahrensymbol muss mindestens 1 cm<sup>2</sup> groß sein und mindestens ein Zehntel der von der Kennzeichnung eingenommenen Fläche ausmachen.

Es wird empfohlen, die Etiketten zusätzlich zu der in diesem Kapitel beschriebenen Kennzeichnung mit standortspezifischen Hinweisen wie Labornummer, Arbeitsplatznummer und/oder dem Namen des Beschäftigten zu versehen.

#### 7.4.2 Vollständige Kennzeichnung

„Vollständig“ gekennzeichnet werden müssen alle Chemikaliengebilde, die gelagert oder bereitgestellt werden. Sie sind vollständig gekennzeichnet, wenn sie ein Etikett tragen, auf dem mindestens folgende Angaben stehen:

1. chemische Bezeichnung des Stoffes und der Bestandteile der Zubereitung nach der IUPAC-Nomenklatur, bei Zubereitungen ggf. Handelsname oder Bezeichnung. Laborinterne Kurznamen und Abkürzungen (z. B. Ether, Tri, EtOH, HAc, NaOH, A1, 25) sind als alleinige Bezeichnungen nicht zulässig. Beispiele: Ethanol, wässrige Nickelchlorid-Lösung, 0,1 molar, Methanol/Wasser-Gemisch, 50:50
2. die Hinweise auf besondere Gefahren: „H-Sätze“. Sie bestehen aus einer Zahl und dem zugehörigen Text. Die H-Sätze ersetzen die bisher gültigen R-Sätze.
3. die Sicherheitsratschläge: „P-Sätze“. Sie bestehen aus einer Zahl und dem zugehörigen Text. Die P-Sätze ersetzen die bisher gültigen S-Sätze.
4. das Gefahrensymbol bzw. die Gefahrensymbole sowie ggf. die Signalwörter „Achtung“ oder „Gefahr“.

Werden Chemikalien an an Firmen, Analytiklaboratorien usw. außerhalb der TU Braunschweig versandt oder abgegeben, muss auch der Name, die Anschrift und die Telefonnummer des abgebenden Institutes auf dem Etikett vorhanden sein.

Auf dem Etikett dürfen keine verharmlosenden Angaben gemacht werden wie z. B. „Nicht giftig“, „Nicht gesundheitsschädlich“, „Nicht umweltgefährlich“ oder „Harmlos“.

#### 7.4.3 GHS-Kennzeichnung

Die Etikettierung muss gemäß der EU-Verordnung EG 1272/2008 (CLP-Verordnung (= Classification, Labelling and Packing) mit GHS-Kennzeichnung (GHS = Global Harmonisiertes System)) erfolgen. Die Kennzeichnung ist für Zubereitungen (z. B. 10 %ige Natronlauge) erst ab Juni 2015 verbindlich.

Eine Doppelkennzeichnung auf einem Gefahrstoffgebilde sowohl nach der bisher gültigen als auch nach der GHS-Kennzeichnung ist nicht zulässig.

##### 7.4.3.1 Unterschiede zwischen alter Kennzeichnung und neuer GHS-Kennzeichnung

alt	neu
7 Gefahrensymbole in schwarzem Aufdruck auf orangegelbem Grund	9 Gefahrenpiktogramme als rotumrandete, auf der Spitze stehende Quadrate mit einem schwarzen Symbol auf weißem Grund
16 Gefährlichkeitsmerkmale	47 Gefahrenklassen  + Gefahrenkategorien (Es gibt in der Regel 2-4 Kategorien je Gefahrenklasse, wobei die Kategorie 1 immer die gefährlichste ist.)
-----	Signalwörter („Gefahr“ bzw. „Achtung“)
R-Sätze	H-Sätze (hazard standards)
S-Sätze	P-Sätze (precautionary statements)

#### 7.4.3.2 H-Sätze: Gefahrenhinweise

H200	Instabil, explosiv
H201	Explosiv, Gefahr der Massenexplosion
H202	Explosiv; große Gefahr durch Splitter, Spreng- und Wurfstücke
H203	Explosiv; Gefahr durch Feuer, Luftdruck oder Splitter, Spreng- und Wurfstücke
H204	Gefahr durch Feuer oder Splitter, Spreng- und Wurfstücke
H205	Gefahr der Massenexplosion bei Feuer
H220	Extrem entzündbares Gas
H221	Entzündbares Gas
H222	Extrem entzündbares Aerosol
H223	Entzündbares Aerosol
H224	Flüssigkeit und Dampf extrem entzündbar
H225	Flüssigkeit und Dampf leicht entzündbar
H226	Flüssigkeit und Dampf entzündbar
H228	Entzündbarer Feststoff
H240	Erwärmung kann Explosion verursachen
H241	Erwärmung kann Brand oder Explosion verursachen
H242	Erwärmung kann Brand verursachen
H250	Entzündet sich in Berührung mit Luft von selbst
H251	Selbsterhitzungsfähig; kann in Brand geraten
H252	In großen Mengen selbsterhitzungsfähig; kann in Brand geraten
H260	In Berührung mit Wasser entstehen entzündbare Gase, die sich spontan entzünden können
H261	In Berührung mit Wasser entstehen entzündbare Gase
H270	Kann Brand verursachen oder verstärken; Oxidationsmittel
H271	Kann Brand oder Explosion verursachen; starkes Oxidationsmittel
H272	Kann Brand verstärken; Oxidationsmittel
H280	Enthält Gas unter Druck; kann bei Erwärmung explodieren
H281	Enthält tiefgekühltes Gas; kann Kälteverbrennungen oder –Verletzungen verursachen
H290	Kann gegenüber Metallen korrosiv sein
H300	Lebensgefahr bei Verschlucken
H301	Giftig bei Verschlucken
H302	Gesundheitsschädlich bei Verschlucken
H304	Kann bei Verschlucken und Eindringen in die Atemwege tödlich sein
H310	Lebensgefahr bei Hautkontakt
H311	Giftig bei Hautkontakt
H312	Gesundheitsschädlich bei Hautkontakt
H314	Verursacht schwere Verätzungen der Haut und schwere Augenschäden
H315	Verursacht Hautreizungen
H317	Kann allergische Hautreaktionen verursachen
H318	Verursacht schwere Augenschäden
H319	Verursacht schwere Augenreizung

- H330 Lebensgefahr bei Einatmen  
H331 Giftig bei Einatmen  
H332 Gesundheitsschädlich bei Einatmen  
H334 Kann bei Einatmen Allergie, asthmaartige Symptome oder Atembeschwerden verursachen  
H335 Kann die Atemwege reizen  
H336 Kann Schläfrigkeit und Benommenheit verursachen  
H340 Kann genetische Defekte verursachen (Expositionsweg angeben, sofern schlüssig belegt ist, dass diese Gefahr bei keinem anderen Expositionsweg besteht)  
H341 Kann vermutlich genetische Defekte verursachen (Expositionsweg angeben, sofern schlüssig belegt ist, dass diese Gefahr bei keinem anderen Expositionsweg besteht)  
H350 Kann Krebs erzeugen (Expositionsweg angeben, sofern schlüssig belegt ist, dass diese Gefahr bei keinem anderen Expositionsweg besteht)  
H350 i Kann bei Einatmen Krebs erzeugen  
H351 Kann vermutlich Krebs erzeugen (Expositionsweg angeben, sofern schlüssig belegt ist, dass diese Gefahr bei keinem anderen Expositionsweg besteht)  
H360 Kann die Fruchtbarkeit beeinträchtigen oder das Kind im Mutterleib schädigen (konkrete Wirkung angeben, sofern bekannt) (Expositionsweg angeben, sofern schlüssig belegt ist, dass die Gefahr bei keinem anderen Expositionsweg besteht)  
H360 F Kann die Fruchtbarkeit beeinträchtigen  
H360 D Kann das Kind im Mutterleib schädigen  
H360 FD Kann die Fruchtbarkeit beeinträchtigen. Kann das Kind im Mutterleib schädigen  
H360 Fd kann die Fruchtbarkeit beeinträchtigen. Kann vermutlich das Kind im Mutterleib schädigen  
H360 Df Kann das Kind im Mutterleib schädigen. Kann vermutlich die Fruchtbarkeit beeinträchtigen  
H361 Kann vermutlich die Fruchtbarkeit beeinträchtigen oder das Kind im Mutterleib schädigen (konkrete Wirkung angeben, sofern bekannt) (Expositionsweg angeben, sofern schlüssig belegt ist, dass die Gefahr bei keinem anderen Expositionsweg besteht)  
H361 f Kann vermutlich die Fruchtbarkeit beeinträchtigen  
H361 d Kann vermutlich das Kind im Mutterleib schädigen  
H361 fd Kann vermutlich die Fruchtbarkeit beeinträchtigen. Kann vermutlich das Kind im Mutterleib schädigen  
H362 Kann Säuglinge über die Muttermilch schädigen  
H370 Schädigt die Organe (oder alle betroffenen Organe nennen, sofern bekannt) (Expositionsweg angeben, sofern schlüssig belegt ist, dass diese Gefahr bei keinem anderen Expositionsweg besteht)  
H371 Kann die Organe schädigen (oder alle betroffenen Organe nennen, sofern bekannt) (Expositionsweg angeben, sofern schlüssig belegt ist, dass diese Gefahr bei keinem anderen Expositionsweg besteht)  
H372 Schädigt die Organe (alle betroffenen Organe nennen) bei längerer oder wiederholter Exposition (Expositionsweg angeben, wenn schlüssig belegt ist, dass diese Gefahr bei keinem anderen Expositionsweg besteht)  
H373 Kann die Organe schädigen (alle betroffenen Organe nennen, sofern bekannt) bei längerer oder wiederholter Exposition (Expositionsweg angeben, wenn schlüssig belegt ist, dass diese Gefahr bei keinem anderen Expositionsweg besteht)  
H400 Sehr giftig für Wasserorganismen  
H410 Sehr giftig für Wasserorganismen mit langfristiger Wirkung  
H411 Giftig für Wasserorganismen, mit langfristiger Wirkung  
H412 Schädlich für Wasserorganismen, mit langfristiger Wirkung  
H413 Kann für Wasserorganismen schädlich sein, mit langfristiger Wirkung

Weil teilweise noch die bisher gültigen R-Sätze verwendet werden, werden diese der Vollständigkeit halber noch aufgeführt. Werden zwei R-Sätze durch einen Bindestrich (-) getrennt (z. B. R:10-23), so bedeutet dieses, dass die R-Sätze 10 UND 23 berücksichtigt werden müssen (und nicht 10 bis 23). Werden R-Sätze durch einen Schrägstrich (/) getrennt (z. B. R:26/27/28), so bedeutet dieses ebenfalls, dass die R-Sätze 26 UND 27 UND 28 gelten (Kombination von R-Sätzen). Es bedeuten:

- R1 In trockenem Zustand explosionsgefährlich.  
R2 Durch Schlag, Reibung, Feuer oder andere Zündquellen explosionsgefährlich.  
R3 Durch Schlag, Reibung, Feuer oder andere Zündquellen besonders explosionsgefährlich.

- R4 Bildet hochempfindliche explosionsgefährliche Metallverbindungen.
- R5 Beim Erwärmen explosionsfähig.
- R6 Mit und ohne Luft explosionsfähig.
- R7 Kann Brand verursachen.
- R8 Feuergefahr bei Berührung mit brennbaren Stoffen.
- R9 Explosionsgefahr bei Mischung mit brennbaren Stoffen.
- R10 Entzündlich.
- R11 Leichtentzündlich.
- R12 Hochentzündlich.
- R13 Hochentzündliches Flüssiggas.
- R14 Reagiert heftig mit Wasser.
- R15 Reagiert mit Wasser unter Bildung leicht entzündlicher Gase.
- R16 Explosionsgefährlich in Mischung mit brandfördernden Stoffen.
- R17 Selbstentzündlich an der Luft.
- R18 Bei Gebrauch Bildung explosionsfähiger/leichtentzündlicher Dampf-Luftgemische möglich.
- R19 Kann explosionsfähige Peroxide bilden.
- R20 Gesundheitsschädlich beim Einatmen.
- R21 Gesundheitsschädlich bei Berührung mit der Haut.
- R22 Gesundheitsschädlich beim Verschlucken.
- R23 Giftig beim Einatmen.
- R24 Giftig bei Berührung mit der Haut.
- R25 Giftig beim Verschlucken.
- R26 Sehr giftig beim Einatmen.
- R27 Sehr giftig bei Berührung mit der Haut.
- R28 Sehr giftig beim Verschlucken.
- R29 Entwickelt bei Berührung mit Wasser giftige Gase.
- R30 Kann bei Gebrauch leicht entzündlich werden.
- R31 Entwickelt bei Berührung mit Säure giftige Gase.
- R32 Entwickelt bei Berührung mit Säure sehr giftige Gase.
- R33 Gefahr kumulativer Wirkungen.
- R34 Verursacht Verätzungen.
- R35 Verursacht schwere Verätzungen.
- R36 Reizt die Augen.
- R37 Reizt die Atmungsorgane.
- R38 Reizt die Haut.
- R39 Ernste Gefahr irreversiblen Schadens.
- R40 Verdacht auf krebserzeugende Wirkung
- R41 Gefahr ernster Augenschäden.
- R42 Sensibilisierung durch Einatmen möglich.
- R43 Sensibilisierung durch Hautkontakt möglich.
- R44 Explosionsgefährlich bei Erhitzen unter Einschluss.
- R45 Kann Krebs erzeugen.
- R46 Kann vererbare Schäden verursachen.
- R48 Gefahr ernster Gesundheitsschäden bei längerer Exposition.
- R49 Kann Krebs erzeugen beim Einatmen.
- R50 Sehr giftig für Wasserorganismen.
- R51 Giftig für Wasserorganismen.
- R52 Schädlich für Wasserorganismen.
- R53 Kann in Gewässern längerfristig schädliche Wirkungen haben.
- R54 Giftig für Pflanzen.
- R55 Giftig für Tiere.
- R56 Giftig für Bodenorganismen.
- R57 Giftig für Bienen.
- R58 Kann längerfristig schädliche Wirkungen auf die Umwelt haben.
- R59 Gefährlich für die Ozonschicht.
- R60 Kann die Fortpflanzungsfähigkeit beeinträchtigen.
- R61 Kann das Kind im Mutterleib schädigen.
- R62 Kann möglicherweise die Fortpflanzungsfähigkeit beeinträchtigen.
- R63 Kann das Kind im Mutterleib möglicherweise schädigen.
- R64 Kann Säuglinge über die Muttermilch schädigen.

- R65 Gesundheitsschädlich: kann beim Verschlucken Lungenschäden verursachen  
 R66 Wiederholter Kontakt kann zu spröder oder rissiger Haut führen.  
 R67 Dämpfe können Schläfrigkeit und Benommenheit verursachen.  
 R68 Irreversibler Schaden möglich

#### Kombination der R-Sätze

- R14/15 Reagiert heftig mit Wasser unter Bildung leicht entzündlicher Gase.  
 R15/29 Reagiert mit Wasser unter Bildung giftiger und leichtentzündlicher Gase.  
 R20/21 Gesundheitsschädlich beim Einatmen und bei Berührung mit der Haut.  
 R20/22 Gesundheitsschädlich beim Einatmen und Verschlucken.  
 R21/22 Gesundheitsschädlich bei Berührung mit der Haut und beim Verschlucken.  
 R20/21/22 Gesundheitsschädlich beim Einatmen, Verschlucken und Berührung mit der Haut.  
 R23/24 Giftig beim Einatmen und bei Berührung mit der Haut.  
 R23/25 Giftig beim Einatmen und Verschlucken.  
 R24/25 Giftig bei Berührung mit der Haut und beim Verschlucken.  
 R23/24/25 Giftig beim Einatmen, Verschlucken und Berührung mit der Haut.  
 R26/27 Sehr giftig beim Einatmen und bei Berührung mit der Haut.  
 R26/28 Sehr giftig beim Einatmen und Verschlucken.  
 R27/28 Sehr giftig bei Berührung mit der Haut und beim Verschlucken.  
 R26/27/28 Sehr giftig beim Einatmen, Verschlucken und Berührung mit der Haut.  
 R36/37 Reizt die Augen und die Atmungsorgane.  
 R36/38 Reizt die Augen und die Haut.  
 R37/38 Reizt die Atmungsorgane und die Haut.  
 R36/37/38 Reizt die Augen, Atmungsorgane und die Haut.  
 R42/43 Sensibilisierung durch Einatmen und Hautkontakt möglich.  
 R39/23 Giftig: ernste Gefahr irreversiblen Schadens durch Einatmen.  
 R39/24 Giftig: ernste Gefahr irreversiblen Schadens bei Berührung mit der Haut.  
 R39/25 Giftig: ernste Gefahr irreversiblen Schadens durch Verschlucken.  
 R39/23/24 Giftig: ernste Gefahr irreversiblen Schadens durch Einatmen und bei Berührung mit der Haut.  
 R39/23/25 Giftig: ernste Gefahr irreversiblen Schadens durch Einatmen und Verschlucken.  
 R39/24/25 Giftig: ernste Gefahr irreversiblen Schadens bei Berührung mit der Haut und durch Verschlucken.  
 R39/23/24/25 Giftig: ernste Gefahr irreversiblen Schadens durch Einatmen, Berührung mit der Haut und durch Verschlucken.  
 R39/26 Sehr giftig: ernste Gefahr irreversiblen Schadens durch Einatmen.  
 R39/27 Sehr giftig: ernste Gefahr irreversiblen Schadens bei Berührung mit der Haut.  
 R39/28 Sehr giftig: ernste Gefahr irreversiblen Schadens durch Verschlucken.  
 R39/26/27 Sehr giftig: ernste Gefahr irreversiblen Schadens durch Einatmen und bei Berührung mit der Haut.  
 R39/26/28 Sehr giftig: ernste Gefahr irreversiblen Schadens durch Einatmen und durch Verschlucken.  
 R39/27/28 Sehr giftig: ernste Gefahr irreversiblen Schadens bei Berührung mit der Haut und durch Verschlucken.  
 R39/26/27/28 Sehr giftig: ernste Gefahr irreversiblen Schadens durch Einatmen, Berührung mit der Haut und durch Verschlucken.  
 R42/43 Sensibilisierung durch Einatmen und Hautkontakt möglich.  
 R48/20 Gesundheitsschädlich: Gefahr ernster Gesundheitsschäden bei längerer Exposition durch Einatmen.  
 R48/21 Gesundheitsschädlich: Gefahr ernster Gesundheitsschäden bei längerer Exposition durch Berührung mit der Haut.  
 R48/22 Gesundheitsschädlich: Gefahr ernster Gesundheitsschäden bei längerer Exposition durch Verschlucken.  
 R48/20/21 Gesundheitsschädlich: Gefahr ernster Gesundheitsschäden bei längerer Exposition durch Einatmen und durch Berührung mit der Haut.  
 R48/20/22 Gesundheitsschädlich: Gefahr ernster Gesundheitsschäden bei längerer Exposition durch Einatmen und durch Verschlucken.  
 R48/21/22 Gesundheitsschädlich: Gefahr ernster Gesundheitsschäden bei längerer Exposition durch Berührung mit der Haut und durch Verschlucken.  
 R48/20/21/22 Gesundheitsschädlich: Gefahr ernster Gesundheitsschäden bei längerer Exposition

	durch Einatmen, Berührung mit der Haut und durch Verschlucken.
R48/23	Giftig: Gefahr ernster Gesundheitsschäden bei längerer Exposition durch Einatmen.
R48/24	Giftig: Gefahr ernster Gesundheitsschäden bei längerer Exposition durch Berührung mit der Haut.
R48/25	Giftig: Gefahr ernster Gesundheitsschäden bei längerer Exposition durch Verschlucken.
R48/23/24	Giftig: Gefahr ernster Gesundheitsschäden bei längerer Exposition durch Einatmen und durch Berührung mit der Haut.
R48/23/25	Giftig: Gefahr ernster Gesundheitsschäden bei längerer Exposition durch Einatmen und durch Verschlucken.
R48/24/25	Giftig: Gefahr ernster Gesundheitsschäden bei längerer Exposition durch Berührung mit der Haut und durch Verschlucken.
R48/23/24/25	Giftig: Gefahr ernster Gesundheitsschäden bei längerer Exposition durch Einatmen, Berührung mit der Haut und durch Verschlucken.
R50/53	Sehr giftig für Wasserorganismen, kann in Gewässern längerfristig schädliche Wirkungen haben.
R51/53	Giftig für Wasserorganismen, kann in Gewässern längerfristig schädliche Wirkungen haben.
R52/53	Schädlich für Wasserorganismen, kann in Gewässern längerfristig schädliche Wirkungen haben
R68/20	Gesundheitsschädlich: Möglichkeit irreversiblen Schadens durch Einatmen.
R68/21	Gesundheitsschädlich: Möglichkeit irreversiblen Schadens bei Berührung mit der Haut.
R68/22	Gesundheitsschädlich: Möglichkeit irreversiblen Schadens durch Verschlucken.
R68/20/21	Gesundheitsschädlich: Möglichkeit irreversiblen Schadens durch Einatmen und bei Berührung mit der Haut.
R68/20/22	Gesundheitsschädlich: Möglichkeit irreversiblen Schadens durch Einatmen und durch Verschlucken.
R68/21/22	Gesundheitsschädlich: Möglichkeit irreversiblen Schadens bei Berührung mit der Haut und durch Verschlucken.
R68/20/21/22	Gesundheitsschädlich: Möglichkeit irreversiblen Schadens durch Einatmen, Berührung mit der Haut und durch Verschlucken.

#### 7.4.3.3 P-Sätze: Sicherheitsratschläge

P101	Ist ärztlicher Rat erforderlich, Verpackung oder Kennzeichnungsetikett bereithalten.
P102	Darf nicht in die Hände von Kindern gelangen.
P103	Vor Gebrauch Kennzeichnungsetikett lesen.
P201	Vor Gebrauch besondere Anweisungen einholen.
P202	Vor Gebrauch alle Sicherheitshinweise lesen und verstehen.
P210	Von Hitze / Funken / offener Flamme / heißen Oberflächen fernhalten. Nicht rauchen.
P211	Nicht gegen offene Flamme oder andere Zündquelle sprühen.
P220	Von Kleidung /.../ brennbaren Materialien fernhalten/entfernt aufbewahren.
P221	Mischen mit brennbaren Stoffen /... unbedingt verhindern.
P222	Kontakt mit Luft nicht zulassen.
P223	Kontakt mit Wasser wegen heftiger Reaktion und möglichem Aufflammen unbedingt verhindern.
P230	Feucht halten mit ...
P231	Unter inertem Gas handhaben.
P232	Vor Feuchtigkeit schützen.
P233	Behälter dicht verschlossen halten.
P234	Nur im Originalbehälter aufbewahren.
P235	Kühl halten.
P240	Behälter und zu befüllende Anlage erden.
P241	Explosionsgeschützte elektrische Betriebsmittel / Lüftungsanlagen / Beleuchtung /... verwenden.
P242	Nur funkenfreies Werkzeug verwenden.
P243	Maßnahmen gegen elektrostatische Aufladungen treffen.
P244	Druckminderer frei von Fett und Öl halten.
P250	Nicht schleifen / stoßen /.../ reiben.
P251	Behälter steht unter Druck: Nicht durchstechen oder verbrennen, auch nicht nach der

- Verwendung.
- P260 Staub / Rauch / Gas / Nebel / Dampf / Aerosol nicht einatmen.
- P261 Einatmen von Staub / Rauch / Gas / Nebel / Dampf / Aerosol vermeiden.
- P262 Nicht in die Augen, auf die Haut oder auf die Kleidung gelangen lassen.
- P263 Kontakt während der Schwangerschaft / und der Stillzeit vermeiden.
- P264 Nach Gebrauch ... gründlich waschen.
- P270 Bei Gebrauch nicht essen, trinken oder rauchen.
- P271 Nur im Freien oder in gut belüfteten Räumen verwenden.
- P272 Kontaminierte Arbeitskleidung nicht außerhalb des Arbeitsplatzes tragen.
- P273 Freisetzung in die Umwelt vermeiden.
- P280 Schutzhandschuhe / Schutzkleidung / Augenschutz / Gesichtsschutz tragen.
- P281 Vorgeschriebene persönliche Schutzausrüstung verwenden.
- P282 Schutzhandschuhe / Gesichtsschild / Augenschutz mit Kälteisolierung tragen.
- P283 Schwer entflammbare / flammhemmende Kleidung tragen.
- P284 Atemschutz tragen.
- P285 Bei unzureichender Belüftung Atemschutz tragen.
- P231 + P232 Unter inertem Gas handhaben. Vor Feuchtigkeit schützen.
- P235 + P410 Kühl halten. Vor Sonnenbestrahlung schützen.
- P301 Bei Verschlucken:
- P302 Bei Berührung mit der Haut:
- P303 Bei Berührung mit der Haut (oder dem Haar):
- P304 Bei Einatmen:
- P305 Bei Kontakt mit den Augen:
- P306 Bei kontaminierter Kleidung:
- P307 Bei Exposition:
- P308 Bei Exposition oder falls betroffen:
- P309 Bei Exposition oder Unwohlsein:
- P310 Sofort Giftinformationszentrum oder Arzt anrufen.
- P311 Giftinformationszentrum oder Arzt anrufen.
- P312 Bei Unwohlsein Giftinformationszentrum oder Arzt anrufen.
- P313 Ärztlichen Rat einholen / ärztliche Hilfe hinzuziehen.
- P314 Bei Unwohlsein ärztlichen Rat einholen / ärztliche Hilfe hinzuziehen.
- P315 Sofort ärztlichen Rat einholen / ärztliche Hilfe hinzuziehen.
- P320 Besondere Behandlung dringend erforderlich (siehe ... auf diesem Kennzeichnungsetikett).
- P321 Besondere Behandlung (siehe ... auf diesem Kennzeichnungsetikett).
- P322 Gezielte Maßnahmen (siehe ... auf diesem Kennzeichnungsetikett).
- P330 Mund ausspülen.
- P331 Kein Erbrechen herbeiführen.
- P332 Bei Hautreizung:
- P333 Bei Hautreizung oder -ausschlag:
- P334 In kaltes Wasser tauchen / nassen Verband anlegen.
- P335 Lose Partikel von der Haut abbürsten.
- P336 Vereiste Bereiche mit lauwarmem Wasser auftauen. Betroffenen Bereich nicht reiben.
- P337 Bei anhaltender Augenreizung:
- P338 Eventuell vorhandene Kontaktlinsen nach Möglichkeit entfernen. Weiter ausspülen.
- P340 Die betroffene Person an die frische Luft bringen und in einer Position ruhigstellen, die das Atmen erleichtert.
- P341 Bei Atembeschwerden an die frische Luft bringen und in einer Position ruhigstellen, die das Atmen erleichtert.
- P342 Bei Symptomen der Atemwege:
- P350 Behutsam mit viel Wasser und Seife waschen.
- P351 Einige Minuten lang behutsam mit Wasser ausspülen.
- P352 Mit viel Wasser und Seife waschen.
- P353 Haut mit Wasser abwaschen / duschen.
- P360 Kontaminierte Kleidung und Haut sofort mit viel Wasser abwaschen und danach Kleidung ausziehen.
- P361 Alle kontaminierten Kleidungsstücke sofort ausziehen.
- P362 Kontaminierte Kleidung ausziehen und vor erneutem Tragen waschen.
- P363 Kontaminierte Kleidung vor erneutem Tragen waschen.
- P370 Bei Brand:

- P371 Bei Großbrand und großen Mengen:  
P372 Explosionsgefahr bei Brand.  
P373 Keine Brandbekämpfung, wenn das Feuer explosive Stoffe / Gemische / Erzeugnisse erreicht.  
P374 Brandbekämpfung mit üblichen Vorsichtsmaßnahmen aus angemessener Entfernung.  
P375 Wegen Explosionsgefahr Brand aus der Entfernung bekämpfen.  
P376 Undichtigkeit beseitigen, wenn gefahrlos möglich.  
P377 Brand von ausströmendem Gas: Nicht löschen, bis Undichtigkeit gefahrlos beseitigt werden kann.  
P378 ... zum Löschen verwenden.  
P380 Umgebung räumen.  
P381 Alle Zündquellen entfernen, wenn gefahrlos möglich.  
P390 Verschüttete Mengen aufnehmen, um Materialschäden zu vermeiden.  
P391 Verschüttete Mengen aufnehmen.  
P301 + P310 Bei Verschlucken: Sofort Giftinformationszentrum oder Arzt anrufen.  
P301 + P312 Bei Verschlucken: Bei Unwohlsein Giftinformationszentrum oder Arzt anrufen.  
P301 + P330 + P331 Bei Verschlucken: Mund ausspülen. Kein Erbrechen herbeiführen.  
P302 + P334 Bei Kontakt mit der Haut: In kaltes Wasser tauchen / nassen Verband anlegen.  
P302 + P350 Bei Kontakt mit der Haut: Behutsam mit viel Wasser und Seife waschen.  
P302 + P352 Bei Kontakt mit der Haut: Mit viel Wasser und Seife waschen.  
P303 + P361 + P353 Bei Kontakt mit der Haut (oder dem Haar): Alle beschmutzten, getränkten Kleidungsstücke sofort ausziehen. Haut mit Wasser abwaschen/duschen.  
P304 + P340 Bei Einatmen: An die frische Luft bringen und in einer Position ruhigstellen, die das Atmen erleichtert.  
P304 + P341 Bei Einatmen: Bei Atembeschwerden an die frische Luft bringen und in einer Position ruhigstellen, die das Atmen erleichtert.  
P305 + P351 + P338 Bei Kontakt mit den Augen: Einige Minuten lang behutsam mit Wasser spülen. Vorhandene Kontaktlinsen nach Möglichkeit entfernen. Weiter spülen.  
P306 + P360 Bei Kontakt mit der Kleidung: Kontaminierte Kleidung und Haut sofort mit viel Wasser abwaschen und danach Kleidung ausziehen.  
P307 + P311 Bei Exposition: Giftinformationszentrum oder Arzt anrufen.  
P308 + P313 Bei Exposition oder falls betroffen: Ärztlichen Rat einholen / ärztliche Hilfe hinzuziehen.  
P309 + P311 Bei Exposition oder Unwohlsein: Giftinformationszentrum oder Arzt anrufen.  
P332 + P313 Bei Hautreizung: Ärztlichen Rat einholen / ärztliche Hilfe hinzuziehen.  
P333 + P313 Bei Hautreizung oder -ausschlag: Ärztlichen Rat einholen / ärztliche Hilfe hinzuziehen.  
P335 + P334 Lose Partikel von der Haut abbürsten. In kaltes Wasser tauchen / nassen Verband anlegen.  
P337 + P313 Bei anhaltender Augenreizung: Ärztlichen Rat einholen / ärztliche Hilfe hinzuziehen.  
P342 + P311 Bei Symptomen der Atemwege: Giftinformationszentrum oder Arzt anrufen.  
P370 + P376 Bei Brand: Undichtigkeit beseitigen, wenn gefahrlos möglich.  
P370 + P378 Bei Brand: ... zum Löschen verwenden.  
P370 + P380 Bei Brand: Umgebung räumen.  
P370 + P380 + P375 Bei Brand: Umgebung räumen. Wegen Explosionsgefahr Brand aus der Entfernung bekämpfen.  
P371 + P380 + P375 Bei Großbrand und großen Mengen: Umgebung räumen. Wegen Explosionsgefahr Brand aus der Entfernung bekämpfen.  
P401 ... aufbewahren.  
P402 An einem trockenen Ort aufbewahren.  
P403 An einem gut belüfteten Ort aufbewahren.  
P404 In einem geschlossenen Behälter aufbewahren.  
P405 Unter Verschluss aufbewahren.  
P406 In korrosionsbeständigem / ... Behälter mit korrosionsbeständiger Auskleidung aufbewahren.  
P407 Luftspalt zwischen Stapeln / Paletten lassen.  
P410 Vor Sonnenbestrahlung schützen.  
P411 Bei Temperaturen von nicht mehr als ... °C / ... aufbewahren.  
P412 Nicht Temperaturen von mehr als 50 °C aussetzen.  
P413 Schüttgut in Mengen von mehr als ... kg bei Temperaturen von nicht mehr als ... °C aufbewahren  
P420 Von anderen Materialien entfernt aufbewahren.  
P422 Inhalt in / unter ... aufbewahren  
P402 + P404 In einem geschlossenen Behälter an einem trockenen Ort aufbewahren.

- P403 + P233 Behälter dicht verschlossen an einem gut belüfteten Ort aufbewahren.  
 P403 + P235 Kühl an einem gut belüfteten Ort aufbewahren.  
 P410 + P403 Vor Sonnenbestrahlung geschützt an einem gut belüfteten Ort aufbewahren.  
 P410 + P412 Vor Sonnenbestrahlung schützen und nicht Temperaturen von mehr als 50 °C aussetzen.  
 P411 + P235 Kühl und bei Temperaturen von nicht mehr als ... °C aufbewahren.  
 P501 Inhalt / Behälter ... zuführen.

Weil teilweise noch die bisher gültigen S-Sätze verwendet werden, werden diese der Vollständigkeit halber noch aufgeführt. Werden zwei S-Sätze durch einen Bindestrich (-) getrennt (z. B. S:10-23), so bedeutet dieses, dass die S-Sätze 10 UND 23 berücksichtigt werden müssen (und nicht 10 bis 23). Werden S-Sätze durch einen Schrägstrich (/) getrennt (z. B. S:36/37/39), so bedeutet dieses, dass die S-Sätze 36 UND 37 UND 39 gelten (Kombination von S-Sätzen). Es bedeuten:

- S1 Unter Verschluss aufbewahren.  
 S2 Darf nicht in die Hände von Kindern gelangen.  
 S3 Kühl aufbewahren.  
 S4 Von Wohnplätzen fernhalten.  
 S5 Unter.....aufbewahren (geeignete Flüssigkeit vom Hersteller anzugeben).  
 S6 Unter.....aufbewahren (inertes Gas vom Hersteller anzugeben).  
 S7 Behälter dicht geschlossen halten.  
 S8 Behälter trocken halten.  
 S9 Behälter an einem gut gelüfteten Ort aufbewahren.  
 S12 Behälter nicht gasdicht verschließen.  
 S13 Von Nahrungsmitteln, Getränken und Futtermitteln fernhalten.  
 S14 Von.....fernhalten (inkompatible Substanzen vom Hersteller anzugeben).  
 S15 Vor Hitze schützen.  
 S16 Von Zündquellen fernhalten - Nicht rauchen.  
 S17 Von brennbaren Stoffen fernhalten.  
 S18 Behälter mit Vorsicht öffnen und handhaben.  
 S20 Bei der Arbeit nicht essen und trinken.  
 S21 Bei der Arbeit nicht rauchen.  
 S22 Staub nicht einatmen.  
 S23 Gas/Rauch/Dampf/Aerosol nicht einatmen (geeignete Bezeichnung(en) vom Hersteller anzugeben).  
 S24 Berührung mit der Haut vermeiden.  
 S25 Berührung mit den Augen vermeiden.  
 S26 Bei Berührung mit den Augen gründlich mit Wasser abspülen und Arzt konsultieren.  
 S27 Beschmutzte, getränkte Kleidung sofort ausziehen.  
 S28 Bei Berührung mit der Haut sofort abwaschen mit viel .....(vom Hersteller anzugeben).  
 S29 Nicht in die Kanalisation gelangen lassen.  
 S30 Niemals Wasser hinzu gießen.  
 S33 Maßnahmen gegen elektrostatische Aufladungen treffen.  
 S34 Schlag und Reibung vermeiden.  
 S35 Abfälle und Behälter müssen in gesicherter Weise beseitigt werden.  
 S36 Bei der Arbeit geeignete Schutzkleidung tragen.  
 S37 Geeignete Schutzhandschuhe tragen.  
 S38 Bei unzureichender Belüftung Atemschutzgerät anlegen.  
 S39 Schutzbrille/Gesichtsschutz tragen.  
 S40 Fußboden und verunreinigte Gegenstände mit.....reinigen (vom Hersteller anzugeben).  
 S41 Explosions- und Brandgase nicht einatmen.  
 S42 Beim Räuchern/Versprühen geeignetes Atemschutzgerät anlegen (geeignete Bezeichnung(en) vom Hersteller anzugeben).  
 S43 Zum Löschen.....(vom Hersteller anzugeben) verwenden (wenn Wasser die Gefahr erhöht, anfügen: Kein Wasser verwenden).  
 S45 Bei Unfall oder Unwohlsein sofort Arzt zuziehen (wenn möglich, dieses Etikett vorzeigen).  
 S46 Bei Verschlucken sofort ärztlichen Rat einholen und Verpackung oder Etikett vorzeigen.  
 S47 Nicht bei Temperaturen über.....°C aufbewahren (vom Hersteller anzugeben).  
 S48 Feucht halten mit...(geeignetes Mittel vom Hersteller anzugeben).  
 S49 Nur im Originalbehälter aufbewahren.  
 S50 Nicht mischen mit.....(vom Hersteller anzugeben).

- S51 Nur in gut gelüfteten Bereichen verwenden.  
 S52 Nicht großflächig für Wohn- und Aufenthaltsräume zu verwenden.  
 S53 Exposition vermeiden - vor Gebrauch besondere Anweisungen einholen.  
 S56 Diesen Stoff und seinen Behälter der Problemabfallentsorgung zuführen.  
 S57 Zur Vermeidung einer Kontamination der Umwelt geeigneten Behälter verwenden.  
 S59 Information zur Wiederverwendung/Wiederverwertung beim Hersteller/Lieferanten erfragen.  
 S60 Dieser Stoff und sein Behälter sind als gefährlicher Abfall zu entsorgen.  
 S61 Freisetzung in die Umwelt vermeiden. Besondere Anweisungen einholen / Sicherheitsdatenblatt zu Rate ziehen.  
 S62 Bei Verschlucken kein Erbrechen herbeiführen. Sofort ärztlichen Rat einholen und Verpackung oder dieses Etikett vorzeigen.  
 S63 Bei Unfall durch Einatmen: Verunfallten an die frische Luft bringen und ruhigstellen.  
 S64 Bei Verschlucken Mund mit Wasser ausspülen (nur wenn Verunfallter bei Bewusstsein ist).

#### Kombination der S-Sätze

- S1/2 Unter Verschluss und für Kinder unzugänglich aufbewahren.  
 S3/7 Behälter dicht geschlossen halten und an einem kühlen Ort aufbewahren.  
 S3/9 Behälter an einem kühlen, gut gelüfteten Ort aufbewahren.  
 S3/14 An einem kühlen Ort entfernt von.....aufbewahren (die Stoffe, mit denen Kontakt vermieden werden muss, sind vom Hersteller anzugeben).  
 S3/9/14 An einem kühlen, gut gelüfteten Ort, entfernt von ..... aufbewahren (die Stoffe, mit denen Kontakt vermieden werden muss, sind vom Hersteller anzugeben).  
 S3/9/49 Nur im Originalbehälter an einem kühlen, gut gelüfteten Ort aufbewahren.  
 S3/9/14/49 Nur im Originalbehälter an einem kühlen, gut gelüfteten Ort, entfernt von ..... aufbewahren (die Stoffe, mit denen Kontakt vermieden werden muss, sind vom Hersteller anzugeben).  
 S7/8 Behälter trocken und dicht geschlossen halten.  
 S7/9 Behälter dicht geschlossen an einen gut gelüfteten Ort aufbewahren.  
 S7/47 Behälter dicht geschlossen und nicht bei Temperaturen über ... °C aufbewahren (vom Hersteller anzugeben).  
 S20/21 Bei der Arbeit nicht essen, trinken, rauchen.  
 S24/25 Berührung mit den Augen und der Haut vermeiden.  
 S29/56 Nicht in die Kanalisation gelangen lassen.  
 S36/37 Bei der Arbeit geeignete Schutzhandschuhe und Schutzkleidung tragen.  
 S36/39 Bei der Arbeit geeignete Schutzkleidung und Schutzbrille/Gesichtsschutz tragen.  
 S37/39 Bei der Arbeit geeignete Schutzhandschuhe und Schutzbrille/Gesichtsschutz tragen.  
 S36/37/39 Bei der Arbeit geeignete Schutzkleidung, Schutzhandschuhe und Schutzbrille / Gesichtsschutz tragen.  
 S47/49 Nur im Originalbehälter bei einer Temperatur von nicht über.....°C (vom Hersteller anzugeben) aufbewahren.

#### 7.4.3.4 Gefahrensymbole

ACHTUNG: Die Gefahrstoffverordnung verwendet zum Teil andere Begriffe wie die GHS-Kennzeichnung. So spricht die Gefahrstoffverordnung beispielsweise von entzündlichen Stoffen, die GHS-Kennzeichnung aber von entzündbaren Stoffen! Außerdem sind die Einstufungskriterien, z. B. Temperaturgrenzen oder Grenzwerte für die Einstufung in Giftigkeitskategorien unterschiedlich! Für die Kennzeichnung sind die Einstufungskriterien nach der GHS-Kennzeichnung zu verwenden.

#### feuergefährliche Stoffe:

#### entzündbare Stoffe



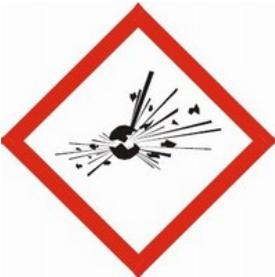
Die so gekennzeichneten Gebinde können bei Ergänzung durch das Signalwort „Gefahr“ folgende Stoffe enthalten:

1. ein extrem entzündbares Gas oder Aerosol (z. B. Wasserstoff, Acetylen, Propan),
2. eine leicht oder extrem entzündbare Flüssigkeit (einschließlich ihres Dampfes) mit einem Flammpunkt von maximal 23 °C (z. B. Lösungsmittel wie Aceton, Ethanol, Diethylether, Benzin),
3. einen entzündbaren Feststoff,
4. einen selbzersetzlichen Stoff, der bei Erwärmung einen Brand verursachen kann (z. B. einige Peroxide),
5. einen Stoff, der sich bei Berührung mit Luft innerhalb von 5 Minuten selbst entzündet (z. B. weißer Phosphor),
6. einen Stoff, der selbsterhitzungsfähig ist und in Brand geraten kann,
7. einen Stoff, der bei Berührung mit Wasser entzündbare Gase entwickelt, die sich spontan entzünden (z. B. Natrium, Kalium).

Die so gekennzeichneten Gebinde können bei Ergänzung durch das Signalwort „Achtung“ folgende Stoffe enthalten:

1. ein entzündbares Gas oder Aerosol,
2. eine entzündbare Flüssigkeit mit einem Flammpunkt zwischen 23 und 60 °C,
3. einen selbzersetzlichen Stoff, der bei Erwärmung einen Brand verursachen kann,
4. einen Stoff, der in großen Mengen selbsterhitzungsfähig ist und in Brand geraten kann,
5. einen Stoff, der bei Berührung mit Wasser langsam entzündbare Gase entwickelt.

### **explosive Stoffe / Gemische und Erzeugnisse mit Explosivstoffe**



Die so gekennzeichneten Gebinde können bei Kennzeichnung mit dem Signalwort „Gefahr“ instabile und explosive Stoffe enthalten. Es besteht eine große Gefahr der Explosion mit Freisetzen von Feuer, einer Druckwelle, Splittern, Spreng- und Wurfstücken. Bei Kennzeichnung mit dem Signalwort „Achtung“ besteht eine Gefahr durch Feuer oder Splitter, Spreng- und Wurfstücke.

### **oxidierende Stoffe**



Die so gekennzeichneten Gebinde können bei Kennzeichnung mit dem Signalwort „Gefahr“ folgende Stoffe enthalten:

1. oxidierende Gase, die einen Brand verursachen oder verstärken können,
  2. oxidierende Flüssigkeiten, die einen Brand oder eine Explosion verursachen oder verstärken können,
  3. oxidierende Feststoffe, die einen Brand oder eine Explosion verursachen oder verstärken können.
- 
1. Die so gekennzeichneten Gebinde können bei Kennzeichnung mit dem Signalwort „Achtung“ oxidierende Flüssigkeiten oder Feststoffe enthalten, die einen Brand verstärken können.

## gesundheitsgefährdende Stoffe

### a) akut schädigende Stoffe



Die so gekennzeichneten Gebinde müssen mit dem Signalwort „Gefahr“ ergänzt werden, sie können Gase, Flüssigkeiten oder Feststoffe enthalten, die beim Verschlucken und/oder beim Einatmen und/oder bei Hautkontakt tödlich wirken. Die Einstufung in die Kategorien „Lebensgefährlich bei ...“ bzw. „Giftig bei ...“ erfolgt aufgrund der Mengen oder Konzentrationen aufgenommener Stoffe, die zum Tode führen (z. B. Letale Dosis 50, Letale Konzentration 50)



Die so gekennzeichneten Gebinde müssen mit dem Signalwort „Achtung“ ergänzt werden, sie können Gase, Flüssigkeiten oder Feststoffe enthalten, die eine gesundheitsschädliche Wirkung haben.



Die so gekennzeichneten Gebinde können bei Ergänzung mit dem Signalwort „Gefahr“ folgende Stoffe enthalten:

2. Stoffe, die beim Einatmen Allergien, asthmaartige Symptome oder Atembeschwerden verursachen können,
3. Stoffe mit spezifischer Zielorgantoxizität, die nach einmaliger, wiederholter oder länger andauernder Exposition spezifische nichtletale Wirkungen auf die menschliche Gesundheit hervorrufen, also Organe schädigen, unabhängig davon, ob diese Wirkungen reversibel oder irreversibel sind, unmittelbar und/oder verzögert auftreten (z. B. Erblindung nach Einnahme von Methanol),
4. flüssige oder feste Stoffe, die beim Verschlucken und Eindringen in die Atemwege tödlich sein können (Stoffe mit Aspirationsgefahr),

Die so gekennzeichneten Gebinde können bei Ergänzung mit dem Signalwort „Achtung“ Stoffe mit spezifischer Zielorgantoxizität enthalten, die nach einmaliger, wiederholter oder länger anhaltender Exposition spezifische nichtletale Wirkungen auf die menschliche Gesundheit hervorrufen können, also Organe schädigen können, unabhängig davon, ob diese Wirkungen reversibel oder irreversibel sind, unmittelbar und/oder verzögert auftreten (z. B. Erblindung nach Einnahme von Methanol),



Die so gekennzeichneten Gebinde müssen mit dem Signalwort „Achtung“ ergänzt werden, sie können folgende Stoffe enthalten:

1. Stoffe, die bei Hautkontakt allergische Hautreaktionen verursachen können,
2. Stoffe, die die Atemwege reizen,
3. Stoffe, die Schläfrigkeit und Benommenheit verursachen,

**b) Stoffe, deren toxische Wirkung sich erst nach Tagen, Wochen, Monaten oder Jahren zeigen kann**



Die so gekennzeichneten Gebinde können bei Kennzeichnung mit dem Signalwort „Gefahr“ folgende als CMR-Stoffe bezeichneten Stoffe enthalten:

1. cancerogene Stoffe (Stoffe, die nachweislich beim Menschen oder im Tierversuch Krebs erzeugen können = karzinogene Stoffe),
2. mutagene Stoffe (Stoffe, die nachweislich beim Menschen oder im Tierversuch vererbare genetische Defekte verursachen können),
3. reproduktionstoxische Stoffe (Stoffe, die nachweislich beim Menschen die Fruchtbarkeit beeinträchtigen (fortpflanzungsgefährdend) oder das Kind im Mutterleib schädigen können (reproduktionstoxisch)).

Die so gekennzeichneten Gebinde können bei Kennzeichnung mit dem Signalwort „Achtung“ folgende als vermutliche CMR-Stoffe bezeichneten Stoffe enthalten:

1. vermutlich cancerogene Stoffe (Stoffe, die im begründeten Verdacht stehen, beim Menschen Krebs zu erzeugen zu können),
2. vermutlich mutagene Stoffe (Stoffe, die im begründeten Verdacht stehen, beim Menschen vererbare genetische Defekte verursachen zu können),
3. vermutlich reproduktionstoxische Stoffe (Stoffe, die im begründeten Verdacht stehen, beim Menschen die Fruchtbarkeit beeinträchtigen oder das Kind im Mutterleib schädigen zu können).

#### **gewebe- und metallerstörende Stoffe**



Die so gekennzeichneten Gebinde müssen mit dem Signalwort „Gefahr“ ergänzt werden. Sie können folgende Stoffe enthalten:

1. Stoffe, die schwere Verätzungen bewirken und die Haut zerstören können,
2. Stoffe, die schwere Augenschäden verursachen können,
3. Stoffe, die gegenüber Metallen korrosiv sein können.



Die so gekennzeichneten Gebinde müssen mit dem Signalwort „Achtung“ ergänzt werden. Sie können folgende Stoffe enthalten:

1. Stoffe, die Hautreizungen und –entzündungen verursachen können,
2. Stoffe, die schwere Augenreizungen verursachen können.

### umweltgefährliche Stoffe



Die so gekennzeichneten Gebinde können bei Ergänzung mit dem Kennwort „Achtung“ Stoffe enthalten, die sehr giftig für Wasserorganismen sind, zum Teil auch mit langfristiger Wirkung.

Die so gekennzeichneten Gebinde können ohne Ergänzung mit einem Kennwort Stoffe enthalten, die giftig für Wasserorganismen sind, mit langfristiger Wirkung.

### Gase



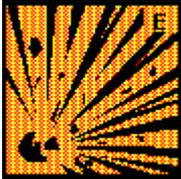
Die so gekennzeichneten Gebinde müssen mit dem Signalwort „Achtung“ ergänzt werden. Sie können folgende Gase enthalten:

1. verdichtetes Gas, das unter Druck steht (z. B. Stickstoff, Argon, Sauerstoff, Wasserstoff). Bei Erwärmung kann der Behälter explodieren.
2. verflüssigtes Gas, das unter Druck steht (z. B. Propan, Butan, Kohlendioxid). Bei Erwärmung kann der Behälter explodieren.
3. tiefgekühltes, verflüssigtes Gas, das Kälteverbrennungen oder –verletzungen verursachen kann (z. B. flüssiger Stickstoff, flüssiges Helium). Bei Erwärmung kann der Behälter explodieren.

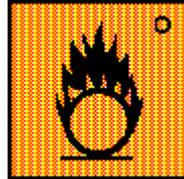
4. gelöstes Gas, das unter Druck steht (z. B. Acetylen). Bei Erwärmung kann der Behälter explodieren.

Weil teilweise noch die bisher gültigen Gefahrensymbole verwendet werden, werden diese der Vollständigkeit halber noch aufgeführt:

feuergefährliche Stoffe:



explosionsgefährlich



brandfördernd



hochentzündlich



leichtentzündlich

entzündlich (ohne Gefahrensymbol)

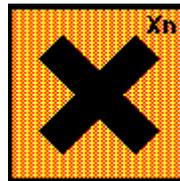
gesundheitsgefährdende Stoffe:



sehr giftig



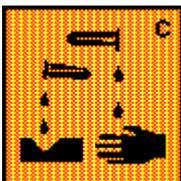
giftig



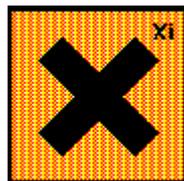
gesundheitsschädlich

krebserzeugend - erbgutverändernd - fortpflanzungsgefährdend - sensibilisierend - sonst chronisch schädigend (Gefahrensymbol „Giftig“)

gewebezerstörende Stoffe:



ätzend



reizend

umweltgefährliche Stoffe:



umweltgefährlich

#### 7.4.4 nicht notwendige Kennzeichnung

Chemikalien, die sich im Arbeitsgang befinden, brauchen nicht gekennzeichnet zu werden, sofern den beteiligten Beschäftigten bekannt ist, um welche Stoffe oder Zubereitungen es sich handelt, wenn also sichergestellt ist, dass mindestens eine anwesende Person Auskunft über die verwendeten Gefahrstoffe geben kann, die sich im Arbeitsgang befinden. Ist diese Auskunftsmöglichkeit nicht gegeben, müssen

mit Gefahrstoffen beschickte Apparaturen vollständig gekennzeichnet werden. Das ist z. B. der Fall, wenn der Arbeitsplatz in der Mittagspause oder abends verlassen wird.

#### **7.4.5 Kennzeichnung von Stoffgemischen**

Alle Gefäße, die Gemische mehrerer Stoffe (Stoffgemische) enthalten, müssen mit der Angabe aller Stoffe gekennzeichnet werden, deren Gehalt mehr als 1 Prozent des Stoffgemisches ausmachen. Zusätzlich müssen alle krebserzeugenden, fortpflanzungsgefährdenden, erbgutschädigenden und sehr giftigen Gefahrstoffe angegeben werden, soweit dies bekannt ist.

#### **7.4.6 Kennzeichnung noch nicht geprüfter Chemikalien**

Bei noch nicht geprüften Chemikalien, neu synthetisierten Substanzen in der chemischen Forschung sowie Reaktionslösungen und Reaktionsabfällen ist von einem Gefahrstoff auszugehen, solange die Ungefährlichkeit nicht nachgewiesen wurde. Diese Stoffe sind mindestens mit einem Aufkleber „Achtung - noch nicht vollständig geprüfter Stoff“ und den P-Sätzen 260 und 262 zu kennzeichnen.

### **7.5 Aufbewahrung von Gefahrstoffen**

#### **7.5.1 Aufbewahrung**

Alle Gefahrstoffe, die sich auf dem Gelände der Technischen Universität befinden, werden aufbewahrt. Gefahrstoffe sind so aufzubewahren, dass sie die menschliche Gesundheit und die Umwelt nicht gefährden. Sie sollten grundsätzlich übersichtlich geordnet, verschlossen, trocken und vor Licht geschützt an einem kühlen Ort aufbewahrt werden. Auf die Kennzeichnungspflicht wird hingewiesen! In Laboratorien dürfen nur die für den Fortgang der Arbeiten notwendigen Gefahrstoffe und Gefahrstoffmengen aufbewahrt werden.

Gefahrstoffe dürfen nur übersichtlich geordnet, nicht in unmittelbarer Nähe von Arznei-, Lebens- oder Futtermitteln einschließlich der Zusatzstoffe und nicht in Gefäßen aufbewahrt werden, die üblicherweise zur Aufnahme von Speisen und Getränken benutzt werden (z. B. Getränkeflaschen, Marmeladengläser). Zum Verzehr bestimmte Lebensmittel dürfen nur so aufbewahrt werden, dass sie mit Gefahrstoffen nicht in Berührung kommen können. Sie dürfen deshalb nicht in Laboratorien aufbewahrt werden. Chemikalien sollten nach Möglichkeit in den Originalherstellerverpackungen behalten werden, da die vorgeschriebenen Etiketten durch kennzeichnende Symbole, Sicherheits- und Gefahrenhinweise wertvolle Informationen liefern.

Alle Behälter, in denen Gefahrstoffe aufbewahrt werden, müssen aus geeigneten Werkstoffen bestehen. Bei der Aufbewahrung von organischen Lösungsmitteln in Kunststoffbehältern ist die Möglichkeit der Versprödung und der Diffusion zu beachten. Es ist davon auszugehen, dass Kunststoffflaschen nach ca. 5 Jahren nicht mehr verwendungsfähig sind. Aluminiumgefäße dürfen nicht für chlorkohlenwasserstoffhaltige und Glasgefäße nicht für flusssäurehaltige Stoffe bzw. Zubereitungen verwendet werden. Soweit möglich, sollten für besonders gefährliche Gefahrstoffe (z. B. Brom, Chlorsulfonsäure, Diethylether wegen des hohen Dampfdrucks und Explosionsgefahr bei Behälterbruch) kunststoffummantelte Glasflaschen oder Sicherheitskannen benutzt werden.

Gefahrstoffgebilde dürfen in Regalen, Schränken usw. nur bis zu einer solchen Höhe und so aufbewahrt werden, dass sie sicher entnommen und abgestellt werden können. Im Allgemeinen sollen Behältnisse, die nur mit beiden Händen getragen werden können, nicht über Griffhöhe (170 cm) abgestellt und entnommen werden. Vollgestopfte Regale bergen die Gefahr des versehentlichen Herunterreißen von Flaschen in sich! Chemikaliengebilde dürfen in Laboratorien nicht auf dem Fußboden abgestellt werden. Das gilt auch für leere Gebilde! Ausnahmen gelten nur in Lagerräumen, wenn die Gebilde unzerbrechlich sind (z. B. Metallfässer, Kunststoffkanister).

Gefahrstoffe und Druckgasflaschen dürfen außerhalb von Laboratorien nur in speziellen Lagerräumen oder in Sicherheitsschränken aufbewahrt werden. Die Räume und die Sicherheitsschränke müssen verschlossen sein. Flucht- und Rettungswege dürfen durch das Aufstellen von Sicherheitsschränken nicht verstellt oder übermäßig eingeengt werden. Es ist eine Mindestfluchtwegbreite von 100 cm zu gewährleisten.

Kühlschränke oder Kühltruhen dürfen nicht auf Fluren oder in Treppenträumen betrieben werden.

Chemikaliengebinde sind vor übermäßiger Erwärmung (z. B. Sonnenstrahlung, Heizung) geschützt aufzubewahren. Chemikalien, die sich unter Lichteinwirkung zersetzen oder gefährliche Stoffe bilden können (z. B. Peroxidbildung bei Ethern), müssen lichtgeschützt (mindestens in braunen Flaschen) aufbewahrt werden.

Hochentzündliche, leichtentzündliche und entzündliche Gefahrstoffe dürfen in Laboratorien nur in Gefäßen bis zu 1 Liter Volumen aufbewahrt werden. Die Anzahl und das Fassungsvermögen der Behälter mit brennbaren Flüssigkeiten sind auf das unbedingt notwendige Maß zu beschränken. Zerbrechliche Gebinde (z. B. Glasflaschen) bis zu 5 Liter Volumen und unzerbrechliche Gebinde (z. B. Kunststoff- oder Metallkanister) bis 10 Liter Volumen sind zulässig, wenn sie an einem geschützten Ort aufbewahrt und gegen unbeabsichtigtes Zerstören sicher geschützt sind, wenn sie also z. B. in speziellen Haltern von Chromatographieanlagen oder in Sicherheitsschränken aufbewahrt werden. Kunststoffbehälter mit einem Nennvolumen über 5 l sind für brennbare Flüssigkeiten mit einem Flammpunkt bis 35 °C nur geeignet, wenn sie elektrostatisch ausreichend ableitfähig sind. Bewährt haben sich handelsübliche Sicherheitsbehälter aus Edelstahl mit Flammenrückschlagsperre und Druckentlastung oder ableitfähige Kunststoffgebinde.

Für leichtentzündliche Spülflüssigkeiten im Handgebrauch dürfen grundsätzlich keine Behältnisse aus dünnwandigem Glas verwendet werden. Als Spülflüssigkeiten werden beispielsweise Aceton oder Isopropanol verwendet. Geeignet sind Spritzflaschen aus Kunststoff. Toxikologisch oder anderweitig bedenkliche Flüssigkeiten, wie etwa Chlorkohlenwasserstoffe oder Ether, sind für die Aufbewahrung in Kunststoffspritzflaschen nicht geeignet. Bei Spritzflaschen aus Kunststoff besteht die Gefahr des Nachtropfens.

Ätzende, gesundheitsschädliche und reizende Gefahrstoffe sind so aufzubewahren, dass sie dem unmittelbaren Zugriff durch Betriebsfremde nicht zugänglich sind.

Sehr giftige, giftige, krebserzeugende, erbgutverändernde und fortpflanzungsgefährdende Gefahrstoffe und Stoffe, die dem Betäubungsmittelgesetz oder dem Sprengstoffgesetz unterliegen, müssen unter Verschluss (z. B. in einem verschließbaren Schrank oder verschließbaren Raum oder in einem geöffneten Raum bei Aufsicht durch eine fachkundige Person) aufbewahrt werden. Sie dürfen nur von fachkundigen, unterwiesenen und zuverlässigen Beschäftigten ausgegeben oder verwendet werden.

Reinigungspersonal ist vor Arbeiten in entsprechenden Bereichen über die Gefahren und Schutzmaßnahmen zu unterweisen und in angemessener Weise zu beaufsichtigen.

Gefahrstoffe, die gesundheitsgefährdende Dämpfe abgeben, sind an dauerabgesaugten Orten (z. B. Sicherheitsschränke, spezielle Chemikalienschränke, Lagerräume) aufzubewahren.

Stoffe, die sich bei Raumtemperatur durch Einwirkung von Luft oder Feuchtigkeit selbst entzünden können, sind getrennt von anderen explosionsgefährlichen, brandfördernden, hochentzündlichen, leichtentzündlichen und entzündlichen Stoffen sowie gegen Brandübertragung gesichert aufzubewahren. Werden sie laufend benötigt, dürfen sich begrenzte Mengen, die für den unmittelbaren Fortgang der Arbeit notwendig sind, während der Arbeitszeit am Arbeitsplatz befinden. Stoffe, die sich bei Einwirken von Luft oder Feuchtigkeit selbst entzünden können, sind z. B. Metallalkyle, Lithiumaluminiumhydrid, weißer Phosphor.

Hochkonzentrierte Salpetersäure und Perchlorsäure sind so aufzubewahren, dass bei Flaschenbruch keine gefährlichen Reaktionen möglich sind. Dies wird z. B. durch Einstellen in bruch sichere und resistente Übergefäße erreicht.

Mindestens einmal jährlich, auf jeden Fall aber nach Beendigung von Studien-, Bachelor-, Master-, Diplom-, Doktorarbeiten und ähnlichen Tätigkeiten sowie nach Praktikumsende, muss der Chemikalienbestand jedes Laboratoriums überprüft werden. Chemikalien, die nicht mehr benötigt werden, müssen aus den Laboratorien entfernt werden. Gebrauchsfähige Chemikalien sind in ein Chemikalienlager oder in einem Sicherheitsschrank zu lagern, nicht mehr gebrauchsfähige oder benötigte Chemikalien sind der Abteilung 31, Herrn Weller (Tel. 4698), zur Entsorgung anzumelden.

Der Weiterverwendung von Chemikalien ist der Vorzug vor der Entsorgung zu geben. Voraussetzung für eine Weiterverwendung ist die saubere und sorgfältige Entnahme der Stoffe ohne Verunreinigung des restlichen Inhaltes.

Entleerte Behälter, die Gefahrstoffe, insbesondere brennbare Flüssigkeiten, enthielten, sind vor ihrer Entsorgung oder anderweitiger Weiterverwendung ausreichend zu reinigen. Sollen ungereinigte Gebinde entsorgt werden, sind diese unter der entsprechenden Abfallschlüsselnummer zu entsorgen. Bei der Verwendung als Abfallbehälter für Lösemittel ist auf die Gefährdung durch die explosionsfähige Atmosphäre im Inneren des Behälters zu achten. Insbesondere ungereinigte Behälter für Lösemittel können eine explosionsfähige Atmosphäre enthalten.

Bei der Aufbewahrung wird unterschieden in

1. sich im Arbeitsgang befinden
2. Bereitstellen
3. Lagern.

#### **7.5.1 Sich im Arbeitsgang befinden**

Chemikalien befinden sich im Arbeitsgang, wenn sie als Ausgangsstoffe oder Zwischenprodukte in laborüblichen Apparaturen und Gefäßen zum Einsatz kommen. Typische Beispiele sind

1. Zugabe von Chemikalien,
2. Rühren, Erhitzen, Kühlen von Chemikalien (-gemischen),
3. Destillationen,
4. Extrahieren, Ausschütteln,
5. Filtrieren, Absaugen,
6. alle analytischen Arbeiten, bei denen Stoffe untersucht werden,
7. Arbeiten mit strömenden Gasen,
8. Arbeiten unter Über- oder Unterdruck.

Gefahrstoffe, die sich im Arbeitsgang befinden,

1. brauchen nicht gekennzeichnet zu werden, sofern den beteiligten Beschäftigten bekannt ist, um welche Stoffe oder Zubereitungen es sich handelt, wenn also sichergestellt ist, dass mindestens eine anwesende Person über die Chemikalien Auskunft geben kann, die sich im Arbeitsgang befinden,
2. müssen vollständig gekennzeichnet werden, wenn die Person, die an der Apparatur arbeitet, nicht anwesend ist und keine weitere anwesende Person Angaben über die Chemikalien geben kann.

#### **7.5.2 Bereitstellen**

Bereitstellen ist das kurzzeitige vorübergehende Aufbewahren von Gefahrstoffen für längstens 24 Stunden in der für den Fortgang der Arbeiten erforderlichen Menge in der Nähe von Arbeitsplätzen, die abgefüllt, bearbeitet, transportiert, verarbeitet oder vernichtet werden sollen. Bereitgestellt wird eine Chemikalie, wenn sie sich zurzeit nicht im Arbeitsgang befindet, aber noch am selben oder folgenden Arbeitstag in einen Arbeitsprozess gegeben wird. Bereitgestellt wird eine Chemikalie z. B. dann, wenn sie

1. täglich als Vergleichssubstanz oder Lösungsmittel in der Spektroskopie eingesetzt wird,
2. in einem Laboratorium aufbewahrt wird, um noch am gleichen oder folgenden Tag für eine Synthese benutzt zu werden.

Als Bereitstellen gilt auch das Aufbewahren in Mengen von nicht mehr als 1 kg bzw. 1 Liter an Arbeitsplätzen. Er beschränkt sich außerdem auf regelmäßig oder häufig benutzte Gefahrstoffe sowie für bevorstehende Arbeiten bereitgestellte Gefahrstoffe. Bereitgestellte Chemikalien müssen vollständig gekennzeichnet sein.

#### **7.5.3 Lagern**

Lagern ist das Aufbewahren zur späteren Verwendung sowie zur Abgabe an andere. Es schließt die Bereitstellung zur Beförderung ein, wenn die Beförderung nicht binnen 24 Stunden nach der Bereitstellung oder am darauf folgenden Werktag erfolgt. Ist dieser Werktag ein Samstag, so endet die Frist mit Ablauf des nächsten Werktages, also in der Regel am Montagabend. Gelagert wird eine Chemikalie, die weder zurzeit noch am gleichen oder folgenden Arbeitstag benutzt wird bzw. werden wird. Gelagert werden alle Chemikalien, die

1. sich nicht im Arbeitsgang befinden oder
2. nicht bereitgestellt sind.

Chemikalien, die gelagert werden, müssen „vollständig“ gekennzeichnet werden. Chemikalien dürfen in Laboratorien grundsätzlich nicht gelagert werden! Das Lagern von Chemikalien ist nur in speziellen Lagerräumen oder Sicherheitsschränken zulässig.

### 7.5.3.1 Lagern von Chemikalien in Etagenlagern

In zahlreichen Instituten werden so genannte „Etagenlager“ für die Lagerung von Chemikalien benutzt. Wenn die Etagenlager (und alle anderen Chemikalienlager) eine bestimmte Lagermenge überschreiten, müssen strenge Vorschriften beachtet werden. Da ab einer bestimmten Grenze z. B. Löschwasserrückhaltebecken oder Feuerlöschanlagen gefordert werden, darf diese Grenze nicht überschritten werden, sofern diese Einrichtungen nicht vorhanden sind.

Es gelten folgende Höchstmengen für Etagenlager, wobei alle dort aufbewahrten Gebinde grundsätzlich als vollständig gefüllt gewertet werden müssen:

#### **brennbare Flüssigkeiten:**

1. in zerbrechlichen Gefäßen (z. B. Glasflaschen) maximal insgesamt 60 Liter hochentzündliche + leichtentzündliche Flüssigkeiten,
2. in unzerbrechlichen Gefäßen (z. B. Kunststoffkanistern, Edelstahlkannen) maximal insgesamt 450 Liter hochentzündliche + leichtentzündliche Flüssigkeiten

#### **giftige Stoffe:**

maximal 200 kg giftige Stoffe, davon höchstens 50 kg sehr giftige Stoffe.

#### **brandfördernde Stoffe:**

maximal 200 kg

Das Lagern ist unzulässig, sobald einer der o. g. Werte überschritten ist. Unabhängig davon wird empfohlen, die Lagermengen möglichst gering zu halten.

## 7.6 Transport von Gefahrstoffen

Beim Transport von Gefahrstoffen können Gefährdungen durch Gase, Dämpfe, Schwebstoffe, Spritzer oder freigesetzte Gefahrstoffmengen entstehen. Zerbrechliche Chemikaliengebilde (insbesondere Glasflaschen) müssen außerhalb von Laboratorien (z. B. über den Flur oder durch das Treppenhaus) in Eimern, Tragekörben oder Tragekästen, die ein sicheres Halten und Tragen ermöglichen, oder mit Chemikalienwagen transportiert werden. Die Chemikalienwagen sollen möglichst eine Auffangwanne besitzen. Gefahrstoffe dürfen in Aufzügen nicht zusammen mit Personen transportiert werden.

Zerbrechliche Gefahrstoffgebilde müssen beim Tragen am Behälterboden unterstützt werden. Gebinde, die aus Kühlgeräten oder kalten Räumen entnommen werden, können infolge Beschlagens sehr glatt oder rutschig sein. Chemikalienflaschen dürfen nicht an ihrem Hals oder gar am Verschluss getragen werden, da Spannungen oder andere Defekte im Glas zum Abreißen des Halses führen können.

Druckgasflaschen dürfen nur auf speziellen Gasflaschenwagen mit geschlossener Sicherheitskette und nur mit aufgeschraubter Schutzkappe zur Ventilsicherung transportiert werden.

Werden Gefahrstoffe über öffentliche Wege (Straße, Eisenbahn usw.) transportiert, z. B. zum Zweck der Entsorgung, sind besondere Bestimmungen der Gefahrgutverordnung Straße und Eisenbahn (GGVSE) zu beachten. Nähere Informationen erhalten Sie bei der Stabsstelle für Arbeitssicherheit und Gesundheitsvorsorge.

### 7.7. Umfüllen von Gefahrstoffen

Beim Umfüllen von Gefahrstoffen können Gefährdungen durch Gase, Dämpfe, Schwebstoffe, Spritzer von Gefahrstoffen entstehen. Insbesondere das Umfüllen größerer Mengen kann zu erheblichen Gefährdungen führen. Beim Umfüllen gefährlicher Stoffe aus Fässern, Ballons, Kanistern und anderen Behältern sind geeignete Einrichtungen zu benutzen.

Bei jedem Umfüllen von Gefahrstoffen besteht die Gefahr des Verschüttens, auch auf Haut und Kleidung, des Einatmens von Dämpfen oder Stäuben und der Bildung zündfähiger Gemische. Es muss deshalb persönliche Schutzausrüstung getragen werden, die vor allen Gefahren sicher schützt, mindestens Schutzbrille, Laborkittel, lange Hose, festes Schuhwerk und geeignete Schutzhandschuhe. Vor dem Umfüllen von Gefahrstoffen muss mindestens an Hand des Etiketts überprüft werden, welche Gefahren von dem Gefahrstoff ausgehen. Auf dem Etikett befindliche Angaben über die Gefährlichkeit eines Gefahrstoffes (H-Sätze) und die angegebenen Sicherheitsratschläge (P-Sätze) sind Bestandteil dieser Betriebsanweisung und unbedingt zu beachten.

Gefahrstoffe, die gefährliche Dämpfe, Gase und Stäube abgeben können (z. B. Brom), dürfen nur unter dem Abzug umgefüllt werden. Beim Umfüllen gefährlicher Stoffe aus Fässern, Ballons, Kanistern und anderen Behältern sind geeignete Vorrichtungen (z. B. Pumpen, Ballonkipper, Sicherheitsheber, selbstschließende Ventile) zu benutzen. Damit soll ein Verspritzen oder Verschütten von Gefahrstoffen vermieden werden. Behälter in Fass- oder Ballonkippern müssen gegen das Herausgleiten beim Kippen gesichert sein.

Fässer und Kannen für brennbare Flüssigkeiten dürfen mit einem Überdruck bis zu 0,2 bar entleert werden, wenn

1. das Fass oder die Kanne für die vorgesehene Druckbeanspruchung geeignet ist und das Fass oder die Kanne sich in einwandfreiem Zustand befinden,
2. die Druckzuleitung bei Anwendung eines Überdruckes bis 0,2 bar mit einem Manometer und einem Sicherheitsventil oder einer anderen Sicherheitseinrichtung ausgerüstet ist.

Zur Erzeugung des Überdrucks zum Abfüllen brennbarer Flüssigkeiten dürfen nur Inertgase (z. B. Stickstoff, Edelgase, Kohlendioxid) verwendet werden.

Beim direkten Umfüllen sind stets Flüssigkeits- oder Pulvertrichter zu verwenden, auch wenn die persönliche Geschicklichkeit ein subjektiv sicheres Manipulieren ohne diese Hilfsmittel zulässt. Es ist darauf zu achten, dass die Luft beim Eingießen ungehindert entweichen kann. Hierzu kann beispielsweise ein gläserner Haken zwischen Trichter und Öffnung eingehängt werden, so dass keine Blasen aus dem Trichter hochgedrückt werden. Für Feststoffe haben sich Feststofftrichter aus Kunststoff oder Glas mit angeformtem Kern bewährt, die direkt in eine Hülse eines Kolbens eingesetzt werden können.

Beim Umfüllen von Flüssigkeiten, insbesondere toxischer oder ätzender Art, ist das Unterstellen von Wannern, beim Umfüllen von Feststoffen eine Papierunterlage sinnvoll.

Die Dimensionen von Vorratsgefäß, Trichter und Auffanggefäß müssen zueinander passen. So ist z. B. das Umfüllen von 1 ml Flüssigkeit aus einer 2,5 Liter Flasche in einen 10 ml-Standzylinder kaum gefahrlos möglich! Für die Entnahme kleiner Flüssigkeitsmengen sollte stets eine genügende Anzahl von Pipetten am Arbeitsplatz verfügbar sein. Es ist unter allen Umständen verboten, Flüssigkeiten durch Ansaugen mit dem Mund zu pipettieren. Es müssen hierzu Pipettierhilfen (z. B. Peleusball) verwendet werden. Gießt man Flüssigkeiten aus einer Flasche, so ist die Flasche so zu halten, dass die Beschriftung bei waagerechter Lage oben ist, damit eventuell herunter fließende Tropfen das Etikett oder die Beschriftung nicht beschädigen. Stopfen und Verschlüsse dürfen nicht mit dem unteren Teil auf den Tisch gelegt werden, da hierbei der Tisch von der Chemikalie verunreinigt werden kann. Feste Stoffe darf man den Pulverflaschen nur mit einem sauberen Spatel oder Löffel entnehmen. Einem Gebinde entnommene Chemikalien dürfen nicht in diese zurückgegeben werden, da sonst bei Verwechslungen oder Verunreinigungen der gesamte Vorrat verunreinigt werden könnte.

Beim Umfüllen brennbarer Stoffe aus Gefäßen von mehr als 2,5 Litern sind Vorratsbehälter und zu befüllendes Gefäß auf gleichem Potential zu erden, um Zündungen infolge elektrostatischer Aufladungen zu vermeiden.

## 7.8 Herstellungs- und Verwendungsverbote

Sofern in dieser Betriebsanweisung Herstellungs- und Verwendungsverbote für bestimmte Gefahrstoffe ausgesprochen werden, gelten diese Verbote nicht für deren Entfernen und Entsorgen. Herstellungs- und Verwendungsverbote gelten insbesondere für Gefahrstoffe, die

1. krebserzeugende oder erbgutverändernde Eigenschaften haben,
2. sehr giftig oder giftig sind oder
3. die Umwelt schädigen können.

Soweit in der Gefahrstoffverordnung nicht etwas anderes bestimmt ist, gelten die Herstellungs- und Verwendungsverbote nicht für Forschungs-, Analyse- und wissenschaftliche Lehrzwecke in den dafür erforderlichen Mengen. Folgende Stoffe dürfen nicht mehr hergestellt oder verwendet werden (Gefahrstoffverordnung, Chemikalien-Verbotsverordnung):

### 1.) Asbesthaltige Gefahrstoffe

Zubereitungen und Erzeugnisse, die Asbest oder einen Massengehalt von mehr als 0,1 % Asbest enthalten, dürfen nicht mehr verwendet werden. Dies gilt nicht für

1. die Verwendung asbesthaltiger Gefahrstoffe für analytische Untersuchungen,
2. die Forschung an asbesthaltigen Gefahrstoffen,
3. Abbrucharbeiten
4. Sanierungs- und Instandhaltungsarbeiten an bestehenden Anlagen, Fahrzeugen, Gebäuden oder Geräten mit Ausnahme der Bearbeitung von Asbesterzeugnissen mit Arbeitsgeräten, die deren Oberfläche abtragen, wie z. B. Abschleifen, Hoch- und Niederdruckreinigen oder Abbürsten,
5. die Gewinnung, Aufbereitung und Weiterverarbeitung natürlich vorkommender mineralischer Rohstoffe, die freie Asbestfasern mit einem Massengehalt von nicht mehr als 0,1 % enthalten.

### 2.) aromatische Amine

Stoffe oder Zubereitungen, die die folgenden Stoffe mit einem Massengehalt von mehr als 0,1 Prozent enthalten, dürfen nicht hergestellt und verwendet werden:

1. 2-Naphtylamin und seine Salze
2. 4-Aminobiphenyl und seine Salze
3. Benzidin und seine Salze
4. 4-Nitrobiphenyl.

### 3.) Pentachlorphenol und seine Verbindungen

### 4.) Kühlschmierstoffe

Kühlschmierstoffe, denen nitrosierende Agentien als Komponenten zugesetzt worden sind, dürfen nicht verwendet werden. Der Arbeitgeber hat sich zu vergewissern, dass den eingesetzten Kühlschmierstoffen keine nitrosierenden Stoffe zugesetzt wurden. Der Gehalt an Nitrit ist regelmäßig im Kühlschmierstoff zu kontrollieren. Weitere Informationen erhalten Sie bei der Stabsstelle für Arbeitssicherheit und Gesundheitsvorsorge.

### 5.) biopersistente Fasern

Biopersistente Fasern dürfen weder für die Wärme- und Schalldämmung im Hochbau, einschließlich technischer Isolierungen, noch für Lüftungsanlagen hergestellt oder verwendet werden.

### 6.) besonders gefährliche krebserzeugende Gefahrstoffe

Die folgenden Gefahrstoffe dürfen nur in geschlossenen Anlagen hergestellt oder verwendet werden:

1. 6-Amino-2-ethoxynaphthalin
2. Bis(chlormethyl)ether
3. Cadmiumchlorid (in einatembarer Form)
4. Chlormethyl-methylether
5. Dimethylcarbonylchlorid
6. Hexamethylphosphorsäuretriamid
7. 1,3-Propansulton
8. N-Nitrosaminverbindungen, ausgenommen solche N-Nitrosaminverbindungen, bei denen sich in entsprechenden Prüfungen kein Hinweis auf krebserzeugende Wirkungen ergeben hat,
9. Tetranitromethan
10. 1,2,3-Trichlorpropan

## 11. Dimethyl- und Diethylsulfat.

### 7.9 Schutz vor Chemikalienaufnahme in den Körper

#### 7.9.1 Rangfolge von Schutzmaßnahmen

Das Arbeitsverfahren ist so zu gestalten, dass gefährliche Gase, Dämpfe oder Schwebstoffe nicht frei werden, soweit dies nach dem Stand der Technik möglich ist. Das Arbeitsverfahren ist ferner so zu gestalten, dass die Beschäftigten mit gefährlichen festen oder flüssigen Stoffen oder Zubereitungen nicht in Hautkontakt kommen, soweit dies nach dem Stand der Technik möglich ist.

Kann durch diese Maßnahmen nicht unterbunden werden, dass gefährliche Gase, Dämpfe oder Schwebstoffe frei werden, sind die Stoffe an ihrer Austritts- oder Entstehungsstelle zu erfassen und anschließend ohne Gefahr für Mensch und Umwelt zu entsorgen, soweit dies nach dem Stand der Technik möglich ist. Ist auch eine vollständige Erfassung der Stoffe nicht möglich, so sind die dem Stand der Technik entsprechenden Lüftungsmaßnahmen zu treffen.

In Laboratorien wird dieses Schutzziel z. B. durch geeignete Abzüge und raumluftechnische Anlagen erreicht, in anderen Arbeitsbereichen durch Maßnahmen wie z. B. Tischabsaugungen oder flexible Absaugvorrichtungen.

Die Anforderungen an die Lüftung können entsprechend niedriger angesetzt werden, wenn auf andere geeignete Weise die Gefährdung verringert wird, wie z. B. durch

1. Eliminierung bestimmter Stoffe aus dem Versuchsprogramm/Arbeitsverfahren,
2. Verminderung der pro Zeiteinheit anfallenden Gefahrstoffmenge vor allem durch kleiner dimensionierte Versuche oder durch Verringerung der Beschäftigtenzahl, z. B. durch Teilung eines Praktikums in mehrere Gruppen,
3. Verringerung des Anteils an Versuchen/Arbeitsverfahren mit flüchtigen Gefahrstoffen.

Ist die Sicherheitstechnik eines Arbeitsverfahrens fortentwickelt worden, hat sich diese bewährt und erhöht sich die Arbeitssicherheit hierdurch erheblich, so hat der Arbeitgeber das nicht entsprechende Arbeitsverfahren, soweit zumutbar, innerhalb einer angemessenen Frist dieser Fortentwicklung anzupassen.

Bei jedem Umgang mit Chemikalien besteht die Gefahr, dass sie in den Körper aufgenommen werden können. Dabei sind drei Aufnahmewege möglich:

1. über den Mund und Verdauungstrakt (oral),
2. über die Atemwege (inhalativ),
3. durch die Haut (dermal).

#### 7.9.2 Schutz vor oraler Chemikalienaufnahme

Eine orale Chemikalienaufnahme, also eine Aufnahme über den Mund und den Verdauungstrakt, lässt sich in chemischen Laboratorien besonders leicht verhindern. Entscheidend ist,

1. in chemischen Laboratorien NICHT zu essen oder zu trinken,
2. in chemischen Laboratorien KEINE Lebensmittel aufzubewahren,
3. in chemischen Laboratorien KEINE Gefäße für Lebensmittel zu verwenden, die im Labor üblicherweise für die Aufbewahrung von Chemikalien benutzt werden,
4. Chemikalien NICHT in Gefäßen aufzubewahren, die üblicherweise für die Aufbewahrung von Lebensmitteln benutzt werden,
5. Flüssigkeiten NICHT durch Ansaugen mit dem Mund zu pipettieren,
6. sich vor dem Essen und Trinken gründlich die Hände zu waschen.

Chemikalien, die oral aufgenommen werden, bleiben oft eine Zeit lang im Verdauungstrakt, bevor sie in den Blutkreislauf aufgenommen werden. Bei Unfällen ist es deshalb notwendig, ein möglichst rasches Erbrechen auszulösen. Das gilt jedoch nicht für bewusstlose Personen und auch nicht für Säuren und Laugen, da diese Stoffe, vor allem bei Aufnahme in konzentrierter Form, Mund, Rachen und Speiseröhre verätzen können. Hier stellt das Trinken von viel Wasser zur Verdünnung die Erste Hilfe dar.

### 7.9.3 Schutz vor dermalen Chemikalieneaufnahme

Die Gefährdung durch die Aufnahme von flüssigen, festen und gasförmigen Gefahrstoffen durch die Haut wird von den meisten Beschäftigten nicht erkannt oder als gering erachtet! Dabei ist gerade diese Gefahr ein Hauptproblem der Arbeitssicherheit. Die meisten Berufskrankheiten sind Hautkrankheiten!

Chemikalien, die auf die Haut gelangen, können

1. die Haut selbst schädigen (lokale Wirkung, z. B. Reizungen, Verätzungen, Versproden der Haut),
2. nach Durchdringen der Haut den Körper an ganz anderen Stellen schädigen (systemische Wirkung),
3. gleichzeitig eine lokale und eine systemische Schädigung hervorrufen.

#### Lokale Wirkung

Die Haut stellt gegen wasserlösliche Stoffe in der Regel eine gute Schutzschicht dar, da die Hornschicht lipophile Bestandteile enthält. Schleimhäute (z. B. in der Nase, vor allem aber die Schleimhäute der Augen!) besitzen keine Hornschicht, die wirksam vor Chemikalien schützt. Gelangen ätzende oder reizende Chemikalien auf die Haut, kann es zu Zerstörungen der Haut kommen. Als Erste Hilfe ist das ausdauernde Spülen mit Leitungswasser notwendig. Es muss bei Augen- oder Hautverletzungen mindestens 10 Minuten lang erfolgen. Von der Kontamination mit Chemikalien sind erfahrungsgemäß vor allem die Hände und das Gesicht betroffen. Vor der Kontamination schützt eine geeignete persönliche Schutzausrüstung.

Es wird darauf hingewiesen, dass eine Verschmutzung der Haut auch durch Berührung mit verschmutzter persönlicher Schutzausrüstung erfolgen kann. So können z. B. Chemikalien durch die Hände aufgenommen werden, wenn die Hände am verschmutzten Laborkittel gerieben werden. Die (regelmäßige) Reinigung oder der Ersatz verschmutzter Schutzausrüstung ist deshalb unbedingt notwendig.

#### Systemische Wirkung

Chemikalien können durch die Haut aufgenommen werden und dann zu schwersten Schädigungen an ganz anderer Stelle im Körper führen (systemische Wirkung) nach Verschmutzungen der Haut mit Flüssigkeiten oder Feststoffen oder durch die Diffusion von Gasen durch die Haut. Fettlösliche Stoffe werden sehr rasch aufgenommen und gelangen dann in die Blutbahn, ohne zuvor in Stoffe mit geringerer Schädigung umgewandelt werden zu können. Bei hautresorptiven Stoffen ist von einer Überschreitung der zulässigen Grenzwerte auszugehen, wenn beim Umgang mit den Gefahrstoffen ein unmittelbarer Hautkontakt besteht.

### 7.9.4 Schutz vor inhalativer Chemikalieneaufnahme

Wegen des Sauerstoffbedarfes des Menschen werden Stoffe, auch Gefahrstoffe, die sich in der Atemluft befinden, ständig in den Körper aufgenommen. Von Gefahrstoffen in atembare Form gehen deshalb besonders große Gefahren aus. Gefahrstoffe in atembare Form sind:

1. Gase,
2. Dämpfe,
3. Aerosole,
4. Stäube.

Sie werden im Folgenden als „Atemgifte“ bezeichnet. Sie können

1. die Atmungsorgane selbst schädigen (lokale Wirkung, z. B. Reizungen, Verätzungen, Lungenödeme, Lungenkrebs),
2. nach Aufnahme in das Blut den Körper an ganz anderen Stellen schädigen (systemische Wirkung),
3. erstickend wirken,
4. gleichzeitig eine lokale und eine systemische Schädigung hervorrufen.

#### Gefahren durch erstickend wirkende Atemgifte

Erstickend wirkende Atemgifte, vor allem Gase (z. B. Kohlendioxid, Stickstoff, Edelgase), werden in der Technik in großem Maße gebraucht. Sie können vom Menschen nicht wahrgenommen werden. Durch das Verdrängen von Sauerstoff können sie zu plötzlicher Bewusstlosigkeit und zum Tod führen. Akuter

Sauerstoffmangel tritt vor allem dann auf, wenn große Mengen erstickender Atemgifte plötzlich freigesetzt werden, z. B. bei Unfällen mit Druckgasflaschen oder beim Transport von flüssigem Stickstoff. Druckgasflaschen mit erstickend wirkenden Atemgiften oder Behälter mit flüssigem Stickstoff dürfen deshalb niemals zusammen mit Personen in Aufzügen transportiert werden.

#### **Gefahren durch reizende und ätzende Atemgifte**

Reizende und ätzende Atemgifte (z. B. Schwefeldioxid, Chlorwasserstoff, Ammoniak) führen in der Regel beim Einatmen zu einem starken Hustenreiz oder Stechen in der Nase, wodurch die Aufnahme größerer Mengen in die Lunge verhindert wird. Besonders kritisch ist die Aufnahme von solchen reizenden und ätzenden Atemgiften, die sich kaum durch Stechen in der Nase oder Hustenreiz bemerkbar machen und ihre Wirkung erst nach einiger Zeit vor allem in der Lunge entfalten. Diese Stoffe können zu Zerstörungen der Lunge führen (Lungenödem), die oft erst nach Stunden bemerkbar sind und tödlich verlaufen können. Besonders gefährlich sind Phosgen, Chlor, Brom und nitrose Gase.

#### **Gefahren durch Atemgifte mit toxischer Wirkung**

Sehr giftige, giftige und gesundheitsschädliche Gase, Dämpfe, Aerosole und Stäube führen in der Regel schon in kleinen Konzentrationen zu sehr ernsten Gesundheitsschädigungen, die sehr rasch zum Tode führen können. Bekannte Beispiele für diese Atemgifte sind Kohlenmonoxid, Cyanwasserstoff (Blausäure), Arsenwasserstoff (Arsin) und Phosphorwasserstoff (Phosphin). Aber auch die Dämpfe der meisten Lösungsmittel (z. B. Diethylether, Aceton, Essigsäureethylester, Trichlormethan) können vor allem bei längerer Einwirkung hoher Konzentrationen giftig wirken. Viele dieser Stoffe wirken chronisch schädigend. So können chlorierte Kohlenwasserstoffe zu Schädigungen der Nieren und der Leber führen, Benzol kann Krebs erzeugen.

#### **Gefahren durch Stäube**

Stäube sind in der Regel umso gefährlicher, je kleiner die Partikel sind. Größere Partikel werden bereits in der Nase, der Luftröhre und den Bronchien aufgehalten und von dort relativ rasch wieder aus dem Körper ausgeschieden. Partikel, die die Lungenbläschen erreichen, können dort zu ernsten Erkrankungen führen. Bekannte Beispiele sind Asbest (Asbestose, Lungenkrebs) und Quarzstaub (Silikose, Zerstörung der Lungenbläschen).

Gefahren durch erbgutverändernde, krebserzeugende oder fortpflanzungsgefährdende Atemgifte

Besondere Vorsicht erfordert der Umgang mit diesen Atemgiften, da bereits durch die einmalige Aufnahme selbst kleiner Mengen irreversible Schäden hervorgerufen werden können. Dabei besteht oft eine lange Latenzzeit zwischen der Aufnahme des Atemgiftes und dem Ausbruch der Erkrankung. Der Umgang mit diesen Gefahrstoffen erfordert eine besondere Vorsicht.

### **7.10 Chemikalien, deren Besitz polizeilich kontrolliert werden kann**

Für folgende Chemikalien behält sich die Kriminalpolizei im Zusammenhang mit der Herstellung von Betäubungsmitteln Überprüfungen von Besitz und Verwendung vor. Es wird aber ausdrücklich darauf hingewiesen, dass weder Bestellung noch Besitz dieser Substanzen einen Straftatbestand erfüllen.

Acetondicarbonsäure und deren Ester  
 2-Amino-5-chlorbenzophenon  
 Amphetamin  
 Anthranilsäure  
 Benzaldehyd  
 Benzoylchlorid  
 Benzylmethylketon  
 2-Chlor-N,N-dimethylpropylamin  
 5-Chlor-2-methylaminobenzophenon  
 Citral  
 2,5-Diethoxytetrahydrofuran  
 2,5-Dimethoxybenzaldehyd  
 2,5-Dimethoxytetrahydrofuran  
 2,5-Dimethoxytoluol  
 Diphenylacetonitril  
 Ephedrin  
 Ergotalkaloide

p-Fluoranilin  
 Gallussäure  
 Indol  
 Isatosäureanhydrid  
 Isosafrol  
 Lysergsäure  
 4-Methoxyindol  
 1,2-Methylenedioxi-4-propenylbenzol  
 Morphin  
 Norpseudoephedrin  
 Olivetol  
 Phenethylamin  
 N-(1-Phenethyl)-piperidin-4-on  
 N-(1-Phenethyl-4-piperidinyl)-anilin  
 N-(1-Phenethyl-4-piperidinyl)-fluoranilin  
 Phenylaceton  
 Phenylacetonitril  
 N-(1-(2-Phenylisopropyl)-4-piperidinyl)-anilin  
 N-(1-(2-Phenylisopropyl))-piperidin-4-on  
 N-(4-Piperidinyl)-anilin  
 Piperonal  
 Safrol  
 2-Toluidin  
 3,4,5-Trimethoxybenzaldehyd  
 3,4,5-Trimethoxybenzoesäure  
 3,4,5-Trimethoxybenzylalkohol  
 3,4,5-Trimethoxyphenylacetonitril  
 3,4,5-Trimethoxyphenylpropen

### **7.11 Hinweise zum Umgang mit besonderen Gefahrstoffgruppen, Gefahrstoffgruppenspezifische Betriebsanweisungen**

Betriebsanweisungen für den Umgang mit Gefahrstoffen sollten möglichst Stoffgruppen bezogen erstellt werden. Einzelstoffbezogene Betriebsanweisungen sind dann erforderlich, wenn durch die Art des Umganges ein besonderes oder zusätzliches Risiko gegeben ist. Für sehr giftige, krebserzeugende, erbgutverändernde, fortpflanzungsgefährdende, selbstentzündliche, hochentzündliche oder explosionsgefährliche Einzelstoffe können Stoffgruppen bezogene Betriebsanweisungen nur dann erstellt werden, wenn keine besonderen oder zusätzlichen Risiken durch die einzelnen Stoffe gegeben sind. Die stoffbezogenen Betriebsanweisungen müssen arbeitsbereichsbezogen erstellt werden.

Dieses Kapitel enthält Hinweise für den Umgang mit besonderen Gefahrstoffgruppen, z. B. ätzenden Stoffen, giftigen Stoffen usw. Für jede Gefahrstoffgruppe ist eine Betriebsanweisung aufgeführt, die folgende Daten enthält:

1. Bezeichnung der Gefahrstoffgruppe (z. B. ätzende Gefahrstoffe)
2. Gefahren für Mensch und Umwelt
3. Schutzmaßnahmen, Verhaltensregeln und hygienische Maßnahmen
4. Verhalten im Gefahrfall
5. Erste Hilfe
6. Sachgerechte Entsorgung

#### **7.11.1 Explosive (explosionsgefährliche) Stoffe**

Oberstes Gebot ist Sauberkeit und Ordnung am Arbeitsplatz!

Explosionsgefährliche Stoffe dürfen nur in Mengen bis zu 1 g an allseitig abgeschirmten Arbeitsplätzen (z. B. Abzug mit geschlossener Frontscheibe) gehandhabt werden. Überhitzung, Schlag, Reibung, Flammennähe und Funkenbildung sind peinlichst genau zu vermeiden. Explosionsgefährliche Stoffe dürfen nicht in Glasgefäßen mit ungefetteten Schliffen aufbewahrt werden, da bereits die Zerreibung

von Kristallen im Schliff ausreichen kann, eine gefährliche Explosion auszulösen. Vorräte an explosionsgefährlichen Stoffen und Gemischen sind so gering wie möglich zu halten. Sie sind gegen Flammen- und Hitzeeinwirkung gesichert, verschlossen und von den Arbeitsplätzen entfernt möglichst in einem besonderen Raum aufzubewahren.

Bei Tätigkeiten mit explosiven Stoffen hat der Arbeitgeber auf der Grundlage der Gefährdungsbeurteilung zum Schutz der Beschäftigten, anderer Personen und von Sachgütern zusätzliche besondere Maßnahmen zu ergreifen, insbesondere verfahrenstechnische, organisatorische und bauliche Schutzmaßnahmen einschließlich einzuhalten Abstände. Die Vorschriften des Sprengstoffgesetzes und der darauf gestützten Rechtsvorschriften bleiben unberührt.

Die Herstellung von und der Umgang mit explosiven Stoffen im Sinne des Sprengstoffgesetzes ist verboten. Ausnahmen für Lehre und Forschung regelt das Sprengstoffgesetz mit Anlagen und den dazugehörigen Rechtsverordnungen. Auskünfte erhalten Sie bei der Stabsstelle für Arbeitssicherheit und Gesundheitsvorsorge. Ohne die Erlaubnis von Tätigkeiten durch die Stabsstelle für Arbeitssicherheit und Gesundheitsvorsorge dürfen keine Tätigkeiten mit explosiven Stoffen im Sinne des Sprengstoffgesetzes ausgeführt werden. Außerdem dürfen diese Stoffe nicht beschafft oder hergestellt werden.

Es darf nur mit geringen Mengen (<1g) explosiver Stoffe und nur an ausreichend abgeschirmten Arbeitsplätzen, z. B. im Abzug bei geschlossener Frontscheibe, gearbeitet werden. Zusätzliche Abschirmungen mit Schutzscheiben und -wänden können die Auswirkungen von Explosionen (Deflagrationen oder Detonationen) begrenzen. Überhitzung, Flammennähe, Funkenbildung, Schlag, Reibung und gefährlicher Einschluss (Verdämmung) sind zu vermeiden. Geeignete Schutzvorkehrungen technischer, organisatorischer und personenbezogener Art sind zu treffen.

Vorräte an explosiven Stoffen und Gemischen sind so gering wie möglich zu halten. Sie sind gegen Flammen- und Hitzeeinwirkung gesichert, unter Verschluss und von den Arbeitsplätzen entfernt, möglichst in einem besonderen Raum, aufzubewahren. Eine Zusammenlagerung mit brennbaren Gefahrstoffen oder Druckgasen, auch in Sicherheitsschränken, ist verboten.

Als geeignete technische Schutzvorkehrung hat sich das Arbeiten in Abzügen bei geschlossenem Frontschieber oder an entsprechend abgeschirmten Arbeitsplätzen bewährt. Als persönliche Schutzausrüstungen haben sich Gesichtsschutzschirme bewährt, die auch den empfindlichen Hals- und Brustbereich schützen, ferner dicke Lederschürzen sowie dicke, lange Lederhandschuhe.

Durch organisatorische Maßnahmen ist die Zahl der Personen im gefährdeten Bereich auf das unbedingt erforderliche Maß zu beschränken. Eine weitere Maßnahme ist die Minimierung der Stoffmengen, wobei zu beachten ist, dass von manchen Stoffen (zum Beispiel Stickstofftriodid, Fulminate, Schwermetallazide oder  $\text{Se}_4\text{N}_4$ ) auch kleinste Mengen (mg-Bereich) eine erhebliche Gefährdung bedeuten können.

Gebräuchliche explosive Stoffe sind z. B.:

1. Ammoniumnitrat
2. Ammoniumchromat, Ammoniumdichromat
3. Salze des Acetylens und seiner Derivate
4. alpha,alpha'-Azoisobutyronitril
5. Chlorstickstoff
6. Diazoniumsalze und andere Diazoverbindungen
7. 1-Hydroxybenzotriazol
8. Knallsäuresalze (Fulminate)
9. organische Nitro- und Nitroverbindungen
10. organische Peroxide
11. organische Persäuren, Percarbonsäuren
12. Pikrinsäure
13. Salpetersäureester
14. Silber- und Goldsalze
15. Stickstoffwasserstoffsäure und ihre Salze (Azide) und Ester
16. Radikale
17. Schwermetallperchlorate

Metallpulver, die durch die Reduktion Wasserstoff enthalten, Lösungen mit einem Wasserstoffperoxidgehalt über 30 % und darin enthaltenen Schwermetallionen sowie Halogenkohlenwasserstoffe im Kontakt mit Alkalimetallen können ebenfalls zu Explosionsgefahren führen.

Mischungen oxidierender Substanzen (z. B. Nitrate, Chromate, Chlorate, Perchlorate, rauchende Salpetersäure, Nitriersäure, konz. Schwefelsäure, Wasserstoffperoxidlösungen (insbesondere bei Konzentrationen oberhalb 30 %)) mit brennbaren oder reduzierenden Stoffen können ebenfalls explosiv sein. So reagiert z. B. rauchende Salpetersäure explosionsartig mit Aceton, Ethern, Alkoholen und Terpentinöl. Die schwersten Laborunfälle an der TU sind durch solche Stoffmischungen entstanden!

Explosionsgefährlich sind auch fast alle Dampf/Luft-Gemische brennbarer Flüssigkeiten und Gase. Stäube brennbarer, aber nicht explosiver Feststoffe können ebenfalls zu Explosionsgefahren führen.

Ist die Bildung einer explosiven Atmosphäre bei Arbeiten mit brennbaren Flüssigkeiten, Gasen oder Stäuben nicht durch primäre Schutzmaßnahmen vermeidbar, sind Maßnahmen durchzuführen, die eine Entzündung verhindern. Zu diesen Maßnahmen gehört z. B. der Ersatz von brennbaren durch nicht brennbare Lösungsmittel oder durch Lösungsmittel mit einem ausreichend sicher über Raum- und Verarbeitungstemperatur liegenden Flammpunkt. Zu den Maßnahmen, die eine Bildung explosionsgefährlicher Atmosphäre in Gefahr drohender Menge verhindern, gehört z. B. das Absaugen der brennbaren Gase, Dämpfe oder Stäube an der Entstehungs- oder Austrittsstelle oder das Arbeiten in Abzügen. Maßnahmen, die eine Entzündung explosionsgefährlicher Atmosphäre verhindern, sind z. B. das Vermeiden offener Flammen, der Einsatz explosionsgeschützter elektrischer Betriebsmittel und das Vermeiden elektrostatischer Aufladungen.

Beim Arbeiten mit ammoniakalischen silbersalzhaltigen Lösungen ist zu beobachten, dass sich nach einiger Zeit ein schwarzer Niederschlag abscheidet, der teilweise aus Silbernitrid (Bertholletsches oder Schwarzes Knallsilber) besteht. Diese bislang nicht eindeutig charakterisierte Verbindung ist im Gegensatz zum Silberfulminat (Knallsilber) praktisch nicht handzuhaben, da es bereits beim Berühren, Umrühren, Schütteln oder selbst beim Eintrocknen der Lösung heftig explodieren kann. Ammoniakalische silbersalzhaltige Lösungen müssen nach ihrer Herstellung sofort weiterverarbeitet werden.

Mit flüssigem Ammoniak bildet sich hochexplosives Silberamid, Apparatebestandteile aus Silber dürfen daher mit flüssigem Ammoniak nicht in Kontakt kommen. Auch Quecksilber bildet mit Ammoniak ein explosionsfähiges Nitrid.

Beim Umgang mit Perchlorsäure muss sichergestellt sein, dass sich nicht unkontrolliert explosionsgefährliche Perchlorate bilden können. Dies ist z. B. möglich bei einer Einwirkung von Perchlorsäure auf Holz (Labormöbel). Besonders gefährlich ist dies bei Abrauchabzügen, bei denen Perchlorsäure in das Holz eingedrungen sein könnte. Hier ist eine besondere Entsorgung erforderlich. Für das Abrauchen ist in der Regel der Einsatz von speziellen Abrauchabzügen erforderlich.

#### **explosionsgefährliche, phlegmatisierte Gefahrstoffe**

Viele explosionsgefährliche Gefahrstoffe werden in phlegmatisierter Form gehandelt und müssen auch so aufbewahrt werden. Unter Phlegmatisierung versteht man die Herabsetzung der Empfindlichkeit eines Explosivstoffes gegen z. B. Schlag, Reibung, Stoß und Erschütterung durch Anteigen dieser Substanz mit Wasser oder anderen inerten Verdünnungsmitteln. Werden diese Verdünnungsmittel entfernt (z. B. durch Austrocknen), erhalten die Chemikalien ihre Explosionsgefährlichkeit zurück. Phlegmatisierte Stoffe sind regelmäßig zu kontrollieren, um eine Aufhebung der Phlegmatisierung zu verhindern.

## GEFAHRSTOFFSPEZIFISCHE BETRIEBSANWEISUNG

### EXPLOSIVE (EXPLOSIONSGEFÄHRLICHE) GEFAHRSTOFFE



**GEFAHR**

Beispiele: Ammoniumnitrat, Dibenzoylperoxid, Azoisobutyronitril, Bleiazid, Ammoniumdichromat, Pikrinsäure, Ethylnitrat, Trinitrobenzol-Derivate

#### GEFAHREN FÜR MENSCH UND UMWELT

Gefahrenhinweise (H-Sätze) des Etiketts beachten! Explosionsgefahr durch Schlag, Reibung, Feuer, Erwärmen, andere Zündquellen. Auch ohne Anwesenheit von Luft explosionsgefährlich. Höchste Explosionsgefahr bei Mischung mit brennbaren oder brandfördernden Stoffen. Erfolgt die Explosion in einem geschlossenen Gefäß oder einem geschlossenen Raum, können die bei deren Zerstörung entstehenden Splitter oder Trümmer schwere Verletzungen bewirken. Einige der Stoffe wirken auch gesundheits- und umweltschädigend und werden durch die Haut aufgenommen.

#### SCHUTZMASSNAHMEN, VERHALTENSREGELN UND HYGIENISCHE MASSNAHMEN

Ordnung und Sauberkeit am Arbeitsplatz sind Voraussetzung für sicheres Arbeiten! Geräte und Hilfsmittel stets sauber halten, da Verunreinigungen gefährliche Reaktionen bewirken können! Sicherheitsratschläge (P-Sätze) des Etiketts und sonstige Warnhinweise unbedingt beachten! Nie mit offener Flamme erwärmen. Von elektrischen Geräten, Zünd- und Wärmequellen entfernt halten. Explosionsgeschützte elektrische Geräte und funkenfreie Werkzeuge benutzen. Maßnahmen gegen elektrostatische Aufladungen ergreifen! Bei mechanischer Bearbeitung kühlen. Jeden Kontakt mit brennbaren oder brandfördernden Stoffen vermeiden. Keine Vorräte am Arbeitsplatz aufbewahren. Sicherheitsratschlag „Feucht halten mit ...“ (vom Hersteller anzugeben) unbedingt beachten. Möglichst nur in offenen Gefäßen arbeiten! Laborkittel, Schutzbrille, Schutzschild, Handschuhe tragen. Mit gefährlichen Mengen nur hinter Schutzscheiben (z. B. geschlossener Abzugsschieber) arbeiten!

#### VERHALTEN IM GEFAHRFALL

Bei beginnenden Zersetzungsreaktionen, Geräuschen und allen ungewöhnlichen Vorkommnissen sofort alle Personen zum Verlassen des Raumes auffordern. Sofort Raum verlassen. Vorgesetzten informieren. Regelmäßig Hände und Gesicht waschen. Benetzte Kleidungsstücke sofort ausziehen.

#### ERSTE HILFE

Haut: Sofort gründlich mit Wasser, Seife oder Polyglycolen (z. B. Roticlean) reinigen, ggf. Notdusche benutzen! Bei Verbrennungen mindestens 10 Minuten lang mit kaltem (Trink-) Wasser kühlen.

Augen: Unter fließendem Wasser (Augennotdusche) mindestens 10 Minuten lang spülen, anschließend sofort zum Augenarzt.

Verschlucken: Kein Erbrechen auslösen.

Einatmen: Frischluft, Ruhe, Wärme

Sofort Notarzt über Notruf 0-112 oder 0-19222 alarmieren. Möglichst Chemikalienflasche/Etikett/Erbrochenes mitnehmen!

#### SACHGERECHTE ENTSORGUNG

Siehe Kapitel 9 der allgemeinen Betriebsanweisung. Ggf. ist die Rücksprache mit der Stabsstelle für Arbeitssicherheit und Gesundheitsvorsorge erforderlich. Auf keinen Fall explosionsgefährliche Stoffe mit brennbaren oder brandfördernden Stoffen vermischen!

### 7.11.2 Selbstentzündliche Gefahrstoffe

Häufig benutzte selbstentzündliche Gefahrstoffe sind z. B.:

1. weißer Phosphor
2. Alkalimetalle (z. B. Kalium) bei hoher Luftfeuchtigkeit
3. Aluminiumalkyle, Zinkalkyle
4. sonstige Metallalkyle
5. GRIGNARD-Reagentien
6. niedrige Phosphane
7. Silane
8. Lithiumaluminiumhydrid
9. feinverteilte pyrophore Metalle (z. B. pyrophores Eisen)
10. Hydrierkatalysatoren wie Palladium auf Trägern oder Raney-Nickel nehmen nach Gebrauch beim Trocknen pyrophore Eigenschaften an.

Stoffe, die sich bei gewöhnlicher Temperatur durch Einwirkung von Luft oder Feuchtigkeit selbst entzünden können, sind getrennt von anderen explosionsgefährlichen, brandfördernden, hochentzündlichen, leichtentzündlichen und entzündlichen Stoffen sowie gegen Brandübertragung gesichert aufzubewahren. Werden sie laufend benötigt, dürfen sich begrenzte Mengen, die für den unmittelbaren Fortgang der Arbeiten notwendig sind, während der Arbeitszeit am Arbeitsplatz befinden.

Arbeiten mit selbstentzündlichen Stoffen müssen im Abzug durchgeführt werden. Alle brennbaren Stoffe, die nicht unmittelbar für die Fortführung der Arbeit benötigt werden, sind aus dem Abzug zu entfernen. Geeignete Löschmittel sind bereitzuhalten.

## GEFAHRSTOFFSPEZIFISCHE BETRIEBSANWEISUNG

### SELBSTENTZÜNDLICHE GEFAHRSTOFFE



#### GEFAHR

Beispiele: weißer Phosphor, Alkalimetalle (z. B. Kalium) bei hoher Luftfeuchtigkeit, Aluminiumalkyle, GRIGNARD-Reagentien, Phosphine, Zinkalkyle

#### GEFAHREN FÜR MENSCH UND UMWELT

Gefahrenhinweise (H-Sätze) des Etiketts beachten! Bei Hautkontakt, Verschlucken oder Einatmen können durch diese Gefahrstoffe Brandverletzungen und Vergiftungen ausgelöst werden.

#### SCHUTZMASSNAHMEN, VERHALTENSREGELN UND HYGIENISCHE MASSNAHMEN

Sicherheitsratschläge (P-Sätze) des Etiketts beachten! Gefahrstoffe dürfen nicht mit Sauerstoff/Luft in Kontakt kommen. Unter Schutzgasatmosphäre arbeiten (z. B. unter Stickstoff, Edelgasen). Sehr sorgfältiges Arbeiten ist notwendig! Jeden Hautkontakt vermeiden. Gefahrstoffe nicht einatmen und nicht verschlucken. Laborkittel, Schutzhandschuhe und Schutzbrille tragen! Regelmäßig Hände und Gesicht waschen. Vor Versuchsbeginn Feuerlöscher/Löschsand bereitstellen!

Stoffe, die sich bei gewöhnlicher Temperatur durch Einwirkung von Luft oder Feuchtigkeit selbst entzünden können, sind getrennt von anderen explosionsgefährlichen, brandfördernden, hochentzündlichen, leichtentzündlichen und entzündlichen Stoffen sowie gegen Brandübertragung gesichert aufzubewahren. Werden sie laufend benötigt, dürfen sich begrenzte Mengen, die für den unmittelbaren Fortgang der Arbeiten notwendig sind, während der Arbeitszeit am Arbeitsplatz befinden. Arbeiten mit selbstentzündlichen Stoffen müssen im Abzug durchgeführt werden. Alle brennbaren Stoffe, die nicht unmittelbar für die Fortführung der Arbeit benötigt werden, sind aus dem Abzug zu entfernen. Geeignete Löschmittel sind bereitzuhalten.

#### VERHALTEN IM GEFAHRFALL

Benetzte Haut gründlich reinigen. Benetzte Kleidungsstücke sofort ausziehen. Verschüttete Stoffe sofort inertisieren (bei weißem Phosphor z. B. durch Übergießen mit Wasser). Verschüttete feste Stoffe zusammenkehren, verschüttete flüssige Stoffe mit Adsorbentien binden und anschließend zur Entsorgung geben. Dabei ggf. zusätzlich Atemschutz tragen! Maßnahmen treffen, die eine erneute Selbstentzündung verhindern!

#### ERSTE HILFE

Haut: Sofort gründlich mit Wasser, Seife oder Polyglycolen (z. B. Roticlean) reinigen, ggf. Notdusche benutzen.

Augen: Unter fließendem Wasser (Augennotdusche) mindestens 10 Minuten lang spülen, anschließend sofort zum Augenarzt.

Verschlucken: Erbrechen auslösen.

Einatmen: Frischluft, Ruhe, Wärme.

In schweren Fällen Notarzt über Notruf 0-112 oder 0-19222 alarmieren. Möglichst Chemikalienflasche/Etikett/Erbrochenes mitnehmen.

#### SACHGERECHTE ENTSORGUNG

Siehe Kapitel 9 der allgemeinen Betriebsanweisung. Ggf. ist die Rücksprache mit Abteilung 31, Herrn Weller (Tel. 4698), erforderlich.

### 7.11.3 Oxidierende (brandfördernde) Gefahrstoffe

Mischungen oxidierender Stoffe mit oxidierbaren Stoffen haben in der Vergangenheit zu den schwersten Unfällen an der TU geführt, da diese Mischungen explosiv sind!

Gebräuchliche oxidierende Gefahrstoffe sind:

1. Nitrate
2. Nitrite
3. (rauchende) Salpetersäure
4. Chlorate
5. Perchlorate
6. Chrom(VI)-verbindungen (krebserzeugend!)
7. Kaliumpermanganat
8. organische Peroxide.

Oxidierende Gefahrstoffe sind getrennt von hoch- und leichtentzündlichen, entzündlichen, selbstentzündlichen und explosionsgefährlichen Stoffen aufzubewahren.

Bitte beachten Sie, dass fein gepulverte oder flüssige oxidierende Stoffe in der Mischung mit organischen Chemikalien Brände auch dann auslösen können, wenn die Chemikalien normalerweise nicht entzündlich sind (z. B. rauchende Salpetersäure/Holz; Kaliumpermanganat/Glycerin). Mit brandfördernden Gefahrstoffen darf nicht in zerbrechlichen Gefäßen von mehr als 5 Litern Inhalt gearbeitet werden. Ausnahmen sind nur zulässig, wenn besondere Schutzmaßnahmen getroffen werden, z. B. das Arbeiten über einer Auffangwanne, die die austretenden oxidierenden Gefahrstoffe aufnehmen kann.

## GEFAHRSTOFFSPEZIFISCHE BETRIEBSANWEISUNG

### OXIDIERENDE (BRANDFÖRDERNDE) GEFAHRSTOFFE



**GEFAHR**

Beispiele: Nitrate, Nitrite, Chrom(VI)-verbindungen, rauchende Salpetersäure, Perchlorate, Kaliumpermanganat, organische Peroxide, reiner Sauerstoff, Perchlorsäure, flüssige Luft.

#### GEFAHREN FÜR MENSCH UND UMWELT

Gefahrenhinweise (H-Sätze) des Etiketts beachten! Oxidierende Stoffe können brennbare Stoffe entzünden und einen bestehenden Brand erheblich fördern. Bei Mischung mit entzündlichen Stoffen können sie explosive Gemische bilden.

#### SCHUTZMASSNAHMEN, VERHALTENSREGELN UND HYGIENISCHE MASSNAHMEN

Oberste Gebote sind Ordnung und Sauberkeit am Arbeitsplatz! Sicherheitsratschläge (S-Sätze) des Etiketts beachten! Niemals oxidierende Gefahrstoffe mit entzündbaren (entzündliche, leichtentzündliche oder hochentzündliche) Gefahrstoffen vermischen! Feingepulverte oder flüssige oxidierende Chemikalien können in der Mischung mit organischen Materialien Brände auch dann auslösen, wenn die Chemikalien normalerweise nicht entzündlich sind (z. B. rauchende Salpetersäure/Holz; Kaliumpermanganat/Glycerin). Jeden direkten Körperkontakt vermeiden. Regelmäßig Hände und Gesicht waschen! Laborkittel, Schutzhandschuhe und Schutzbrille tragen!

#### VERHALTEN IM GEFAHRFALL

Benetzte Haut gründlich reinigen. Benetzte Kleidungsstücke sofort ausziehen.

Verschüttete feste brandfördernde Stoffe zusammenkehren, verschüttete flüssige brandfördernde Stoffe mit Adsorbentien binden und anschließend zur Entsorgung geben.

Bei Mischung verschütteter brandfördernder Stoffe mit entzündlichen, selbstentzündlichen oder explosionsgefährlichen Stoffen besteht Brand- und Explosionsgefahr. Stoffe mit Adsorbentien binden oder ggf. mit Wasser verdünnen und zur Entsorgung geben. Beim Vermischen großer Mengen Feuerwehr alarmieren über Notruf 0-112.

#### ERSTE HILFE

Haut: Sofort gründlich mit Wasser, Seife oder Polyglycolen (z. B. Roticlean) reinigen, ggf. Notdusche benutzen. Bei Verbrennungen mindestens 10 Minuten lang mit kaltem (Trink-) Wasser kühlen.

Augen: Unter fließendem Wasser (Augennotdusche) mindestens 10 Minuten lang spülen, anschließend sofort zum Augenarzt.

Verschlucken: Kein Erbrechen auslösen.

Einatmen: Frischluft, Ruhe, Wärme.

In schweren Fällen Notarzt über Notruf 0-112 oder 0-19222 alarmieren. Möglichst Chemikalienflasche/Etikett/Erbrochenes mitnehmen.

#### SACHGERECHTE ENTSORGUNG

Siehe Kapitel 9 der allgemeinen Betriebsanweisung. Ggf. ist die Rücksprache mit Abteilung 31, Herrn Weller (Tel. 4698), erforderlich.

#### 7.11.4 Entzündbare (hochentzündliche, leichtentzündliche und entzündliche Gefahrstoffe)

Gebräuchliche entzündbare Gefahrstoffe sind:

1. Diethylether
2. Methanol
3. Ethanol
4. Propanole
5. Acetonitril
6. Essigsäureethylester
7. Aceton
8. Tetrahydrofuran
9. Benzin
10. Hexan
11. Toluol

Entzündbare Gefahrstoffe sind getrennt von brandfördernden, explosionsgefährlichen und selbstentzündlichen Gefahrstoffen aufzubewahren.

##### 7.11.4.1 Tätigkeiten mit brennbaren Stoffen

Der Arbeitgeber hat auf Grundlage der Gefährdungsbeurteilungen Maßnahmen zum Schutz der Beschäftigten und anderer Personen vor physikalisch-chemischen Einwirkungen zu ergreifen. Insbesondere hat er Maßnahmen zu ergreifen, um bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen Brand- und Explosionsgefährdungen zu vermeiden oder diese so weit wie möglich zu verringern. Dies gilt vor allem für Tätigkeiten mit explosionsgefährlichen, brandfördernden, hochentzündlichen, leichtentzündlichen und entzündlichen Stoffen oder Zubereitungen, einschließlich ihrer Lagerung. Ferner gilt dies für Tätigkeiten mit anderen Gefahrstoffen, insbesondere mit explosionsfähigen Gefahrstoffen und Gefahrstoffen, die chemisch miteinander reagieren können oder chemisch instabil sind, soweit daraus Brand- oder Explosionsgefährdungen entstehen können.

Zur Vermeidung von Brand- und Explosionsgefährdungen muss der Arbeitgeber Maßnahmen in der nachstehenden Rangfolge ergreifen:

1. gefährliche Mengen oder Konzentrationen von Gefahrstoffen, die zu Brand- oder Explosionsgefährdungen führen können, sind zu vermeiden,
2. Zündquellen, die Brände oder Explosionen auslösen können, sind zu vermeiden,
3. schädliche Auswirkungen von Bränden oder Explosionen auf die Gesundheit und Sicherheit der Beschäftigten und anderer Personen sind zu verringern.

##### 7.11.4.2 Explosionsschutzmaßnahmen

Ist die Bildung gefährlicher explosionsfähiger Gemische bei Tätigkeiten mit brennbaren Flüssigkeiten, Gasen oder Stäuben nicht durch primäre Schutzmaßnahmen vermeidbar, sind Maßnahmen durchzuführen, welche eine Entzündung verhindern. Ist dies ebenfalls nicht möglich, so sind die Auswirkungen auf ein unschädliches Maß zu beschränken. Zur Verhinderung der Bildung explosionsfähiger Atmosphäre (oder Gemische) gehört beispielsweise der Ersatz von brennbaren durch nicht brennbare Lösemittel oder die Verwendung von Lösemitteln mit einem Flammpunkt in ausreichendem Abstand über den Verarbeitungs- und Oberflächentemperaturen.

Zu den Maßnahmen, welche eine Bildung explosionsfähiger Atmosphäre (Gemische) in gefahrdrohender Menge verhindern, gehören beispielsweise das Arbeiten im Abzug oder das Absaugen brennbarer Gase, Dämpfe oder Stäube an der Entstehungs- oder Austrittsstelle. Maßnahmen, welche eine Entzündung explosionsfähiger Atmosphäre (Gemische) verhindern, sind beispielsweise das Vermeiden offener Flammen, der Einsatz explosionsgeschützter elektrischer Betriebsmittel oder das Vermeiden elektrostatischer Aufladung.

Vor Aufnahme der Arbeiten ist eine Gefährdungsbeurteilung durchzuführen. In der Regel wird diese ergeben, dass die Ausweisung von explosionsgefährlichen Zonen im Labor nicht erforderlich ist und damit auf die Anfertigung eines separaten Explosionsschutzdokumentes verzichtet werden kann.

Wenn

1. die Arbeiten im Abzug ausgeführt werden und

2. mit brennbaren Flüssigkeiten bei Temperaturen oberhalb des Flammpunktes bei Normaldruck oder vermindertem Druck gearbeitet wird und
  3. mit den laborüblichen Mengen gearbeitet wird,
- ist in der Regel davon auszugehen, dass sich bei vollem Abluftstrom eine ausreichende Verdünnung im Abzugsinneren einstellt und keine explosionsgefährliche Zone ausgewiesen werden muss. Es kann jedoch Tätigkeiten geben, bei denen die Gefährdungsbeurteilung ergibt, dass explosionsgefährliche Zonen ausgewiesen werden müssen und damit die Verpflichtung besteht, ein Explosionsschutzdokument zu führen.

#### **7.11.4.3 Zündgefahren durch elektrostatische Aufladung**

Bei Tätigkeiten, bei denen Zündgefahren durch elektrostatische Aufladungen bestehen, sind geeignete Schutzmaßnahmen zu treffen. Zündgefahren durch elektrostatische Aufladungen können bestehen

1. bei brennbaren Flüssigkeiten, beispielsweise beim Umfüllen, durch schnelles Strömen in Schläuchen oder Versprühen (dies gilt auch für Abfälle brennbarer Flüssigkeiten),
2. bei brennbaren Stäuben und Granulaten, beispielsweise beim Aufwirbeln, Mahlen, Mischen, Fördern, Sieben (insbesondere in der Anwendungstechnik).

Eine geeignete Schutzmaßnahmen ist beispielsweise die Erdung leitfähiger Gefäße und Geräte. Es hat sich bewährt, für den Anschluss der Erdung leitfähiger Gefäße und Geräte (zum Beispiel Trichter, Heber, Schläuche, Aufbauten und Racks) einen gemeinsamen geerdeten Anschlusspunkt vorzusehen. Es ist hilfreich, wenn auch der Fußboden oder die Trittfläche und die Schuhe eine ausreichende Ableitung der Ladung zulassen. Dies verhindert mögliche Entladungsfunken an Stellen zündfähiger Gemische.

Beim Umfüllen elektrostatisch nicht ableitfähiger Flüssigkeiten (beispielsweise Benzin, Toluol, Ether, Schwefelkohlenstoff) sollen jeweils Geräte und Behälter kombiniert werden, die entweder nur elektrostatisch ableitfähig oder nur nichtleitfähig sind. In Behälter aus elektrostatisch nicht ableitfähigen Stoffen, beispielsweise Kunststoffbehälter, dürfen grundsätzlich keine elektrostatisch nicht ableitfähigen brennbaren Flüssigkeiten eingefüllt werden. Hiervon ausgenommen sind Kunststoffbehälter mit einem Nennvolumen bis 5 l, weil das eingeschlossene Volumen vertretbar klein ist. Elektrostatisch nicht ableitfähige Flüssigkeiten sind langsam und nicht im freien Fall auszugießen; der Trichter ist bis dicht auf den Boden des Gefäßes zu führen.

Hoch-, leichtentzündliche und entzündliche Flüssigkeiten bilden Dämpfe, die mit Luft explosionsgefährlich sind. Die Dämpfe sind schwerer als Luft und „kriechen“ daher auf Arbeitstischen oder am Boden entlang und können sich an ganz unvermuteter Stelle entzünden.

Entzündbare Flüssigkeiten dürfen in Kühlschränken nur dann aufbewahrt werden, wenn deren Innenraum explosionsgeschützt ist.

Entzündbare Flüssigkeiten dürfen an Arbeitsplätzen nur in Gefäßen von höchstens 1 Liter Fassungsvermögen aufbewahrt werden. Die Anzahl der Gefäße ist auf das unbedingt notwendige Maß zu beschränken. Tätigkeiten mit größeren Mengen in Laboratorien erfordern besondere Schutzmaßnahmen.

Die ungewollte Freisetzung größerer Gefahrstoffmengen durch Glasbruch kann speziell bei dünnwandigen Glasgefäßen nicht ausgeschlossen werden. Als dünnwandige Glasgefäße gelten beispielsweise Rundkolben, Stehkolben, Erlenmeyerkolben und Bechergläser. Es hat sich bewährt, dickwandige oder beschichtete Glasgeräte zu verwenden. Die Bruchgefahr kann auch durch Verwendung von Metall- oder Kunststoffgefäßen verringert werden.

Bei Arbeiten mit mehr als 3 Litern entzündbaren Flüssigkeiten in dünnwandigen, nicht bruchsicheren Glasgefäßen ist eine geeignete Auffangwanne mit einem Wabengittereinsatz oder einer geeigneten Spezialfüllung zu verwenden. Gegebenenfalls sind zusätzliche Schutzmaßnahmen erforderlich. Diese können sein:

1. Arbeiten in Abzügen,
2. Verwendung explosionsgeschützter Geräte
3. Verwendung dickwandiger Glasgeräte
4. Verwendung Kunststoff ummantelter Glasgeräte
5. Installation automatischer Löschanlagen und Brandfrüherkennungssysteme

Für Laboratorien, in denen ständig größere Mengen entzündbarer Flüssigkeiten benötigt werden, ist das Abstellen in nicht bruch sicheren Gefäßen oder Behältern bis zu 5 Liter bzw. in bruch sicheren Behältern bis zu 10 Liter Fassungsvermögen an geschützter Stelle zulässig. Das ist gegeben, wenn sie z. B. in speziellen Haltern von Chromatographieanlagen oder in Sicherheitsschränken aufbewahrt werden. Die Anzahl und das Fassungsvermögen der Behälter sind auf das unbedingt notwendige Maß zu beschränken.

Ortsbewegliche Kunststoffbehälter mit einem Nennvolumen über 5 Liter dürfen für entzündbare Flüssigkeiten mit einem Flammpunkt unter 35 °C nur verwendet werden, wenn sie elektrostatisch ausreichend ableitfähig sind, d.h. der Oberflächenwiderstand kleiner als 1011 Ohm ist.

Bei Arbeiten, bei denen Zündgefahren durch elektrostatische Aufladungen bestehen, sind geeignete Schutzmaßnahmen zu treffen. Zündgefahren durch elektrostatische Aufladungen können z. B. beim Umfüllen, durch schnelles Strömen in Schläuchen oder Versprühen bestehen. Geeignete Schutzmaßnahmen sind z. B. die Erdung leitfähiger Geräte (Trichter, Schläuche, Gefäße). Beim Umfüllen aufladbarer, nicht leitfähiger Flüssigkeiten (z. B. Benzin, Toluol, Ether, Schwefelkohlenstoff) sollen jeweils Geräte und Behälter kombiniert werden, die entweder nur leitfähig oder nur nicht leitfähig sind. In Behälter aus elektrostatisch aufladbaren, nicht leitfähigen Stoffen (z. B. Kunststoffbehälter) von mehr als 5 Liter Inhalt dürfen keine elektrostatisch aufladbaren, nicht leitfähigen brennbaren Flüssigkeiten eingefüllt werden. Diese Flüssigkeiten dürfen nur langsam und nicht im freien Fall ausgegossen werden. Der Trichter ist bis auf den Boden zu führen, um ein Verspritzen der einlaufenden Flüssigkeit weitgehend zu vermeiden.

Ein offenes Verdampfen oder Erhitzen von entzündbaren Flüssigkeiten ist verboten. Grundsätzlich sind beim Abdampfen von entzündbaren Flüssigkeiten Kondensationseinrichtungen wie z. B. Destillationsbrücken zu verwenden. Müssen entzündbare Flüssigkeiten offen verdampft oder erhitzt werden, darf dies nur im Abzug mit geschlossenem Frontschieber erfolgen. Die Funktionstüchtigkeit des Abzuges ist durch geeignete Maßnahmen (Unterdruckwarnsystem, mindestens Wollfaden/Papierstreifen vor der Abzugsöffnung) zu kontrollieren. Austretende Dämpfe sind möglichst an der Austrittsstelle zu erfassen und direkt in einen Abluftkanal zu leiten. Als zusätzliche Schutzmaßnahme sind Zündquellen, insbesondere offene Flammen, zu vermeiden. Die Verwendung von Elektrogeräten ist auf das notwendige Minimum einzuschränken. Maßnahmen zur Vermeidung elektrostatischer Aufladungen sind zu treffen.

#### **7.11.4.4 Peroxide**

Zahlreiche entzündbare Gefahrstoffe bilden mit Luftsauerstoff explosionsgefährliche Peroxide, die beim Erhitzen (z. B. Destillationen, Abdampfen) explodieren können. Diese Gefahrstoffe müssen deshalb vor dem Erhitzen auf Peroxide überprüft und die Peroxide ggf. beseitigt werden.

Zur Peroxidbildung neigen insbesondere:

1. Diethylether
2. Di-n-propylether
3. Diisopropylether
4. Dekalin
5. Dioxan
6. Tetrahydrofuran
7. Tetralin
8. Cumol
9. Aldehyde
10. Ketone (z. B. Butanon).

#### **Tätigkeiten mit Peroxide bildenden Flüssigkeiten**

Zahlreiche organische Verbindungen, insbesondere auch Lösemittel, bilden mit Luftsauerstoff Peroxide. Die gebildeten Peroxide sind schwerflüchtig und reichern sich besonders bei Destillationen in der Destillationsblase an, wo sie sich explosionsartig zersetzen können. Haben sich Peroxide gebildet, so können einige von diesen erschütterungsempfindlich sein. Handelsübliche Peroxidbildner sind häufig mit Inhibitoren versetzt, die die Peroxidansammlung bis zu ihrem Verbrauch verhindern. Nach bestimmten Reinigungsschritten, beispielsweise einer Destillation, sind diese Inhibitoren abgetrennt und nicht mehr wirksam.

Flüssigkeiten, die zur Bildung von organischen Peroxiden neigen (z. B. Tetralin, Diene, Dekalin, Diethylether, Di-n-propylether, Diisopropylether, Dioxan, Tetrahydrofuran, Tetralin, Cumol, Aldehyde, Ketone und Lösungen dieser Stoffe) müssen vor der Destillation und dem Abdampfen auf Anwesenheit von Peroxiden untersucht und ggf. von den Peroxiden befreit werden, da sich die Peroxide explosionsartig zersetzen können.

### **Peroxidnachweis**

Verwendung von speziellen Teststäbchen oder Testlösungen (z. B. Merckoquant Teststäbchen zum Nachweis von Peroxiden),

100 mg Vanadiumpentoxid ( $V_2O_5$ ) werden mit 2 ml 96 %iger Schwefelsäure versetzt und weitgehend darin gelöst. Die Lösung wird auf 50 ml mit destilliertem Wasser verdünnt. Ist die Lösung trübe, wird sie filtriert. Zu 1 ml dieser Lösung wird 1 ml des auf Peroxide zu prüfenden Lösungsmittels gegeben und gut durchgeschüttelt. Bei Vorhandensein von Peroxiden färbt sich die wässrige Phase rotbraun.

1 ml der auf Peroxide zu untersuchenden Lösung wird mit 2 ml konz. Essigsäure (Eisessig) und anschließend mit einigen Körnchen Kaliumiodid versetzt. Sofort oder nach schwacher Erwärmung freierwirdendes Iod zeigt Peroxide an. Durch Zusatz löslicher Stärke kann die Empfindlichkeit gesteigert werden. Die Verwendung von Iodstärkepapier wird empfohlen.

### **Peroxidentfernung**

Peroxide können entfernt werden durch

1. Verwendung von speziellen Chemikalien, z. B. Perex-Kit der Fa. Merck,
2. Schütteln mit gepulvertem Kaliumhydroxid (nur wirksam, wenn mindestens 0,5 % Wasser im organischen Medium enthalten sind),
3. Filtrieren durch eine Säule mit Aluminiumoxid aktiv-basisch oder mit Aluminiumoxid aktiv-neutral. 30 g Aluminiumoxid in einer Säule von 2 cm Durchmesser reinigen z. B. etwa 250 ml wasserfreien Diethylether, 100 ml Diisopropylether oder 25 ml Dioxan. Die Aufnahmefähigkeit des Aluminiumoxids wird durch Wasser im Lösungsmittel verringert.
4. Schütteln mit einer frisch hergestellten Eisen(II)-sulfat-Lösung (pro Liter organischer Flüssigkeit 5g Eisen(II)-sulfat gelöst in 20 ml Wasser verwenden). Dies wird so lange wiederholt, bis kein Peroxid mehr feststellbar ist.

### **Vorbeugung vor Peroxidbildung**

Notwendige Schutzmaßnahmen sind:

1. vor Licht, insbesondere UV-Strahlung, geschützte Aufbewahrung der organischen Lösungsmittel (z. B. dunkle Flaschen oder Metallbehälter); die Peroxidbildung wird durch lichtgeschützte Aufbewahrung jedoch nicht sicher verhindert. Manche Peroxide, wie die des Diisopropylethers, werden auch im Dunkeln gebildet. Hier wirkt nur die Aufbewahrung unter Sauerstoffabschluss bei regelmäßiger Kontrolle der Peroxidgehalte.
2. Aufbewahren der organischen Lösungsmittel über Kaliumhydroxid, Natriumhydroxid, Natrium oder Kalium. Geeignet für die Vorbeugung sind nur bestimmte Lösungsmittel, z. B. Ether, Kohlenwasserstoffe. Achtung: Chlorierte Kohlenwasserstoffe (z. B. Dichlormethan, Trichlormethan, Tetrachlormethan) dürfen niemals über Kaliumhydroxid, Natriumhydroxid und anderen Metallhydroxiden oder Natrium, Kalium oder Lithium aufbewahrt werden, da hierbei höchste Explosionsgefahr besteht!

## GEFAHRSTOFFSPEZIFISCHE BETRIEBSANWEISUNG

### ENTZÜNDBARE (HOCHENTZÜNDLICHE, LEICHTENTZÜNDLICHE UND ENTZÜNDLICHE) GEFAHRSTOFFE



**GEFAHR**

Beispiele: Diethylether, Benzin, Aceton, Methanol, Ethanol, Propanole, Toluol, Hexan, Acetonitril

#### GEFAHREN FÜR MENSCH UND UMWELT

Gefahrenhinweise (H-Sätze) des Etiketts beachten! Bildung leicht flüchtiger Dämpfe, die meistens schwerer sind als Luft (Ausnahmen z. B. Erdgas, Wasserstoff, Acetylen) und explosive Dampf-Luft-Gemische bilden. Erhebliche Brand- und Explosionsgefahren für Mensch und Umwelt. Stoffe niemals in offenen Gefäßen auf Heizplatten oder mit offenen Flammen erwärmen! Stoffe wirken sehr häufig gesundheitsgefährdend bei Aufnahme durch die Haut (Spritzer) oder beim Einatmen (Dämpfe)! Die Gefahr steigt mit zunehmender Temperatur der Chemikalie (z. B. beim Destillieren) stark an. Druckgasflaschen brandgeschützt aufstellen und lagern (z. B. in Sicherheitsschränken) und nach Bedarf fest verschließen.

#### SCHUTZMASSNAHMEN, VERHALTENSREGELN UND HYGIENISCHE MASSNAHMEN

Sicherheitsratschläge (S-Sätze) des Etiketts beachten! Nach Möglichkeit nur in abgesaugten Bereichen (z. B. Abzug) arbeiten, um feuer- und explosionsgefährliche Dampfkonzentrationen in der Luft zu vermeiden. Offenes Feuer, offene Flammen (z. B. Rauchen, Bunsenbrenner) sind verboten! Funkenbildung (z. B. durch elektrostatische Aufladungen, elektrische Geräte) unbedingt vermeiden! Die meisten Explosionsunfälle entstehen durch Funkenbildung! Die Gefahrstoffmenge am Arbeitsplatz so klein wie möglich halten! Jeden direkten Körperkontakt vermeiden. Laborkittel, Schutzhandschuhe und Schutzbrille tragen! Regelmäßig Hände und Gesicht waschen. Vor dem Erwärmen auf Peroxide prüfen. Gefahrstoffe nur in dicht geschlossenen Gefäßen vor Licht geschützt aufbewahren.

#### VERHALTEN IM GEFAHRFALL

Benetzte Haut gründlich reinigen. Benetzte Kleidungsstücke sofort ausziehen. Verschüttete entzündbare Feststoffe zusammenkehren, verschüttete entzündbare Flüssigkeiten mit Adsorbentien binden und anschließend zur Entsorgung geben. Nach Verschütten größerer Mengen entzündbarer Gefahrstoffe sofort alle Zündquellen abschalten, ggf. den NOT-AUS-Schalter betätigen. Im Brandfall Löschversuch mit Feuerlöscher, wenn dieses gefahrlos möglich ist. Sonst Feuerwehr alarmieren über Feuermelder oder Notruf 0-112 und Gebäude räumen lassen.

#### ERSTE HILFE

Haut: Sofort gründlich mit Wasser, Seife oder Polyglycolen (z. B. Roticlean) reinigen, ggf. Notdusche benutzen. Bei Verbrennungen mindestens 10 Minuten lang mit kaltem (Trink-) Wasser kühlen.

Augen: Unter fließendem Wasser (Augennotdusche) mindestens 10 Minuten lang spülen, anschließend sofort zum Augenarzt.

Verschlucken: Kein Erbrechen auslösen.

Einatmen: Frischluft, Ruhe, Wärme.

In schweren Fällen Notarzt über Notruf 0-112 oder 0-19222 alarmieren. Möglichst Chemikalienflasche/Etikett/Erbrochenes mitnehmen.

#### SACHGERECHTE ENTSORGUNG

Siehe Kapitel 9 der allgemeinen Betriebsanweisung. Brennbare Flüssigkeiten werden als Lösungsmittelabfälle (halogenfrei bzw. halogenhaltig, Sammelgefäße), brennbare Feststoffe werden als Feinchemikalien entsorgt. In Problemfällen ist die Rücksprache mit Abteilung 31, Herrn Weller (Tel. 4698), erforderlich.

### 7.11.5 Mit Wasser gefährlich reagierende Gefahrstoffe

Gebräuchliche, mit Wasser gefährlich reagierende Gefahrstoffe sind z. B.:

1. Alkalimetalle (z. B. Lithium, Natrium, Kalium)
2. Alkaliamide
3. Metallhydride (z. B. Calciumhydrid)
4. komplexe Hydride (z. B. Lithiumaluminiumhydrid)
5. konzentrierte Säuren (z. B. konz. Schwefelsäure)
6. Säurechloride (z. B. Acetylchlorid, Chlorsulfonsäure)
7. Säureanhydride (z. B. Phosphorpentoxid)
8. Carbide
9. Phosphide
10. Siliciumorganische Verbindungen (z. B. Trimethylchlorsilan)

Diese Gefahrstoffe können bei der Reaktion mit Wasser leichtentzündliche oder giftige Gase entwickeln oder durch Verspritzen zu einer Gefährdung des Menschen führen.

Mit Wasser gefährlich reagierende Gefahrstoffe sind so aufzubewahren und zu handhaben, dass sie nicht mit Wasser in Berührung kommen können, auch nicht bei Unfällen. So ist das Arbeiten mit wassergekühlten Rückflusskühlern nur dann zulässig, wenn diese eine Kühlspirale aus Metall besitzen. Wasserbäder sind als Kühlbäder verboten, wenn sich mit Wasser gefährlich reagierende Gefahrstoffe im Reaktionskolben befinden!

Stoffe, die sich bei gewöhnlicher Temperatur durch Einwirkung von Luft oder Feuchtigkeit selbst entzünden können, sind getrennt von anderen explosionsgefährlichen, brandfördernden, hochentzündlichen, leichtentzündlichen und entzündlichen Stoffen sowie gegen Brandübertragung gesichert aufzubewahren. Werden sie laufend benötigt, dürfen sich begrenzte Mengen, die für den unmittelbaren Fortgang der Arbeiten notwendig sind, während der Arbeitszeit am Arbeitsplatz befinden.

Die Gefahrstoffe sind in dicht geschlossenen Behältern möglichst trocken aufbewahren, z. B. im Exsikator über Trocknungsmitteln.

Alkalimetalle und deren Amide müssen so aufbewahrt werden, dass ein Zutritt von Bestandteilen der Luft nach Möglichkeit vermieden wird. Alkalimetalle und deren Amide bilden beim Stehen mit den Bestandteilen der Luft hochreaktive Verbindungen. Dies erfolgt langsam auch in dicht schließenden Gefäßen oder unter Schutzflüssigkeiten. So bildet Kalium beispielsweise gelb-orange Krusten, die aus einem Gemisch von Kaliumhydroxid-Monohydrat und Kaliumhyperoxid bestehen. Das Kaliumhyperoxid ist ein extrem starkes Oxidationsmittel und bildet im Kontakt mit organischen Schutzflüssigkeiten gegen mechanischen Druck sensible, detonationsfähige Gemische. Das Kaliumhydroxid-Monohydrat gibt zudem beim Erwärmen schlagartig sein Wasser ab, welches dann in Kontakt mit dem metallischen Kalium gerät. Unter Umständen lassen sich solche Altbestände nicht mehr gefahrlos vernichten.

Sollten solche Substanzen vorhanden sein, wenden Sie sich bitte an die Stabsstelle für Arbeitssicherheit und Gesundheitsvorsorge, Herrn Dr. Bollmeier (Tel. 4406).

## GEFAHRSTOFFSPEZIFISCHE BETRIEBSANWEISUNG

### MIT WASSER GEFÄHRLICH REAGIERENDE GEFAHRSTOFFE



**GEFAHR**

Beispiele: Alkalimetalle, Metallhydride, Lithiumaluminiumhydrid, konz. Schwefelsäure, Acetylchlorid, Phosphorpentoxid, Chlorsulfonsäure, Phosphide, Carbide, siliciumorganische Verbindungen

#### GEFAHREN FÜR MENSCH UND UMWELT

Gefahrenhinweise (H-Sätze) des Etiketts beachten! Es bestehen erhebliche Gefahren durch die Reaktion mit Wasser. Bei der Reaktion können die Gefahrstoffe durch Verspritzen Personen gefährden. Es können auch leichtentzündliche Gase (z. B. Wasserstoff) oder giftige Gase freigesetzt werden.

#### SCHUTZMASSNAHMEN, VERHALTENSREGELN UND HYGIENISCHE MASSNAHMEN

Mit Wasser gefährlich reagierende Gefahrstoffe sind so aufzubewahren und zu handhaben, dass sie nicht mit Wasser in Berührung kommen können, auch nicht bei Unfällen. So ist das Arbeiten mit wassergekühlten Rückflusskühlern nur dann zulässig, wenn diese eine Kühlschleife aus Metall besitzen. Wasserbäder sind als Kühlbäder verboten, wenn sich mit Wasser gefährlich reagierende Gefahrstoffe im Reaktionskolben befinden! Stoffe, die sich bei gewöhnlicher Temperatur durch Einwirkung von Luft oder Feuchtigkeit selbst entzünden können, sind getrennt von anderen explosionsgefährlichen, brandfördernden, hochentzündlichen, leichtentzündlichen und entzündlichen Stoffen sowie gegen Brandübertragung gesichert aufzubewahren. Werden sie laufend benötigt, dürfen sich begrenzte Mengen, die für den unmittelbaren Fortgang der Arbeiten notwendig sind, während der Arbeitszeit am Arbeitsplatz befinden. Gefahrstoffe in dicht geschlossenen Behältern möglichst trocken aufbewahren, z. B. im Exsikkator über Trocknungsmitteln. Sicherheitsratschläge (P-Sätze) des Etiketts beachten! Jeden direkten Körperkontakt vermeiden. Nur im Abzug arbeiten! Während der Arbeit nicht mit Wasser, feuchten Geräten oder feuchten Handschuhen hantieren. Laborkittel, Schutzhandschuhe und Schutzbrille tragen! Regelmäßig Hände und Gesicht waschen.

#### VERHALTEN IM GEFAHRFALL

Benetzte Haut zunächst gründlich mit Ethanol, anschließend mit viel Wasser reinigen. Benetzte Kleidungsstücke sofort ausziehen. Verschüttete feste Gefahrstoffe zusammenkehren, verschüttete flüssige Stoffe mit Adsorbentien binden und anschließend zur Entsorgung geben. Anschließend kontaminierte Bereiche vorsichtig mit 1-Propanol reinigen. Brände mit Löschsand löschen! Beim Freisetzen großer Mengen Feuerwehr alarmieren über Notruf 0-112.

#### ERSTE HILFE

Haut: Sofort gründlich mit Ethanol, anschließend mit viel Wasser, Seife oder Polyglycolen (z. B. Roticlean) reinigen, ggf. Notdusche benutzen.

Augen: Unter fließendem Wasser (Augennotdusche) mindestens 10 Minuten lang spülen, anschließend sofort zum Augenarzt.

Verschlucken: kein Erbrechen auslösen.

Einatmen: Frischluft, Ruhe, Wärme.

In schweren Fällen Notarzt über Notruf 0-112 oder 0-19222 alarmieren. Möglichst Chemikalienflasche/Etikett/Erbrochenes mitnehmen.

#### SACHGERECHTE ENTSORGUNG

Siehe Kapitel 9 der allgemeinen Betriebsanweisung. Ggf. ist die Rücksprache mit Abteilung 31, Herrn Weller (Tel. 4698), erforderlich.

### **7.11.6 Mit Säuren gefährlich reagierende Gefahrstoffe**

Gebräuchliche, mit Säuren gefährlich reagierende Gefahrstoffe sind:

1. Cyanide (z. B. Natriumcyanid, Kaliumcyanid)
2. Metalle (durch Freisetzen von Wasserstoff)
3. einige komplexe Hydride (z. B. Lithiumaluminiumhydrid, Natriumborhydrid)
4. Sulfide (durch Freisetzen von Schwefelwasserstoff)
5. basische Stoffe (vor allem durch eine starke Wärmeentwicklung, z. B. Natriumhydroxid)

Diese Gefahrstoffe können bei der Reaktion mit Säuren entzündbare oder giftige Gase entwickeln oder durch Verspritzen zu einer Gefährdung des Menschen führen. Auf weitere Gefahrstoffe, die bereits mit Wasser gefährlich reagieren können, wird ausdrücklich hingewiesen! Mit Säuren gefährlich reagierende Gefahrstoffe sind so aufzubewahren und zu handhaben, dass sie nicht mit Säuren in Berührung kommen können, auch nicht bei Unfällen.

## GEFAHRSTOFFSPEZIFISCHE BETRIEBSANWEISUNG

### MIT SÄUREN GEFÄHRLICH REAGIERENDE GEFAHRSTOFFE



Beispiele: Natriumcyanid, Kaliumcyanid, Metalle, Natriumborhydrid

#### GEFAHREN FÜR MENSCH UND UMWELT

Gefahrenhinweise (H-Sätze) des Etiketts beachten! Es bestehen erhebliche Gefahren durch die Reaktion mit Säuren. Bei der Reaktion können die Gefahrstoffe durch Verspritzen Personen gefährden. Es können entzündbare Gase (z. B. Wasserstoff) oder giftige Gase (z. B. Cyanwasserstoff, Blausäure, Schwefelwasserstoff) freigesetzt werden.

#### SCHUTZMASSNAHMEN, VERHALTENSREGELN UND HYGIENISCHE MASSNAHMEN

Mit Säuren gefährlich reagierende Gefahrstoffe sind so aufzubewahren und zu handhaben, dass sie nicht mit Säuren in Berührung kommen können, auch nicht bei Unfällen. Sicherheitsratschläge (S-Sätze) des Etiketts beachten! Jeden direkten Körperkontakt vermeiden. Nur im Abzug arbeiten! Während der Arbeit nicht mit Säuren hantieren. Laborkittel, Schutzhandschuhe und Schutzbrille tragen! Regelmäßig Hände und Gesicht waschen.

#### VERHALTEN IM GEFAHRFALL

Benetzte Kleidungsstücke sofort ausziehen. Verschüttete feste Gefahrstoffe zusammenkehren, verschüttete flüssige Stoffe mit Adsorbentien binden und anschließend zur Entsorgung geben. Anschließend kontaminierte Bereiche vorsichtig mit Wasser reinigen. Beim Freisetzen großer Mengen Feuerwehr alarmieren über Notruf 0-112.

#### ERSTE HILFE

Haut: Sofort gründlich mit viel Wasser, Seife oder Polyglycolen (z. B. Roticlean) reinigen, ggf. Notdusche benutzen.

Augen: Unter fließendem Wasser (Augennotdusche) mindestens 10 Minuten lang spülen, anschließend sofort zum Augenarzt.

Verschlucken: Erbrechen auslösen.

Einatmen: Frischluft, Ruhe, Wärme.

In schweren Fällen Notarzt über Notruf 0-112 oder 0-19222 alarmieren. Möglichst Chemikalienflasche/Etikett/Erbrochenes mitnehmen.

#### SACHGERECHTE ENTSORGUNG

Siehe Kapitel 9 der allgemeinen Betriebsanweisung. Ggf. ist die Rücksprache mit Abteilung 31, Herrn Weller (Tel. 4698), erforderlich.

### 7.11.7 Gesundheitsgefährdende (gesundheitsschädliche, giftige und sehr giftige) Gefahrstoffe

Gebäuchliche gesundheitsgefährdende Gefahrstoffe sind:

1. Acetonitril
2. Acrylnitril
3. Allylalkohol
4. Arsen
5. Benzol
6. Chloressigsäure
7. Dimethylsulfat
8. Kaliumcyanid
9. Methanol
10. Methyljodid
11. Quecksilber und dessen Salze
12. Tetrachlormethan

Der Umgang mit gesundheitsgefährdenden Gefahrstoffen ist nur im Abzug erlaubt, wenn eine Überschreitung von Arbeitsplatzgrenzwert oder biologischem Grenzwert nicht ausgeschlossen werden kann.

Mit gesundheitsgefährdenden Stoffen darf nicht in leicht zerbrechlichen Gefäßen mit einem Fassungsvermögen von mehr als 5 Litern gearbeitet werden. Ausnahmen sind nur zulässig, wenn besondere Schutzmaßnahmen getroffen werden, z. B. die Benutzung von Auffangwannen.

Beim Umgang mit elementarem Quecksilber ist dafür zu sorgen, dass die Beschäftigten nicht der Einwirkung von Quecksilberdampf ausgesetzt sind. Beim Arbeiten mit Quecksilber ist ein Verschütten zu vermeiden. Die Arbeiten sind über einer Wanne auszuführen, die verschüttetes Quecksilber sicher aufnimmt. Soweit es die Arbeit zulässt, sollen geschlossene Gefäße für Quecksilber verwendet werden. Quecksilber in offenen Gefäßen ist nach Möglichkeit abzudecken, z. B. mit flüssigem Paraffin oder mit Wasser. Öffnungen von Apparaturen, die Quecksilber enthalten, können über ein Iodkohleröhrchen entlüftet werden. Verschüttetes Quecksilber ist sofort vollständig aufzunehmen, z. B. durch Aufsaugen, Zusammenkehren, Zusammenschwemmen mit Wasser. Zurückbleibende Reste können durch Aufstreuen handelsüblicher Spezialpräparate oder Schwefel beseitigt werden.

## GEFAHRSTOFFSPEZIFISCHE BETRIEBSANWEISUNG

### GESUNDHEITSGEFÄHRDENDE (GESUNDHEITSSCHÄDLICHE, GIFTIGE UND SEHR GIFTIGE) GEFAHRSTOFFE



Beispiele: Acetonitril, Arsen, Benzol, Chloressigsäure, Methanol, Methyljodid, Kaliumcyanid, Quecksilber und dessen Salze, Tetrachlormethan

#### GEFAHREN FÜR MENSCH UND UMWELT

Gefahrenhinweise (H-Sätze) des Etiketts beachten! Gesundheitsgefährdende Stoffe können durch Einatmen, Verschlucken oder durch die Haut in den Körper aufgenommen werden. Bei Kontakt bereits mit sehr kleinen Mengen gesundheitsgefährdender Stoffe besteht die Gefahr einer ernsten Gesundheitsschädigung einschließlich Vergiftungsgefahr mit Todesfolge. Gesundheitsgefährdende Stoffe dürfen nicht in die Umwelt gelangen.

#### SCHUTZMASSNAHMEN, VERHALTENSREGELN UND HYGIENISCHE MASSNAHMEN

Sicherheitsratschläge (P-Sätze) des Etiketts beachten! Jeden Hautkontakt vermeiden. Gefahrstoffe nicht einatmen und nicht verschlucken. Mit gesundheitsgefährdenden Stoffen möglichst nur im Abzug hantieren. Laborkittel, Schutzhandschuhe und Schutzbrille tragen! Regelmäßig Hände und Gesicht waschen. Mit gesundheitsgefährdenden Stoffen darf nicht in leicht zerbrechlichen Gefäßen mit einem Fassungsvermögen von mehr als 5 Litern gearbeitet werden. Ausnahmen sind nur zulässig, wenn besondere Schutzmaßnahmen getroffen werden, z. B. die Benutzung von Auffangwannen. Spez. Vorschriften für den Umgang mit Quecksilber beachten!

#### VERHALTEN IM GEFAHRFALL

Benetzte Haut gründlich reinigen. Benetzte Kleidungsstücke sofort ausziehen. Verschüttete feste gesundheitsgefährdende Stoffe zusammenkehren, verschüttete flüssige gesundheitsgefährdende Stoffe mit Adsorbentien binden und anschließend zur Entsorgung geben.

#### ERSTE HILFE

Haut: Sofort gründlich mit Wasser, Seife oder Polyglycolen (z. B. Roticlean) reinigen, ggf. Notdusche benutzen.

Augen: Unter fließendem Wasser (Augennotdusche) mindestens 10 Minuten lang spülen, anschließend sofort zum Augenarzt.

Verschlucken: Erbrechen auslösen.

Einatmen: Frischluft, Ruhe, Wärme.

In schweren Fällen Notarzt über Notruf 0-112 oder 0-19222 alarmieren. Möglichst Chemikalienflasche/Etikett/Erbrochenes mitnehmen.

#### SACHGERECHTE ENTSORGUNG

Siehe Kapitel 9 der allgemeinen Betriebsanweisung. Ggf. ist die Rücksprache mit Abteilung 31, Herrn Weller (Tel. 4698), erforderlich.

### 7.11.8 Ätzende und reizende Gefahrstoffe

Gebräuchliche ätzende und reizende Gefahrstoffe sind z. B. konzentrierte bzw. verdünnte Säuren und Laugen:

1. Bromwasserstoffsäure
2. Essigsäure, konz.
3. Flusssäure
4. Perchlorsäure
5. Salzsäure
6. Salpetersäure
7. Schwefelsäure
8. Säurechloride (z. B. Acetylchlorid, Sulfurylchlorid, Chlorsulfonsäure)
9. Säureanhydride (z. B. Acetanhydrid, Phosphorpentoxid)
10. Amine
11. konzentrierte Ammoniaklösung
12. Kaliumhydroxid, Kalilauge
13. Natriumhydroxid, Natronlauge

Beim Verdünnen konzentrierter Säuren bzw. beim Lösen fester Alkalimetallhydroxide (z. B. Natriumhydroxid, Kaliumhydroxid) für die Herstellung von Natronlauge/Kalilauge entsteht sehr viel Wärme! Deshalb immer das Wasser vorlegen und vorsichtig unter Rühren die konzentrierte Säure bzw. das Metallhydroxid zugeben.

Erst das Wasser, dann die Säure, sonst passiert das Ungeheuer!

Die schädigende Wirkung für die Haut und vor allem für die Augen ist von Laugen in der Regel höher als die von Säuren!

Mit ätzenden und reizenden Stoffen darf nicht in leicht zerbrechlichen Gefäßen mit einem Fassungsvermögen von mehr als 5 Liter gearbeitet werden. Ausnahmen sind nur zulässig, wenn besondere Schutzmaßnahmen getroffen werden, z. B. die Benutzung von Auffangwannen.

Stoffe, die ätzende oder reizende Dämpfe abgeben (z. B. Brom, Oleum, Flusssäure), sind an Orten mit ausreichender Entlüftung aufzubewahren, z. B. in speziellen, an die Lüftung angeschlossenen Schränken für Säuren/Laugen oder Sicherheitsschränken.

Arbeiten mit wasserfreiem Fluorwasserstoff und konzentrierter Flusssäure dürfen nur unter dem Abzug vorgenommen werden. Dabei sind zusätzlich zur Schutzbrille ein Schutzschirm, lange Schutzhandschuhe, Gummischürze und erforderlichenfalls zusätzliche persönliche Schutzausrüstung (z. B. Atemschutzmaske) zu tragen. Beachten Sie die besondere Betriebsanweisung für den Umgang mit Flusssäure!

Perchlorsäure oder Königswasser dürfen nur in speziellen Abzügen abgeraucht werden.

## GEFAHRSTOFFSPEZ. BETRIEBSANWEISUNG

### ÄTZENDE UND REIZENDE GEFAHRSTOFFE



Beispiele: Salpetersäure, Bromwasserstoffsäure, Flusssäure, Salzsäure, Schwefelsäure, Acetylchlorid, Phosphorpentoxid, Natriumhydroxid, Kaliumhydroxid

#### GEFAHREN FÜR MENSCH UND UMWELT

Gefahrenhinweise (H-Sätze) des Etiketts beachten! Ätzende und reizende Stoffe können die Haut, insbesondere auch die Augen, irreparabel zerstören. Die schädigende Wirkung von Laugen ist in der Regel höher als die von Säuren! Ätzende und reizende Stoffe können ernste Umweltschäden verursachen. Beim Verdünnen konzentrierter Säuren bzw. beim Lösen fester Alkalimetallhydroxide (z. B. Natriumhydroxid, Kaliumhydroxid) für die Herstellung von Natronlauge/Kalilauge entsteht sehr viel Wärme mit Gefahr des Siedeverzuges (Verspritzen)! Deshalb immer das Wasser vorlegen und vorsichtig unter Rühren die konzentrierte Säure bzw. das Metallhydroxid zugeben.

#### SCHUTZMASSNAHMEN, VERHALTENSREGELN UND HYGIENISCHE MASSNAHMEN

Sicherheitsratschläge (P-Sätze) des Etiketts beachten! Jeden direkten Körperkontakt vermeiden. Laborkittel, Schutzhandschuhe aus Neopren/Gummi/Kautschuk und Schutzbrille tragen! Regelmäßig Hände und Gesicht waschen. Gefäße nicht offen aufbewahren. Mit ätzenden und reizenden Stoffen darf nicht in leicht zerbrechlichen Gefäßen mit einem Fassungsvermögen von mehr als 5 Liter gearbeitet werden. Ausnahmen sind nur zulässig, wenn besondere Schutzmaßnahmen getroffen werden, z. B. die Benutzung von Auffangwannen. Stoffe, die ätzende oder reizende Dämpfe abgeben (z. B. Brom, Oleum, Flusssäure), sind an Orten mit ausreichender Entlüftung aufzubewahren, z. B. in speziellen, an die Lüftung angeschlossenen Schränken für Säuren/Laugen oder in Sicherheitsschränken. Arbeiten mit wasserfreiem Fluorwasserstoff und konzentrierter Flusssäure dürfen nur unter dem Abzug vorgenommen werden. Dabei sind zusätzlich zur Schutzbrille ein Schutzschirm, lange Schutzhandschuhe, Gummischürze und erforderlichenfalls zusätzliche persönliche Schutzausrüstung (z. B. Atemschutzmaske) zu tragen. Spezielle Vorschriften für den Umgang mit Fluorwasserstoff, Flusssäure und Perchlorsäure beachten! Perchlorsäure oder Königswasser dürfen nur in speziellen Abzügen abgeraucht werden.

#### VERHALTEN IM GEFAHRFALL

Benetzte Haut gründlich reinigen. Benetzte Kleidungsstücke sofort ausziehen. Verschüttete feste ätzende und reizende Stoffe zusammenkehren, verschüttete flüssige ätzende und reizende Stoffe mit Adsorbentien binden und anschließend zur Entsorgung geben oder neutralisieren.

#### ERSTE HILFE

Haut: Sofort gründlich mit viel Wasser reinigen, ggf. Notdusche benutzen.

Augen: Unter fließendem Wasser (Augennotdusche) mindestens 10 Minuten lang spülen, anschließend sofort zum Augenarzt.

Verschlucken: Kein Erbrechen auslösen. Viel Wasser zu trinken geben (Verdünnungseffekt). Keine Neutralisationsversuche!

Einatmen: Frischluft, Ruhe, Wärme.

In schweren Fällen Notarzt über Notruf 0-112 oder 0-19222 alarmieren. Möglichst Chemikalienflasche/Etikett/Erbrochenes mitnehmen.

#### SACHGERECHTE ENTSORGUNG

Siehe Kapitel 9 der allgemeinen Betriebsanweisung. Anorganische Säuren können als „anorganische Säuren, Säuregemische“, anorganische Laugen als „Laugen, Laugengemische“ entsorgt werden. Für alle anderen Verbindungen ist die Rücksprache mit Abteilung 31, Herrn Weller (Tel. 4698), erforderlich.

**7.11.9 Gefahrstoffe mit besonderer Gefährdung der Augen**

Mit diesen Gefahrstoffen darf nur unter dem Abzug gearbeitet werden. Es ist unbedingt eine Schutzbrille, möglichst eine Korbbrille oder zusätzlich zur Schutzbrille ein Gesichtsschutz zu tragen! Beispiele:

1. Cer(III)-chlorid
2. Eisen(II)-chlorid, Eisen(III)-chlorid
3. Kristallviolett
4. Methansulfonylchlorid
5. 4-Methylbenzylchlorid
6. 2-Methylimidazol
7. Methylviolett
8. N,N-Dicyclohexylcarbodiimid
9. Naphthalin-2,3-diol
10. Natriumdisulfit
11. 2-Oxoglutarsäure
12. Rhodamin B

## GEFAHRSTOFFSPEZIFISCHE BETRIEBSANWEISUNG

### GEFAHRSTOFFE MIT BESONDERER GEFÄHRDUNG DER AUGEN



Beispiele: Eisen(II)-chlorid, Eisen(III)-chlorid, Cer(III)-chlorid, Auramin, Methylviolett, Kristallviolett, Rhodamin B, Natriumdisulfit, 2-Oxoglutar säure, Tritone, 2-Methylimidazol, N,N-Dicyclohexylcarbodiimid, Methansulfonylchlorid, Naphthalin-2,3-diol, 4-Methylbenzylchlorid

#### GEFAHREN FÜR MENSCH UND UMWELT

Gefahrenhinweise (H-Sätze) des Etiketts beachten! Bei Kontakt bereits mit sehr kleinen Gefahrstoffmengen besteht die Gefahr einer ernsten Augenschädigung, die unter Umständen erst nach einer langen Zeitspanne auftreten kann.

#### SCHUTZMASSNAHMEN, VERHALTENSREGELN UND HYGIENISCHE MASSNAHMEN

Sicherheitsratschläge (P-Sätze) des Etiketts beachten! Jeden Hautkontakt, insbesondere Augenkontakt vermeiden. Gefahrstoffe nicht einatmen und nicht verschlucken. Laborkittel, Schutzhandschuhe und Korbbrille mit Gesichtsschutz oder Atemschutzmaske mit wirksamem Filter tragen! Regelmäßig Hände und Gesicht waschen. Mit diesen Gefahrstoffen darf nur unter dem Abzug gearbeitet werden. Es ist unbedingt eine Schutzbrille, möglichst eine Korbbrille oder zusätzlich zur Schutzbrille ein Gesichtsschutz zu tragen!

#### VERHALTEN IM GEFAHRFALL

Benetzte Haut gründlich reinigen. Benetzte Kleidungsstücke sofort ausziehen. Verschüttete feste Stoffe zusammenkehren, verschüttete flüssige mit Adsorbentien binden und anschließend zur Entsorgung geben. Dabei ggf. Atemschutz tragen!

#### ERSTE HILFE

Haut: Sofort gründlich mit Wasser, Seife oder Polyglycolen (z. B. Roticlean) reinigen, ggf. Notdusche benutzen.

Augen: Unter fließendem Wasser (Augennotdusche) mindestens 10 Minuten lang spülen, anschließend sofort zum Augenarzt.

Verschlucken: Erbrechen auslösen.

Einatmen: Frischluft, Ruhe, Wärme.

In schweren Fällen Notarzt über Notruf 0-112 oder 0-19222 alarmieren. Möglichst Chemikalienflasche/Etikett/Erbrochenes mitnehmen.

#### SACHGERECHTE ENTSORGUNG

Siehe Kapitel 9 der allgemeinen Betriebsanweisung. Ggf. ist die Rücksprache mit Abteilung 31, Herrn Weller (Tel. 4698), erforderlich.

### 7.11.10 **Krebserzeugende, fortpflanzungsgefährdende, erbgutverändernde Gefahrstoffe (CMR-Gefahrstoffe)**

Vor dem Umgang mit krebserzeugenden oder erbgutverändernden Gefahrstoffen der Kategorien 1 (nachweislich krebserzeugend, erbgutverändernd oder fruchtbarkeitsgefährdend beim Menschen) oder 2 (nachweislich krebserzeugend, erbgutverändernd oder fruchtbarkeitsgefährdend im Tierversuch) ist eine umfassende Bewertung aller Gefahren nach Art, Ausmaß und Dauer der Exposition der Beschäftigten vorzunehmen und zu dokumentieren. Diese Bewertung und Dokumentation muss in regelmäßigen Abständen und bei jeder Änderung der Bedingungen erneut vorgenommen werden. Die auf einem Etikett befindlichen Gefahrensymbole, Hinweise auf besondere Gefahren (H-Sätze), Sicherheitsratschläge (P-Sätze) und die Angaben in den Sicherheitsdatenblättern sind Bestandteile dieser Betriebsanweisung und Grundlage für zu treffende Schutzmaßnahmen beim Umgang mit Gefahrstoffen.

Arbeitsbereiche (Laboratorien), in denen Überschreitungen des Arbeitsplatzgrenzwertes krebserzeugender, erbgutverändernder oder fruchtbarkeitsgefährdender Stoffe auftreten oder auftreten können, sind durch Warn- und Sicherheitszeichen zu kennzeichnen. Der Zutritt ist durch das Verbotssymbol „Zutritt für Unbefugte verboten“ einzuschränken.

Bei Tätigkeiten, bei denen eine beträchtliche Erhöhung der Exposition der Beschäftigten durch krebserzeugende, erbgutverändernde oder fruchtbarkeitsgefährdende Gefahrstoffe zu erwarten ist und bei denen jede Möglichkeit weiterer technischer Schutzmaßnahmen zur Begrenzung dieser Exposition bereits ausgeschöpft wurde, hat der Arbeitgeber nach Beratung mit den Beschäftigten oder mit ihrer Personalvertretung Maßnahmen zu ergreifen, um die Dauer der Exposition der Beschäftigten so weit wie möglich zu verkürzen und den Schutz der Beschäftigten während dieser Tätigkeit zu gewährleisten. Er hat den betreffenden Beschäftigten zusätzliche persönliche Schutzausrüstung zur Verfügung zu stellen, die sie während der gesamten Dauer der erhöhten Exposition tragen müssen.

Beim Menschen oder im Tierversuch nachweislich krebserzeugende (cancerogene), erbgutverändernde (mutagene) oder fortpflanzungsgefährdende (reproduktionstoxische) Gefahrstoffe (CMR-Stoffe) werden mit dem Gefahrensymbol „Oberkörper“ gekennzeichnet und dem Signalwort „Gefahr“ gekennzeichnet. Gefahrstoffe, die im Verdacht stehen, eine oder mehrere dieser Eigenschaften zu haben, werden ebenfalls mit dem Gefahrensymbol „Oberkörper“ und dem Signalwort „Achtung“ gekennzeichnet.

Bei folgenden Verbindungsklassen besteht eine hohe Wahrscheinlichkeit für eine krebserzeugende, fortpflanzungsgefährdende oder erbgutverändernde Wirkung:

1. Alkylierungsreagentien (z. B. Dimethylsulfat, halogenierte Kohlenwasserstoffe)
2. aromatische Amine (z. B. 2-Naphthylamin, Benzidin)
3. Epoxide (z. B. Ethylenoxid, Propylenoxid)
4. aromatische Kohlenwasserstoffe (z. B. Benzol, Benzo[a]pyren)
5. Schwermetalle und ihre Verbindungen (z. B. Nickel, Arsen, Cadmium, Chrom(VI)).

Der Umgang mit CMR-Gefahrstoffen ist nur im Abzug erlaubt, wenn eine Überschreitung von Arbeitsplatzgrenzwert oder biologischem Grenzwert nicht ausgeschlossen werden kann.

Mit CMR-Gefahrstoffen darf nicht in leicht zerbrechlichen Gefäßen mit einem Fassungsvermögen von mehr als 5 Litern gearbeitet werden. Ausnahmen sind nur zulässig, wenn besondere Schutzmaßnahmen getroffen werden, z. B. die Benutzung von Auffangwannen.

Der Arbeitgeber hat bei Tätigkeiten mit krebserzeugenden, erbgutverändernden oder fruchtbarkeitsgefährdenden Gefahrstoffen der Kategorie 1 oder 2 sicherzustellen, dass

1. die Beschäftigten und ihre Personalvertretung nachprüfen können, ob die Bestimmungen dieser Verordnung eingehalten werden, und zwar insbesondere in Bezug auf
  - a. die Auswahl und Verwendung der persönlichen Schutzausrüstung und die damit verbundenen Belastungen der Beschäftigten,
  - b. durchzuführende Maßnahmen Gefährdung durch krebserzeugende, erbgutverändernde oder fruchtbarkeitsgefährdende Gefahrstoffe,
2. die Beschäftigten und ihre Personalvertretung bei einer erhöhten Exposition unverzüglich unterrichtet und über die Ursachen sowie über die bereits ergriffenen oder noch zu ergreifenden Gegenmaßnahmen informiert werden,

3. ein aktualisiertes Verzeichnis über die Beschäftigten geführt wird, die Tätigkeiten ausüben, bei denen die Gefährdungsbeurteilung eine Gefährdung der Gesundheit oder der Sicherheit der Beschäftigten ergibt; in dem Verzeichnis ist auch die Höhe und die Dauer der Exposition anzugeben, der die Beschäftigten ausgesetzt waren,
4. das Verzeichnis nach Nummer 3 mit allen Aktualisierungen 40 Jahre nach Ende der Exposition aufbewahrt wird. Bei Beendigung von Beschäftigungsverhältnissen hat der Arbeitgeber den Beschäftigten einen Auszug über die sie betreffenden Angaben des Verzeichnisses auszuhändigen und einen Nachweis hierüber wie Personalunterlagen aufzubewahren,
5. die Betriebsärztin oder der Betriebsarzt, die zuständige Behörde sowie jede für die Gesundheit und die Sicherheit am Arbeitsplatz verantwortliche Person Zugang zu dem Verzeichnis nach Nummer 3 haben,
6. alle Beschäftigten Zugang zu den sie persönlich betreffenden Angaben in dem Verzeichnis haben,
7. die Beschäftigten und ihre Vertretung Zugang zu den nicht personenbezogenen Informationen allgemeiner Art in dem Verzeichnis haben.

## GEFAHRSTOFFSPEZ. BETRIEBSANWEISUNG

### KREBSERZEUGENDE, FORTPFLANZUNGSGEFÄHRDENDE ODER ERBGUTVERÄNDERNDE GEFAHRSTOFFE (CMR-GEFAHRSTOFFE)



Beispiele: Acrylnitril, Iodmethan, Diazomethan, 2-Naphthylamin, Benzidin; Benzol, Arsen, Antimon, Cadmium, Cobalt, Nickel, Chrom(VI) und deren Verbindungen; Dichlormethan, Trichlormethan

#### GEFAHREN FÜR MENSCH UND UMWELT

Gefahrenhinweise (H-Sätze) des Etiketts beachten! Bei Kontakt bereits mit sehr kleinen Gefahrstoffmengen besteht die Gefahr einer ernsten Gesundheitsschädigung, die erst nach einer langen Zeitspanne auftreten kann. CMR-Stoffe dürfen nicht in die Umwelt gelangen.

#### SCHUTZMASSNAHMEN, VERHALTENSREGELN UND HYGIENISCHE MASSNAHMEN

Sicherheitsratschläge (S-Sätze) des Etiketts beachten! Jeden Hautkontakt vermeiden. CMR-Gefahrstoffe nicht einatmen und nicht verschlucken. Mit CMR-Gefahrstoffen nur im Abzug hantieren. Die Menge der CMR-Gefahrstoffe am Arbeitsplatz ist so weit wie möglich zu begrenzen. Die CMR-Gefahrstoffe sind in geeigneten, dicht verschließbaren und gekennzeichneten Behältern zu lagern, aufzubewahren und zu transportieren. Laborkittel, Schutzhandschuhe und Schutzbrille tragen! Regelmäßig Hände und Gesicht waschen. Mit CMR-Gefahrstoffen darf nicht in leicht zerbrechlichen Gefäßen mit einem Fassungsvermögen von mehr als 5 Litern gearbeitet werden. Ausnahmen sind nur zulässig, wenn besondere Schutzmaßnahmen getroffen werden, z. B. die Benutzung von Auffangwannen.

#### VERHALTEN IM GEFAHRFALL

Benetzte Haut gründlich reinigen. Benetzte Kleidungsstücke sofort ausziehen. Verschüttete feste Stoffe zusammenkehren, verschüttete flüssige mit Adsorbentien binden und anschließend zur Entsorgung geben. Dabei ggf. Atemschutz tragen!

#### ERSTE HILFE

Haut: Sofort gründlich mit Wasser, Seife oder Polyglycolen (z. B. Roticlean) reinigen, ggf. Notdusche benutzen.

Augen: Unter fließendem Wasser (Augennotdusche) mindestens 10 Minuten lang spülen, anschließend sofort zum Augenarzt.

Verschlucken: Erbrechen auslösen.

Einatmen: Frischluft, Ruhe, Wärme.

In schweren Fällen Notarzt über Notruf 0-112 oder 0-19222 alarmieren. Möglichst Chemikalienflasche/Etikett/Erbrochenes mitnehmen.

#### SACHGERECHTE ENTSORGUNG

Siehe Kapitel 9 der allgemeinen Betriebsanweisung. Ggf. ist die Rücksprache mit Abteilung 31, Herrn Weller (Tel. 4698), erforderlich.

### 7.11.10.1 Krebserzeugende Gefahrstoffe

Werden der Arbeitsplatzgrenzwert oder der biologische Grenzwert für krebserzeugende Gefahrstoffe überschritten, dürfen Personen nicht beschäftigt werden.

Krebserzeugende Gefahrstoffe sind Stoffe und Zubereitungen, die krebserzeugend sind, sowie Stoffe, Zubereitungen und Erzeugnisse, aus denen bei der Herstellung oder Verwendung krebserzeugende Stoffe entstehen oder freigesetzt werden können. Gefahrstoffe sind krebserzeugend, wenn sie entsprechend gekennzeichnet sind oder aufgrund sonstiger Erkenntnisse des Arbeitgebers als krebserzeugend einzustufen sind. Zubereitungen sind als krebserzeugend anzusehen, sofern der Massengehalt an einem krebserzeugenden Stoff gleich oder größer als 0,1 % ist, soweit nicht andere stoffspezifische Konzentrationsgrenzen festgelegt sind. Diese Angaben sind in der folgenden Tabelle in (...) dem Stoffnamen nachgefügt. Krebserzeugende Gefahrstoffe sind in der Technischen Regel für Gefahrstoffe TRGS 905 „Verzeichnis krebserzeugender, erbgutverändernder oder fortpflanzungsgefährdender Stoffe“ (<http://www.baua.de/prax/ags/verz905.htm>) aufgeführt. Weitere Angaben enthält die EU-Richtlinie 2009/2/EG vom 16.01.2009.

Krebserzeugende Stoffe werden in drei Kategorien eingestuft:

1. Kategorie 1 (K1 = Canc.Kat.1): Stoffe, die beim Menschen bekanntermaßen krebserzeugend wirken
2. Kategorie 2 (K2 = Canc.Kat.2): Stoffe, die als krebserzeugend für den Menschen angesehen werden sollten. Es bestehen hinreichende Anhaltspunkte zu der begründeten Annahme, dass die Exposition eines Menschen gegenüber dem Stoff Krebs erzeugen kann. Diese Annahme beruht im Allgemeinen auf geeigneten Langzeittierversuchen sowie sonstigen relevanten Informationen.
3. Kategorie 3 (K3 = Canc.Kat. 3): Stoffe, die wegen möglicher krebserzeugender Wirkung beim Menschen Anlass zur Besorgnis geben, über die jedoch nicht genügend Informationen für eine befriedigende Beurteilung vorliegen. Aus geeigneten Tierversuchen liegen einige Anhaltspunkte vor, die jedoch nicht ausreichen, um den Stoff in die Kategorie 2 einzustufen.

Das Expositionsverbot gilt nicht für Abbruch- und Sanierungs- oder Instandhaltungsarbeiten an bestehenden Anlagen, Fahrzeugen, Gebäuden, Einrichtungen oder Geräten, die diese Gefahrstoffe enthalten, soweit die Exposition nach dem Stand der Technik nicht zu vermeiden ist, sowie für die besonders gefährlichen krebserzeugenden Nitrosamine, die nach dem Stand der Technik unvermeidbar entstehen. Bei Sanierungs- und Instandhaltungsarbeiten müssen beim Austausch die besonders gefährlichen krebserzeugenden Gefahrstoffe nach dem Stand der Technik durch Stoffe, Zubereitungen oder Erzeugnisse mit einem geringeren gesundheitlichen Risiko ersetzt werden. Diese Arbeiten sind von sachkundigen Fachfirmen auszuführen.

Der Arbeitgeber hat vor dem Umgang mit krebserzeugenden Gefahrstoffen zur umfassenden Bewertung aller Gefahren für jede Tätigkeit, bei der eine Exposition gegenüber krebserzeugenden Gefahrstoffen auftreten kann, Art, Ausmaß und Dauer der Exposition zu ermitteln. Diese Bewertung muss in regelmäßigen Abständen und bei jeder Änderung der Bedingungen, die sich auf die Exposition der Beschäftigten gegenüber krebserzeugenden Gefahrstoffen auswirken können, erneut vorgenommen werden. Krebserzeugende Gefahrstoffe müssen, soweit dies zumutbar und nach dem Stand der Technik möglich ist, durch Stoffe, Zubereitungen oder Erzeugnisse mit einem geringeren gesundheitlichen Risiko ersetzt werden, auch wenn dies mit einer Änderung des Herstellungs- oder Verwendungsverfahrens verbunden ist. Das Herstellungs- und Verwendungsverfahren muss, soweit dies nach dem Stand der Technik möglich ist, geändert werden, wenn dadurch auf die Verwendung des krebserzeugenden Gefahrstoffes verzichtet oder das Auftreten des krebserzeugenden Gefahrstoffes am Arbeitsplatz verhindert werden kann.

Expositionsverbote gelten insbesondere für:

1. 4-Aminobiphenyl und seine Salze
2. 6-Amino-2-ethoxynaphthalin
3. Asbest
4. Benzidin und seine Salze
5. Bis(chlormethyl)ether
6. Cadmiumchlorid (in atemberbarer Form)
7. Chlormethylmethylether
8. Dimethylcarbamoylchlorid

9. Hexamethylphosphorsäuretriamid
10. 2-Naphthylamin und seine Salze
11. 4-Nitrobiphenyl
12. N-Nitrosaminverbindungen
13. 1,3-Propansulton
14. Tetranitromethan
15. 1,2,3-Trichlorpropan

Ist eine Substitution nicht möglich, müssen zur Vermeidung der Exposition der Beschäftigten beim Umgang mit diesen Stoffen die folgenden besonderen Schutzmaßnahmen und Verhaltensregeln eingehalten werden; beim Umgang mit krebserzeugenden oder erbgutverändernden Stoffen der Kategorien 1 und 2 sind diese Schutzmaßnahmen und Verhaltensregeln in zumutbarer Weise anzuwenden:

Krebserzeugende Gefahrstoffe sind in geschlossenen Anlagen herzustellen oder zu verwenden, soweit dies nach dem Stand der Technik möglich ist. Beschäftigte dürfen krebserzeugenden Gefahrstoffen nur ausgesetzt werden, wenn dies nach dem Stand der Technik unvermeidbar ist. Am Ende der Reaktion oder des Arbeitsvorganges dürfen krebserzeugende Gefahrstoffe als Verunreinigung oder Beimischung im isolierten End- oder Zwischenprodukt nur in einer Konzentration vorhanden sein, die nach dem Stand der Technik unvermeidbar ist.

Die in der obigen Tabelle aufgeführten besonders gefährlichen krebserzeugenden Gefahrstoffe dürfen nur in geschlossenen Anlagen hergestellt oder verwendet werden.

Ist eine Exposition gegenüber krebserzeugenden Gefahrstoffen unvermeidbar, so hat der Arbeitgeber dafür zu sorgen, dass die Arbeitsplatzgrenzwert bzw. biologischer Grenzwert unterschritten werden. Für den Umgang mit diesen Stoffen ist ein besonders abgegrenzter und gekennzeichnete Raum oder Bereich einzurichten, zu dem nur berechtigte Personen Zugang haben. Es wird empfohlen, diese Personen schriftlich zu benennen. Nur fachkundige Personen, die zudem besonders unterwiesen sein müssen, dürfen mit diesen Stoffen umgehen.

Der Umgang mit diesen Gefahrstoffen muss in Einrichtungen (z. B. Abzügen) erfolgen, die dem Stand der Technik entsprechen und bestimmungsgemäß bedient werden (z. B. Geschlossenhalten der Frontschieber in Abzügen). Die Menge der verwendeten Stoffe ist auf ein Mindestmaß zu begrenzen. Alle Arbeitsgänge (Reaktionsansatz, Reaktionsdurchführung und Aufarbeitung) sind so zu planen und durchzuführen, dass ein offener Umgang vermieden wird (z. B. Verwendung von geschlossenen Apparaturen, Spritzen, Septen, Vakuumfritten). Maßnahmen zur Dekontamination und gefahrlosen Beseitigung sind vor der Versuchsdurchführung festzulegen und die dafür notwendigen Hilfsmittel in ausreichender Menge und schnell erreichbar bereitzustellen. Die Gefahrstoffe sind in verwendungsbereiter und nicht staubender Form einzusetzen. Die Freisetzung von Aerosolen ist zu vermeiden. Geräte, Apparaturen und Behälter sind in leicht zu reinigende Auffangschalen zu stellen. Im Abzug dürfen nur die unmittelbar benötigten Arbeitsmittel und Stoffe bereitgestellt werden.

Wenn eine Kontamination der Hände nicht auszuschließen ist, sind ausreichend undurchlässige und beständige Schutzhandschuhe zu tragen. Kontaminierte Handschuhe sind im Abzug aufzubewahren und unverzüglich nach Versuchsdurchführung zu entsorgen. Die Dekontamination der Laborgeräte ist im Abzug durchzuführen. Der Abzug ist nach Beendigung der Tätigkeit zu reinigen, Kontaminationen sind mit einem geeigneten Reagens zu beseitigen.

Arbeitsbereiche, in denen mit krebserzeugenden Gefahrstoffen umgegangen wird, sind durch geeignete Warn- und Sicherheitszeichen sowie mit dem Zeichen „Essen, Trinken und Rauchen verboten“ zu kennzeichnen.

Krebserzeugende Gefahrstoffe sind in geeigneten, dicht verschließbaren und gekennzeichneten Behältern zu lagern, aufzubewahren und zu transportieren.

Reststoffe und Abfälle, die krebserzeugende Gefahrstoffe enthalten, sind in geeigneten, sicher verschließbaren und gekennzeichneten Behältnissen ohne Gefahr für Mensch und Umwelt zu sammeln, zu lagern und zu entsorgen. Bei der Einstufung der Abfälle hinsichtlich der krebserzeugenden Eigenschaften ist von der höchsten zu erwartenden Gefahr auszugehen.

Für Notfälle, bei denen Beschäftigte ungewöhnlich hohen Konzentrationen an krebserzeugenden Gefahrstoffen ausgesetzt sein können, sind geeignete Vorkehrungen zu treffen.

Luft, die krebserzeugende Gefahrstoffe enthält, darf nicht in die Atemluft anderer Beschäftigter gelangen können. In Arbeitsbereiche, in denen mit krebserzeugenden Gefahrstoffen umgegangen wird, darf abgesaugte Luft nicht zurückgeführt werden. Eine Ausnahme ist nur zulässig, wenn die Luft sicher von krebserzeugenden Gefahrstoffen gereinigt ist. Für die in der obigen Tabelle aufgeführten besonders gefährlichen krebserzeugenden Gefahrstoffe (gekennzeichnet durch eine in Klammer gesetzte Zahl hinter dem Chemikaliennamen) ist eine Ausnahme nicht möglich.

#### **7.11.10.1.1 Anzeige des Umganges mit krebserzeugenden Gefahrstoffen**

Werden krebserzeugende Gefahrstoffe regelmäßig wiederkehrend benutzt (z. B. in Praktika, mehrfache Säulenchromatographie) sind für diese Benutzung in einer Anzeige folgende Angaben schriftlich niederzulegen, ständig zu aktualisieren und den zuständigen Behörden (z. B. Landesunfallkasse LUK, Staatliches Gewerbeaufsichtsamt Braunschweig) auf Verlangen vorzulegen:

1. Bezeichnung des krebserzeugenden Gefahrstoffes,
2. Beschreibung des Herstellungsverfahrens (z. B. Synthesevorschrift), in dem der krebserzeugende Gefahrstoff vorkommt, entsteht oder freigesetzt werden kann sowie die Verwendung eines krebserzeugenden Gefahrstoffes (z. B. für Chromatographie, zum Umkristallisieren) einschließlich der durchzuführenden Tätigkeiten, des Verwendungszweckes, der Verwendungsart sowie der vorgesehenen Funktion des Gefahrstoffes,
3. Eigenschaften und Menge des krebserzeugenden Gefahrstoffes,
4. die getroffenen Schutzmaßnahmen und, falls vorgesehen, Art und Qualität der zu verwendenden Schutzausrüstung,
5. das Ergebnis der Ersatzstoffprüfung und begründende Angaben, warum
6. keine Substitution möglich ist und
7. das Auftreten des Gefahrstoffes am Arbeitsplatz nicht zu vermeiden ist.
8. die Zahl der Beschäftigten, die mit dem Gefahrstoff umgehen,
9. Art und Ausmaß der Exposition durch den Gefahrstoff, insbesondere Messergebnisse, soweit sie vorliegen.

Die Anzeige ist vom Arbeitgeber zu unterschreiben. Der Arbeitgeber hat den betroffenen Beschäftigten, dem Personalrat und der Stabsstelle für Arbeitssicherheit und Gesundheitsvorsorge Kopien der Anzeige zur Kenntnis zu geben.

Die Bestimmungen dieses Absatzes (Anzeige des Umganges mit krebserzeugenden Gefahrstoffen) gelten nicht, wenn krebserzeugende Gefahrstoffe zum Zwecke der Überprüfung ihrer Eigenschaften oder ihrer Zusammensetzung oder als Vergleichssubstanz für analytische Untersuchungen verwendet werden.

Diese Bestimmungen gelten ebenfalls nicht für den Umgang mit Dieselmotoremissionen im Freien.

zum Expositionsverbot., z. B. Arbeiten in geschlossenen Anlagen, zumindest aber Arbeiten im Abzug. Auf jeden Fall müssen möglichst emissionsarme Verfahren verwendet werden. Es dürfen grundsätzlich nicht mehr als 500 g bzw. 500 ml dieser Stoffe auf einmal verwendet werden.

### 7.11.10.2 Erbgutverändernde Gefahrstoffe

Erbgutverändernde Gefahrstoffe sind Stoffe und Zubereitungen, die erbgutverändernd sind, sowie Stoffe, Zubereitungen und Erzeugnisse, aus denen bei der Herstellung oder Verwendung erbgutverändernde Stoffe entstehen oder freigesetzt werden können. Gefahrstoffe sind erbgutverändernd, wenn sie entsprechend gekennzeichnet sind oder aufgrund sonstiger Erkenntnisse des Arbeitgebers als erbgutverändernd einzustufen sind. Zubereitungen sind als erbgutverändernd anzusehen, sofern der Massenanteil an einem erbgutverändernden Stoff gleich oder größer als 0,1 % ist, soweit nicht andere stoffspezifische Konzentrationsgrenzen festgelegt sind.

Erbgutverändernde Gefahrstoffe sind in der Technischen Regel für Gefahrstoffe TRGS 905 „Verzeichnis krebserzeugender, erbgutverändernder oder fortpflanzungsgefährdender Stoffe“ (<http://www.baua.de/prax/ags/verz905.htm>) aufgeführt.

Für den Umgang mit erbgutverändernden Gefahrstoffen gelten die gleichen Vorschriften wie für den Umgang mit krebserzeugenden Gefahrstoffen.

Erbgutverändernde Stoffe werden in drei Kategorien eingestuft:

1. Kategorie 1 (M1 = Mut.Kat.1): Stoffe, die beim Menschen bekanntermaßen erbgutverändernd wirken.
2. Kategorie 2 (M2 = Mut.Kat.2): Stoffe, die als erbgutverändernd für den Menschen angesehen werden sollten. Es bestehen hinreichende Anhaltspunkte zu der begründeten Annahme, dass die Exposition eines Menschen gegenüber dem Stoff zu vererbaren Schäden führen kann. Diese Annahme beruht im Allgemeinen auf geeigneten Langzeittiersuchen sowie sonstigen relevanten Informationen.
3. Kategorie 3 (M3= Mut.Kat.3): Stoffe, die wegen möglicher erbgutverändernder Wirkung beim Menschen Anlass zur Besorgnis geben. Aus geeigneten Mutagenitätsversuchen liegen einige Anhaltspunkte vor, die jedoch nicht ausreichen, um den Stoff in die Kategorie 2 einzustufen.

### 7.11.10.3 Fortpflanzungsgefährdende Gefahrstoffe

Fortpflanzungsgefährdende (reproduktionstoxische) Stoffe werden in drei Kategorien eingestuft:

1. Kategorie 1 (RE1/RF1): Stoffe, die beim Menschen die Fortpflanzungsfähigkeit (Fruchtbarkeit) bekanntermaßen beeinträchtigen bzw. Stoffe, die beim Menschen bekanntermaßen fruchtschädigend (entwicklungsschädigend) wirken.
2. Kategorie 2 (RE2/RF2): Stoffe, die als beeinträchtigend für die Fortpflanzungsfähigkeit (Fruchtbarkeit) des Menschen angesehen werden sollten bzw. Stoffe, die als fruchtschädigend (entwicklungsschädigend) für den Menschen angesehen werden sollten. Es bestehen hinreichende Anhaltspunkte zu der begründeten Annahme, dass die Exposition eines Menschen gegenüber dem Stoff zu einer Beeinträchtigung der Fortpflanzungsfähigkeit führen kann bzw. die Exposition einer schwangeren Frau gegenüber dem Stoff zu schädlichen Auswirkungen auf die Entwicklung der Nachkommenschaft führen kann. Diese Annahmen beruhen im Allgemeinen auf eindeutigen Nachweisen aus Tierversuchen sowie sonstigen relevanten Informationen.
3. Kategorie 3 (RE3/RF3): Stoffe, die wegen möglicher Beeinträchtigung der Fortpflanzungsfähigkeit (Fruchtbarkeit) des Menschen zu Besorgnis Anlass geben bzw. Stoffe, die wegen möglicher fruchtschädigender (entwicklungsschädigender) Wirkungen beim Menschen Anlass zur Besorgnis geben. Diese Annahmen beruhen im Allgemeinen auf Ergebnissen aus geeigneten Tierversuchen, deren Befunde jedoch für eine Einstufung die Kategorie 2 nicht ausreichen, sowie sonstigen relevanten Informationen.

Fortpflanzungsgefährdende Gefahrstoffe sind in der Technischen Regel für Gefahrstoffe TRGS 905 „Verzeichnis krebserzeugender, erbgutverändernder oder fortpflanzungsgefährdender Stoffe“ ([http://www.baua.de/prax/ags/verz\\_905.htm](http://www.baua.de/prax/ags/verz_905.htm)) aufgeführt.

### 7.11.11 Sensibilisierende Gefahrstoffe

Berufsbedingte Erkrankungen, d.h. von sensibilisierenden Stoffen ausgelöste Allergien, stellen heute ein Hauptproblem im betrieblichen Gesundheitsschutz dar. Allergien führen dazu, dass Beschäftigte häufig Ihrer Arbeit nicht mehr nachgehen können. Es ist deshalb von ganz großer Bedeutung, mit sensibilisierenden Stoffen besonders vorsichtig umzugehen und sie mit der gleichen Vorsicht zu behandeln wie z. B. krebserzeugende oder giftige Stoffe.

Die sensibilisierende Wirkung von Arbeitsstoffen ist im Rahmen der arbeitsmedizinischen Betreuung von Beschäftigten, die Umgang mit diesen Stoffen haben, besonders zu beachten. Dabei sollen Beschäftigte unter Berücksichtigung ihrer individuellen Disposition gezielt über die Gefährdung und die Möglichkeit der Prävention beraten werden. Ansprechpartner dafür sind die Stabsstelle für Arbeitssicherheit und Gesundheitsvorsorge und der Betriebsarzt. Durch gezielte Frühdiagnostik und geeignete Maßnahmen kann die Entwicklung ausgeprägter, nicht mehr rückbildungsfähiger allergischer Krankheiten verhindert werden.

Sensibilisierende Gefahrstoffe sind Chemikalien, die je nach persönlicher Disposition unterschiedlich schnell und stark allergische Erscheinungen auslösen können. Sensibilisierende Gefahrstoffe sind in der Technischen Regel für Gefahrstoffe TRGS 907 „Verzeichnis sensibilisierender Stoffe“ ([http://www.baua.de/prax/ags/verz\\_907.htm](http://www.baua.de/prax/ags/verz_907.htm)) aufgeführt. Von einer sensibilisierenden Wirkung ist auszugehen bei folgenden Verbindungsklassen bzw. Verbindungen mit folgenden Strukturelementen sowie folgenden gebräuchlichen Gefahrstoffe wie z. B.:

1. aromatische Amine
2. Azo-Verbindungen
3. Acrylsäurederivate
4. Benzolsulfonate
5. Chrom(VI)-Verbindungen
6. Cobalt und seine Salze
7. Dicarbonsäureanhydride, z. B. Maleinsäureanhydrid, Phthalsäureanhydrid
8. Epoxide
9. Formaldehyd
10. Hydrazin und seine Salze
11. Hydrochinon und Derivate
12. Hydroxylamin und seine Salze
13. Isocyanate
14. Methacrylate
15. Nickel und seine Salze
16. Peroxide
17. Peroxodisulfate
18. Phenylendiamin-Verbindungen
19. Platin(IV)- und Platin(VI)-Verbindungen
20. Sulfanilsäure
21. Thiazol-Derivate
22. Triazin-Derivate
23. Trihydroxybenzol-Derivate

## GEFAHRSTOFFSPEZIFISCHE BETRIEBSANWEISUNG

### SENSIBILISIERENDE GEFAHRSTOFFE



#### **GEFAHR**

Beispiele: Nickel, Kobalt, Platin, Rhodium und ihre Verbindungen; Peroxodisulfate, Isocyanate, Chrom(VI)-verbindungen, Formaldehyd, Hydrazin und seine Verbindungen, 1,4-Naphthochinon, Paraformaldehyd, Hydroxylammoniumchlorid, Diaminohexan

#### GEFAHREN FÜR MENSCH UND UMWELT

Gefahrenhinweise (H-Sätze) des Etiketts beachten! Bei Hautkontakt, Verschlucken oder Einatmen können durch diese Gefahrstoffe - auch bereits nach einmaligem Kontakt! - schwere Allergien ausgelöst werden.

#### SCHUTZMASSNAHMEN, VERHALTENSREGELN UND HYGIENISCHE MASSNAHMEN

Sicherheitsratschläge (P-Sätze) des Etiketts beachten! Jeden Hautkontakt vermeiden. Gefahrstoffe nicht einatmen und nicht verschlucken. Laborkittel, Schutzhandschuhe und Schutzbrille tragen! Regelmäßig Hände und Gesicht waschen.

#### VERHALTEN IM GEFAHRFALL

Benetzte Haut gründlich reinigen. Benetzte Kleidungsstücke sofort ausziehen. Verschüttete feste Stoffe zusammenkehren, verschüttete flüssige Stoffe mit Adsorbentien binden und anschließend zur Entsorgung geben. Dabei ggf. zusätzlich Atemschutz tragen!

#### ERSTE HILFE

Haut: Sofort gründlich mit Wasser, Seife oder Polyglycolen (z. B. Roticlean) reinigen, ggf. Notdusche benutzen.

Augen: Unter fließendem Wasser (Augennotdusche) mindestens 10 Minuten lang spülen, anschließend sofort zum Augenarzt.

Verschlucken: Erbrechen auslösen.

Einatmen: Frischluft, Ruhe, Wärme.

In schweren Fällen Notarzt über Notruf 0-112 oder 0-19222 alarmieren. Möglichst Chemikalienflasche/Etikett/Erbrochenes mitnehmen.

#### SACHGERECHTE ENTSORGUNG

Siehe Kapitel 9 der allgemeinen Betriebsanweisung. Ggf. ist die Rücksprache mit Abteilung 31, Herrn Weller (Tel. 4698), erforderlich.

### 7.11.12 Gefahrstoffe mit der Gefahr kumulativer Wirkungen

Diese Gefahrstoffe werden vom Körper aufgenommen, aber nur sehr langsam oder gar nicht abgebaut oder ausgeschieden. Durch die wiederholte Aufnahme kleinster Mengen kann sich der Stoff so sehr im Körper anreichern, dass es zu schweren Gesundheitsstörungen kommen kann. Beispiele:

1. Anisidine
2. Schwermetalle und sonstige giftige Metalle und ihre Verbindungen (z. B. Blei, Cadmium, Quecksilber, Selen, Thallium, Nickel, Arsen)
3. Bromaniline und Chloraniline (alle Isomere)
4. Alkylaniline und Dialkylaniline (z. B. Methylanilin, Diethylanilin und Dimethylanilin, alle Isomere)
5. aromatische Nitroverbindungen (z. B. Nitroanilin, Nitrobenzol, Nitrophenol, Nitrotoluol, alle Isomere)
6. aromatische Dinitroverbindungen (z. B. Dinitroaniline, Dinitrobenzole, Dinitrophenole, Dinitrotoluole, alle Isomere)
7. Diphenylamin
8. Phenetidine

## GEFAHRSTOFFSPEZIFISCHE BETRIEBSANWEISUNG

### GEFAHRSTOFFE MIT DER GEFAHR KUMULATIVER WIRKUNGEN

Beispiele: Blei, Cadmium, Quecksilber, Thallium, Uran, Selen und ihre Verbindungen; Dialkylaniline, Nitrobenzol und substituierte Nitrobenzole, Dinitrobenzol und substituierte Dinitrobenzole, Brom- und Chloraniline, Dichloraniline, Diphenylamin, Anisidine, Phenetidine.

### GEFAHREN FÜR MENSCH UND UMWELT

Gefahrenhinweise (H-Sätze) des Etiketts beachten! Diese Gefahrstoffe werden vom Körper aufgenommen, aber nur sehr langsam oder gar nicht abgebaut oder ausgeschieden. Durch die wiederholte Aufnahme kleinster Mengen kann sich der Stoff so sehr im Körper anreichern, dass es zu schweren Gesundheitsstörungen kommen kann. Bei wiederholtem Kontakt bereits mit sehr kleinen Gefahrstoffmengen besteht die Gefahr einer ernsten Gesundheitsschädigung, die erst nach einer langen Zeitspanne auftreten kann. Gefahrstoffe mit der Gefahr kumulativer Wirkungen dürfen nicht in die Umwelt gelangen.

### SCHUTZMASSNAHMEN, VERHALTENSREGELN UND HYGIENISCHE MASSNAHMEN

Sicherheitsratschläge (PS-Sätze) des Etiketts beachten! Jeden Hautkontakt vermeiden. Gefahrstoffe nicht einatmen und nicht verschlucken. Mit Gefahrstoffen mit der Gefahr kumulativer Wirkungen nur im Abzug hantieren. Laborkittel, Schutzhandschuhe und Schutzbrille tragen! Regelmäßig Hände und Gesicht waschen.

### VERHALTEN IM GEFAHRFALL

Benetzte Haut gründlich reinigen. Benetzte Kleidungsstücke sofort ausziehen. Verschüttete feste Stoffe zusammenkehren, verschüttete flüssige mit Adsorbentien binden und anschließend zur Entsorgung geben. Dabei ggf. Atemschutz tragen!

### ERSTE HILFE

Haut: Sofort gründlich mit Wasser, Seife oder Polyglycolen (z. B. Roticlean) reinigen, ggf. Notdusche benutzen.

Augen: Unter fließendem Wasser (Augennotdusche) mindestens 10 Minuten lang spülen, anschließend sofort zum Augenarzt.

Verschlucken: Erbrechen auslösen.

Einatmen: Frischluft, Ruhe, Wärme.

In schweren Fällen Notarzt über Notruf 0-112 oder 0-19222 alarmieren. Möglichst Chemikalienflasche/Etikett/Erbrochenes mitnehmen.

### SACHGERECHTE ENTSORGUNG

Siehe Kapitel 9 der allgemeinen Betriebsanweisung. Ggf. ist die Rücksprache mit Abteilung 31, Herrn Weller (Tel. 4698), erforderlich.

**7.11.13 Umweltgefährdende (Umweltgefährliche) Gefahrstoffe**

Diese Gefahrstoffe dürfen nicht in die Umwelt gelangen, weder in flüssiger, noch in gasförmiger noch in fester Form! Beispiele:

1. 4-Amino-3-fluorphenol
2. Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKWs) allgemein
3. chlorierte Kohlenwasserstoffe (z. B. Lindan, Tetrachlormethan, 1,1,1-Trichlorethan)
4. Schwermetalle und andere giftige Metalle aller Art einschließlich ihrer Verbindungen

## GEFAHRSTOFFSPEZ. BETRIEBSANWEISUNG

### UMWELTGEFÄHRDENDE (UMWELTGEFÄHRLICHE) GEFAHRSTOFFE



#### **GEAFHR**

Beispiele: Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKW), 4-Amino-3-fluorphenol, 1,1,1-Trichlorethan, Tetrachlormethan, Schwermetalle wie Cadmium, Nickel, Blei, Quecksilber

#### GEFAHREN FÜR MENSCH UND UMWELT

Gefahrenhinweise (H-Sätze) des Etiketts beachten! Bereits sehr kleine Gefahrstoffmengen, die in die Umwelt gelangen, können zu einer ernsten Schädigung der Umwelt führen. Schädigungen von Menschen sind ebenfalls zu befürchten.

#### SCHUTZMASSNAHMEN, VERHALTENSREGELN UND HYGIENISCHE MASSNAHMEN

Sicherheitsratschläge (P-Sätze) des Etiketts beachten! Jeden Hautkontakt, insbesondere Augenkontakt vermeiden. Gefahrstoffe nicht einatmen und nicht verschlucken. Regelmäßig Hände und Gesicht waschen. Gefahrstoffe nicht in die Umwelt gelangen lassen!

#### VERHALTEN IM GEFAHRFALL

Benetzte Haut gründlich reinigen. Benetzte Kleidungsstücke sofort ausziehen. Verschüttete feste Stoffe zusammenkehren, verschüttete flüssige mit Adsorbentien binden und anschließend zur Entsorgung geben. Dabei ggf. Atemschutz tragen!

#### ERSTE HILFE

Haut: Sofort gründlich mit Wasser, Seife oder Polyglycolen (z. B. Roticlean) reinigen, ggf. Notdusche benutzen.

Augen: Unter fließendem Wasser (Augennotdusche) mindestens 10 Minuten lang spülen, anschließend sofort zum Augenarzt.

Verschlucken: Erbrechen auslösen.

Einatmen: Frischluft, Ruhe, Wärme.

In schweren Fällen Notarzt über Notruf 0-112 oder 0-19222 alarmieren. Möglichst Chemikalienflasche/Etikett/Erbrochenes mitnehmen.

#### SACHGERECHTE ENTSORGUNG

Siehe Kapitel 9 der allgemeinen Betriebsanweisung. Die Entsorgung darf nur durch die Abteilung 31, Herrn Weller (Tel. 4698), erfolgen. Gefahrstoffe niemals in das Abwasser oder in den Restmüll geben. Stoffe nicht verdampfen lassen.

## 8 Allgemeine Labortätigkeiten

Die wöchentlichen Arbeitstage in den Laboratorien sind Montag bis Freitag; ausgenommen sind gesetzliche Feiertage. Die Arbeitszeiten in den Laboratorien sind von 8 bis 18 Uhr.

In diesen regelmäßigen Arbeitszeiten ist mit ausreichender Wahrscheinlichkeit gewährleistet, dass Personen anwesend sind, die bei Unfällen Erste Hilfe leisten und weitere Hilfe holen können. Außerhalb dieser Arbeitszeiten sind Labortätigkeiten nur zulässig, wenn sich eine zweite Person in der Nähe befindet und diese Person denjenigen regelmäßig kontrolliert, der Labortätigkeiten ausführt. Der Arbeitgeber ist für die Überwachung dieser Vorschrift verantwortlich!

Bei Arbeitsende sind alle Wasser, Gas- und Dampfhähne zu schließen und alle Netzstecker zu ziehen. Soweit möglich sind auch die Haupthähne abzusperrern und die Hauptschalter (z. B. Not-Aus) auszuschalten. Ausnahmen gelten nur, wenn Geräte ununterbrochen weiter betrieben werden müssen.

Alle Experimente müssen sorgfältig geplant und vorbereitet werden. Dazu gehört die Überlegung, ob ein Experiment in der vorgesehenen Arbeitszeit tatsächlich durchgeführt werden kann. Ist dies nicht der Fall, muss im Voraus festgelegt werden, an welchen Stellen der Versuch gefahrlos unterbrochen werden kann. Die Verfügbarkeit aller benötigten Chemikalien und Geräte muss vor Beginn eines Versuches sichergestellt sein. Die Suche nach fehlendem Material führt insbesondere in schwierigen Phasen eines Versuches unweigerlich zu Hektik und damit zu einem erhöhtem Sicherheitsrisiko. Wenn man einen Versuch bereits am Vortag vorbereitet, gewinnt man Zeit und Flexibilität.

Ist es notwendig, einen Versuch über längere Zeit oder über Nacht unbeaufsichtigt laufen zu lassen, müssen geeignete Sicherheitsvorkehrungen vom Arbeitgeber getroffen werden. Besondere Vorschriften für Versuche, die unbeaufsichtigt und/oder über Nacht laufen und nur in Dauerversuchsräumen durchgeführt werden dürfen, enthält Kapitel 8.17.

Personen, die Versuche durchführen, dürfen ihren Arbeitsplatz nur dann verlassen, wenn eine dauernde Überwachung der Versuche nicht erforderlich ist oder ein anderer Beschäftigter, der über den Ablauf der Versuche unterrichtet ist, die Überwachung übernimmt. Die Platznachbarn sind immer über laufende Versuche und mögliche Gefahren zu informieren.

Zeigen sich im Verlauf einer chemischen Reaktion oder einer Destillation durch plötzliches Aufschäumen oder Ausgasen Anzeichen für eine beginnende Zersetzung des Kolbeninhaltes, ist der gefährdete Bereich zu räumen und die betroffene Umgebung zu warnen. Die Beheizung und die in der Nähe befindlichen Zündquellen sind von ungefährdeter Stelle aus abzuschalten. Dazu sind z. B. NOT-AUS-Schalter zu benutzen!

### 8.1 Arbeiten im Abzug

Grundsätzlich ist zu verhindern, dass Gefahrstoffe bei chemischen Versuchen und bei ihrer Vorbereitung in solchen Mengen in die Luft gelangen können, dass Arbeitsplatzgrenzwerte oder biologische Grenzwerte überschritten werden und dadurch eine gesundheitliche Schädigung der Beschäftigten zu befürchten ist. Dies ist z. B. durch Benutzung von geschlossenen Apparaturen, der direkten Verbindung der Öffnung einer Apparatur mit einer Absaugung oder im Regelfall durch Arbeiten im Abzug möglich. Zur Emissionsminderung sind möglichst auch im Abzug austretende Schadstoffe an ihrer Austritts- oder Entstehungsstelle zu erfassen und zu beseitigen, beispielsweise durch Absorption in einem Gaswasserturm. Die richtige Nutzung eines Abzuges schützt im Labor tätige Personen vor unnötigen Expositionen mit Gefahrstoffen. Der Abzug funktioniert umso besser, je tiefer der Frontschieber heruntergezogen ist. Der wirksamste Schutz ist bei geschlossenem Frontschieber gegeben.

Tätigkeiten, bei denen Gase, Dämpfe oder Schwebstoffe in gefährlicher Konzentration oder Menge auftreten können (z. B. bei der Verwendung von hoch- und leichtentzündlichen, sehr giftigen, giftigen, reizenden, krebserzeugenden, erbgutschädigenden und fortpflanzungsgefährdenden Gefahrstoffen), dürfen nur in einem Abzug ausgeführt werden. Das gilt auch für Umfüll-, Wäge- und Reinigungsvorgänge. Der Frontschieber ist bei solchen Tätigkeiten geschlossen zu halten. Bei geöffnetem Frontschieber darf nur in begründeten Ausnahmefällen nach einer Beurteilung der Gefährdungen gearbeitet werden, da bei geöffnetem Frontschieber das Rückhaltevermögen deutlich vermindert und damit der Schadstoffaustritt höher sein kann. Zudem wird der Benutzer des Abzuges dann nicht gegen verspritzende gefährliche Stoffe oder umherfliegende Glassplitter geschützt.

Das Arbeiten im Abzug vermeidet im Allgemeinen das Auftreten unzulässig hoher Expositionen im Labor. Mit giftigen und sehr giftigen Stoffen ist nach Möglichkeit in geschlossenen Laborapparaturen im Abzug oder vergleichbaren Einrichtungen zu arbeiten. Neben verfahrensbedingten Freisetzungen im Abzug werden hier in der Regel auch Freisetzungen bei Störungen und Havarien sicher beherrscht. Die Beherrschbarkeit kann insbesondere durch die freisetzbare Menge, die Stoffeigenschaften und das angewandte Verfahren begrenzt werden. Solche Freisetzungen können beispielsweise die Dämpfe sein, die beim Umfüllen eines Lösemittels auftreten, Nanopartikel, die bei der Bearbeitung eines Compound-Werkstoffs aus der Matrix gerissen und freigesetzt werden, oder eine Gaswolke, die beim Undichtwerden einer Schliiffverbindung austreten kann.

Außerhalb der Abzüge dürfen Tätigkeiten, bei denen Gase, Dämpfe oder Schwebstoffe in gefährlicher Konzentration oder Menge auftreten können, nur durchgeführt werden, wenn durch geeignete Maßnahmen oder durch die Art der Arbeit sichergestellt ist, dass eine Gefährdung der Beschäftigte durch diese Stoffe ausgeschlossen ist.

Der Abzug bietet weiterhin Schutz gegen Substanzen, die in Folge zu heftiger Reaktion, einer Explosion, einer Implosion oder eines Siedeverzuges freigesetzt werden. Voraussetzung ist, dass man den Abzug wie vorgeschrieben in geschlossenem Zustand durch das Arbeitsfenster bedient bzw. bei Abzügen älterer Bauart den Abzugsschieber (Frontscheibe) so weit wie möglich herunterzieht. Der Kopf des Beschäftigten sollte immer durch die Scheibe geschützt sein!

Abzüge, die nicht benutzt werden, sind aus Gründen der Energieeinsparung auszuschalten.

In Abzügen dürfen nur die Chemikalien vorhanden sein, die für die Versuchsdurchführung unbedingt benötigt werden. Die Aufbewahrung von Chemikalien in einem Abzug ist nur dann zulässig, wenn in dem Abzug keine Arbeiten durchgeführt werden.

Das Einbringen von korrosiven Gasen, Dämpfen und Nebeln kann besonders bei Blechkanälen zur Korrosion und zum Undichtwerden beitragen, Sensoren und Klappen werden beschädigt. Neben der Vermeidung des Einbringens können in begründeten Fällen auch Wäscher das Abluftsystem schützen. Bei Perchlorsäureabzügen sind effiziente Spüleinrichtungen für die Kanäle auch hinter Wäschern erforderlich. Solche Kanäle sollen auf möglichst kurzem Weg aus dem Gebäude führen. Perchlorsäure darf nur in speziellen Perchlorsäureabzügen abgeraucht werden, da sich Perchlorsäure mit organischen Stoffen zu explosionsfähigen Verbindungen verbindet. Beim Abrauchen von Perchlorsäure muss die Wasserberieselung im Abzugskanal eingeschaltet sein. Insbesondere bei Perchlorsäureabzügen ist die Spalt- und Rissfreiheit der Abzüge von besonderer Bedeutung, damit keine Perchlorsäure unerkannt in oxidierbare Teile des Korpus (Spanplatte) gelangen kann. Die Abzüge müssen gut zu reinigen sein. Beachten Sie unbedingt die spezielle Bedienungsanleitung der Perchlorsäureabzüge! Sondervorschriften für Schwefelsäure, Flusssäure, Schwefelwasserstoff finden sich in der DIN 12924 Teil 2!

Beim Aufbau von Apparaturen in Abzügen ist darauf zu achten, dass die Strömungsverhältnisse möglichst wenig beeinflusst werden. Das kann beispielsweise dadurch erreicht werden, dass ein mindestens 5 cm hoher freier Raum für eine Luftströmung unter der Apparatur gelassen wird. Ausreichende Abstände zu den Abluftöffnungen der Abzugsrückwand sind einzuhalten. Auf ausreichenden Abstand zum Frontschieber (mindestens 10 cm) ist zu achten, um die Strömungsverhältnisse nicht negativ zu beeinflussen. Außerdem ist es notwendig, einen nicht zu geringen Abstand zu den Abluftöffnungen einzuhalten. Keinesfalls dürfen Abluftöffnungen zugestellt werden. Am besten werden Apparaturen in der Mitte des Abzuges aufgebaut.

Brandschutzwannen oder Sandbäder müssen standsicher aufgebockt werden. Bei Brandschutzwannen ist auf ausreichenden vertikalen Abstand zur Apparatur zu achten.

Einstellungen am Volumenstrom und an der Alarmierung von Abzügen dürfen ausschließlich durch hierfür sachkundige und hierzu vom Arbeitgeber autorisierte Personen verändert werden.

Weitere geeignete Maßnahmen zur Expositionsverminderung sind außer der Benutzung eines Abzuges in Abhängigkeit von den Aggregatzuständen und gefährlichen Eigenschaften der Stoffe beispielsweise

die Verwendung von Sicherheitswerkbänken, geschlossenen (vakuumdichten) Apparaturen, Gloveboxen, nachgeschalteten Kühlfallen oder Gaswäschern. Auch wirksame Quellenabsaugungen (örtliche Absaugung) können zur Expositionsminimierung beitragen.

## 8.2 Aufbau von Versuchsaapparaturen

Der Bruch von Apparaturen zählt zu den größten Risiken chemischen Arbeitens, insbesondere weil dadurch gefährliche Substanzen entweichen oder Brände entstehen können. Schon beim Aufbau von Apparaturen müssen daher einige wichtige Sicherheitsgrundsätze beachtet werden.

Alle Arbeitsgeräte sind vor ihrer Benutzung auf einen einwandfreien, sicheren Zustand zu überprüfen. Defekte Geräte dürfen nicht benutzt werden und sind aus dem Verkehr zu ziehen. Jede Improvisation durch Verwendung ungeeigneter Apparaturteile ist zu vermeiden.

Apparaturen sollen nur von Fachleuten oder ausreichend unterwiesenen Personen aufgebaut werden. Apparaturen müssen übersichtlich, standfest, mechanisch spannungsfrei, übersichtlich und an sicheren Standorten aufgebaut werden. Das klassische Bunsenstativ hat nur bei sorgfältig ausgeführtem Aufbau einen sicheren Stand. Auf einen nicht zu weit herausstehenden Gewindebolzen der Stativstange und einen planen Untergrund ist dabei zu achten. Der Schwerpunkt des Aufbaus darf nicht über die Bodenplatte hinausragen. Aufbauten, insbesondere schwere oder sperrige Apparaturen, sind daher bevorzugt an Stativgittern („Harfen“) zu befestigen. Mechanisch spannungsfrei lassen sich Apparaturen z. B. durch Kugelschliffe, Schraubkappenverbindungen oder PTFE-Faltenbälge aufbauen.

Die zum Einspannen von Glasteilen benutzten Klemmen müssen innen mit elastischem Material belegt sein.

Reaktionsgefäße müssen so groß sein, dass die gesamte Reaktionslösung nicht mehr als 2/3 des Volumens des Reaktionsgefäßes einnimmt. Apparaturen sollten gleichzeitig aber nur so groß wie unbedingt nötig sein.

Beim Arbeiten an hohen Apparaturen kann es zu Sturzunfällen mit Personenschäden und zusätzlichen Gefährdungen durch Zerbrechen der Apparaturen kommen. Zum Aufbau und Bedienen von hohen, nicht mehr im Griffbereich liegenden Apparaturen sind deshalb Leitern und Tritte zu benutzen. Hocker, Stühle, Kisten u. ä. sind ungeeignet und dürfen nicht verwendet werden.

Für den Aufbau von Apparaturen gilt das vertikale Aufbauprinzip. Zunächst wird das Reaktionsgefäß (bzw. der Destillationskolben usw.) sicher befestigt. Die Positionierung richtet sich nach der Forderung, dass Heiz- und Kühlbäder oder die Reaktionsgefäße sofort und ohne Veränderungen an der Apparatur (z. B. ohne das Entfernen von Schläuchen, Lösen von Klammern) entfernbar sein müssen. Weitere Apparaturteile werden durch Aufstellen auf die Kolbenschliffe hinzugefügt und dann durch Anklammern gesichert. Beim Anklammern dürfen weder Schliffverbindungen gelockert werden noch Spannungen durch Verkanten auftreten. Insbesondere Rührwellenschäfte müssen fest und sicher mit dem Reaktionsgefäß verbunden sein. Bewegliche Teile, z. B. Vorlagen und Spinnen, müssen unterstützt werden.

Beim Aufbau von Apparaturen sind zwischen Gefäßen mit Stoffen, deren Vermischung gefährlich werden kann, ausreichend bemessene Zwischengefäße („Puffergefäße“) einzubauen. Auf die richtige Durchflussrichtung ist zu achten. Bei Druckgefällen in der Apparatur kann es zum Zurücksteigen von Flüssigkeiten und gefährlichen Vermischungen kommen. Ein unerwünschtes Druckgefälle kann beispielsweise durch Abkühlen, einseitiges Erwärmen, zu schnelles Abreagieren, Absinken des Vordruckes usw. auftreten. Gefährlich beim Vermischen sind beispielsweise konzentrierte Säuren mit Laugen oder wasserfeste Alkalioxide oder Alkalihydroxide (z. B. in Trockentürmen) mit Wasser oder Säuren, Calciumchlorid mit Alkoholen oder Aminen. Neben dem Einbau von Zwischengefäßen kann das zusätzliche Vorschalten von Rückschlagventilen zweckmäßig sein. Das Zurücksteigen von Reaktionskomponenten und -mischungen in Druckgasflaschen ist besonders gefährlich.

In Apparaturen, ausgenommen Druckreaktoren, darf sich beim Betrieb kein Überdruck aufbauen können; sie müssen daher einen Druckausgleich zur Außenatmosphäre besitzen. Der Schutz des Apparaturinhaltes vor Luftfeuchtigkeit kann durch Trockenrohre erfolgen, wobei Trockenmittel benutzt werden müssen, die nicht zusammenbacken und das Trockenrohr verstopfen können und die nicht mit Chemikalien der Reaktion reagieren können. Das Verstopfen von Trockenrohren, die mit Trockenmitteln wie

Calciumchlorid, Phosphor(V)-oxid oder Natronkalk gefüllt sind, kann z. B. auch durch Beimischung von faserigem oder gekörntem, inertem Material (z. B. Glaswolle, Sand, Bimsstein) vermieden werden. Silikagel bietet den Vorteil, nicht zu Verstopfungen zu führen. Weiterhin ist sicherzustellen, dass ein mögliches Eintropfen von Flüssigkeit aus dem Absorptionsgefäß in das Reaktionsgefäß verhindert wird.

Die Funktion von Apparaturen, z. B. des Kühlwassersystems, des Rührwerkes, der elektrischen Antriebe oder die Vakuumdichtheit, müssen vor der Beschickung mit Chemikalien überprüft werden!

### 8.3 Versuchsaufbauten bei Explosionsgefahr

Besteht beim Betrieb von Glasapparaturen die Gefahr einer Stoff- oder Wärmeexplosion oder eines Zerknalls infolge eines unbeabsichtigten Druckanstieges, müssen Maßnahmen gegen Splitterflug, Spritzer und den Stoffaustritt getroffen werden. Ein unbeabsichtigter Druckanstieg kann beispielsweise durch Verstopfen von Gaseinleitrohren oder auch Abgasleitungen, bei Gaswäschern und Absorptionsröhrchen eintreten. Da eine Explosion oder ein Zerknall meistens mit der Freisetzung von brennbaren oder toxischen Stoffen verbunden ist, stellt der Betrieb im Abzug in der Regel die geeignete Maßnahme dar. Eine weitere Schutzmaßnahme kann der Betrieb hinter allseitig widerstandsfähigen Schutzscheiben sein, die gegen Umfallen gesichert sind.

### 8.4 erhöhte Gefahren bei Stromausfall

Apparaturen für Verfahren, bei denen ein Stromausfall erhöhte Gefährdungen mit sich bringen kann, sind an einen eigenen Stromkreis anzuschließen. Verfahren, bei denen ein Stromausfall erhöhte Gefährdungen mit sich bringen kann, sind beispielsweise viele metallorganische Reaktionen. Ist bei Ausfall der Spannung die Gefährdung nicht beherrschbar, sind entsprechend der Gefährdungsbeurteilung zusätzliche Maßnahmen zur Aufrechterhaltung der sicherheitsrelevanten Funktionen notwendig. Günstig ist es, wenn nur die sicherheitsrelevanten Teile der Apparatur, wie etwa die Kühlung oder der Rührer, an diesem Stromkreis betrieben werden. Als eigener Stromkreis gilt beispielsweise, wenn eine Steckdose nicht mit anderen zusammen über eine gemeinsame Schutzeinrichtung (beispielsweise Fehlerstromschutzschalter) abgesichert ist. Zusammen mit einer solchen Apparatur sollte möglichst kein anderes Laborgerät am gleichen Stromkreis betrieben werden.

### 8.5 Schläuche

Es dürfen nur Schläuche verwendet werden, die den zu erwartenden Drucken und anderen mechanischen, thermischen sowie chemischen Beanspruchungen standhalten. Schläuche sind so zu legen, dass sie zu keiner Gefährdung führen können. Alle Schläuche sind an den Geräteanschlussstellen gegen Abrutschen mit Schlauchschellen, Schlauchbindern oder anderen geeigneten Geräten zu sichern. Allerdings besteht beim Einsatz von Schlauchschellen Verletzungsgefahr durch Abrutschen des Schraubendrehers und Bruchgefahr anzuschließender Gefäße. Bewährt haben sich Ausführungen, die mit der Hand betätigt werden können oder Einohrklemmen. Das Umwickeln mit einfachem Draht („Rödeldraht“) ist nicht zulässig.

Die Anschlussstellen und die verwendeten Schläuche sind regelmäßig auf sichtbare Mängel zu überprüfen. Schadhafte oder poröse Schläuche dürfen nicht benutzt werden.

Der Gebrauch von Glasgeräten mit bruchempfindlichen Schlauchanschlüssen (Glasoliven) sowie Schlauchverbindungen (Schlauchzwischenstücken) aus Glas ist möglichst zu vermeiden. Die Verwendung von Steck- oder Schraubkupplungen als Verbindungselemente für Schläuche ist vorzuziehen. Sollen Glasgeräte mit gläsernen Oliven dennoch eingesetzt werden, sind möglichst Kunststoff-Schraubadapter aufzusetzen.

Wenn noch Glasgeräte ohne Steck- oder Schraubkupplungen verwendet werden, müssen die folgenden Bestimmungen beachtet werden. Um Schläuche gefahrlos auf Anschlussstellen aufzuschieben zu können, sollten die Schlauchenden mit einem Gleitmittel (z. B. Glycerin, Paraffinöl) benetzt werden. PVC-Schläuche können in heißem Wasser weich gemacht und anschließend in noch warmem Zustand leicht auf die Anschlüsse geschoben werden. Glasgeräte, die mit Schläuchen versehen werden, sollten beim Aufschieben der Schläuche mit einem Tuch umwickelt werden, um eine Gefährdung bei plötzlichem Abbrechen des Glasanschlusses zu verhindern. Notwendig ist außerdem das Tragen von festen Lederhandschuhen mit Stulpen, um auch die Handgelenke zu schützen. Fest sitzende Schläuche sollten zum

Ablösen mit einem Messer abgeschnitten werden. Es gelten die gleichen Vorschriften wie beim Befestigen der Schläuche (Umwickeln von Glasgeräten mit einem Tuch, Tragen von Lederhandschuhen).

Schläuche sind gegen übermäßige Wärmeeinwirkung und anderweitige Beschädigung zu schützen.

### **8.6 Stopfen, Verbindungen und Verschlüsse**

Beim Umgang mit Gefahrstoffen müssen dicht sitzende Verbindungen eingesetzt werden. Das sind Kegelschliff-, Kugelschliff-, Flansch- oder Schraubkappenverbindungen bzw. -verschlüsse. Solche Verbindungen bieten eine höhere Dichtheit als Gummi- oder Korkstopfenverbindungen und werden von (fast) keinen Chemikalien angegriffen. Es ist zu beachten, dass Schraubkappen-Verbindungselemente verschiedener Hersteller nicht unbedingt zu einer dichten Verbindung zusammenpassen.

Damit sich Schliffverbindungen nicht unbeabsichtigt öffnen, sind diese mit Schliffklammern, Federn oder anderen geeigneten Hilfsmitteln zu sichern.

Werden ausnahmsweise Kork- oder Gummistopfen benötigt, sind zum Durchbohren Korkbohrer zu verwenden, die mit einem Gleitmittel (z. B. Glycerin, Paraffinöl) benetzt werden. Niemals darf ein Stopfen in der Hand durchbohrt werden. Ein Stopfen darf nur auf fester Unterlage gebohrt werden. Die Bohrer sind scharf zu halten.

Bei Verwendung von Gummistopfen ist ihre Größe so auf die Apparaturen abzustimmen, dass ein Einsaugen bei angelegtem Vakuum nicht möglich ist. Bei stark alkalischen oder schmierenden Substanzen sind die Stopfen gegen Herausgleiten zu sichern.

Schliffe klemmen häufig fest, wenn kalte Schliffkerne in heiße Schliffhülsen gesteckt werden oder Kolben, in denen sich durch Kondensation der Gasphase Unterdruck bilden kann, zu früh verschlossen werden. Festsitzende Glasstopfen und Schliffverbindungen können durch vorsichtiges Klopfen mit einem Holzstiel oder besser durch kurzzeitiges, aber rasches Erhitzen der Schliffhülse z. B. mit heißem Wasser oder einem Heißluftfön gelöst werden. Beim Erwärmen der Schliffhülse dehnt sich diese etwas aus und wird so vom Kern getrennt. Die Benutzung eines Gasbrenners zum Erhitzen ist verboten. Ein Heißluftfön darf aber bei einem brennbaren Kolbeninhalt nicht verwendet werden! Durch den Kolbeninhalt können zusätzliche Gefährdungen hervorgerufen werden, wenn dieser beispielsweise unter Druck steht. Deshalb sind Kolben oder Flaschen beim Trennversuch mit einem Tuch abzudecken. Enthalten die zu bearbeitenden Glasgeräte Chemikalien, müssen die Arbeiten über Auffangwannen durchgeführt werden. Bei diesen Arbeiten sind Lederhandschuhe als Schnittschutz möglichst über Kunststoffhandschuhen als Chemikalienschutz zu tragen.

Gelingt ein erster Versuch des Lösens festsitzender Schliffe nicht, so sind die Glasgeräte zum Glasbläser zu bringen.

Um dem Festsitzen von Schliffen vorzubeugen, müssen die Schliffe mit speziellem Schliff fett gefettet werden. Vorteilhaft erweisen sich Pasten aus Polytetrafluorethylen, Poly(chlortrifluorethylen) oder Kunststoffhülsen aus den gleichen Materialien. Üblich sind auch Exsikkator-Fett (Gemisch aus Bienenwachs und Vaseline) sowie für das Arbeiten im Hochvakuum spezielles Silikon-Hochvakuumfett. Besonders beim längeren Einwirken von Lösungsmitteln werden Schliffe entfettet. Es wird empfohlen, in solchen Fällen Teflonmanschetten zu verwenden.

### **8.7 Labor- und Ultrazentrifugen**

Es dürfen nur Zentrifugen verwendet werden, die nur bei geschlossenem Gehäusedeckel betreiben werden können. Ein Öffnen des Deckels darf bei laufender Zentrifuge nicht möglich sein. Zentrifugen müssen langsam Stufe um Stufe hinauf- oder heruntergeschaltet werden. Bei ungewohnten Geräuschen ist sofort abzuschalten und nach Stillstand des Motors nachzusehen, woher die Geräusche gekommen sind.

Labor- und Ultrazentrifugen müssen so aufgestellt sein, dass sie sicher betrieben werden können. Das ist z. B. gegeben, wenn sie auf einer geeigneten, ebenen Fläche aufgestellt und um die Zentrifuge ein Freiraum von mindestens 30 cm eingehalten wird. Beim Betrieb von Ultrazentrifugen ist darauf zu achten, dass abfliegende Teile sicher aufgefangen werden. Ist eine Verkleidung aus betriebstechnischen

Gründen nicht möglich und eine fangende Schutzeinrichtung nicht vorhanden, so ist die Zentrifuge in einem besonderen Raum (Schutzkammer) aufzustellen, der nur bei Maschinenstillstand betreten werden kann. Bei der Aufstellung von Zentrifugen ist auf die Lärmbelastung zu achten.

Zentrifugen dürfen nur von unterwiesenen Personen benutzt werden. Für den Betrieb von Zentrifugen ist eine Betriebsanweisung zu erstellen. Für Ultrazentrifugen ist ein Betriebsbuch zu führen. Beschäftigte, die mit Ultrazentrifugen umgehen, sind namentlich festzuhalten.

Auf die besonderen Gefahren bei Tätigkeiten mit leicht- und hochentzündlichen Stoffen ist zu achten (Explosionsgefahr). Im Innenraum nicht ausreichend gegen explosionsfähige Atmosphäre geschützte Geräte sind mit Inertisierung zu betreiben. Für den Fall fehlender Inertisierungsanschlüsse kann die Zentrifuge hilfsweise durch Füllen und Spülen mit Argon oder einem anderen schweren Inertgas inertisiert werden. Hierzu wird die Zentrifuge bei weitgehend geschlossenem Deckel über einen Schlauch bei bekanntem Volumenstrom für eine zuvor bestimmte und festgelegte Zeit gespült und anschließend sofort verschlossen.

Bei Zentrifugen, die ortsveränderlich aufgestellt werden können, soll die Betriebsanweisung auch Angaben über die Aufstellung enthalten, z. B. bei Laborzentrifugen auch Angaben über die Einhaltung des Freiraumes.

Zentrifugen sind gemäß ihrer Bedienungsanleitung regelmäßig zu warten.

### **8.8 Apparate zur Schmelzpunktbestimmung**

Als Badflüssigkeiten eignen sich z. B. Silikonöle. Zu empfehlen ist die Benutzung von Metallblock- oder elektrisch beheizten Flüssigkeitsschmelzpunktbestimmungsapparaten. Die Verwendung konzentrierter Schwefelsäure ist verboten.

### **8.9 Umgang mit Glasgeräten**

Apparaturen im chemischen Laboratorium bestehen überwiegend aus Glas. Bei allen Vorteilen, die dieses Material für das chemische Arbeiten bietet, birgt es durch seine mechanische Verletzlichkeit auch Gefahren. Verletzungen an zerbrochenen Glasgeräten mit z. T. erheblichen Schnittwunden bilden daher die Kategorie der häufigsten Laborunfälle. Oberstes Gebot beim Umgang mit Glasgeräten ist es daher, alle Glasgeräte vor der Benutzung auf Unversehrtheit zu prüfen und jegliche Gewaltanwendung zu vermeiden. Beim Bearbeiten von Glas müssen Lederhandschuhe mit Stulpen oder eine entsprechende andere Schnittschutzkleidung getragen werden.

Glasapparaturen und -bauteile werden in der Regel aus Borosilicatglas 3.3 gefertigt. Die Bruchgefahr steigt mit der Temperaturdifferenz im Glas, ganz besonders stark jedoch durch Beschädigungen oder Fehler im Glas. Glasapparaturen und -bauteile müssen daher vor jeder Benutzung auf visuell erkennbare festigkeitsgefährdende Beschädigungen und Fehler kontrolliert werden. Defekte Glasgeräte sind zu reparieren oder zu ersetzen und dürfen nicht verwendet werden. Glasgeräte sind defekt, wenn sie einen Sprung oder ein „Sternchen“ besitzen oder Glasteile abgesplittert sind.

Glas bricht leicht, daher sind Glasgeräte immer kurz anzufassen (kurzer Hebelarm). Herausragende Glasenden (T-Stücke, Krümmer an Kühlern etc.) dürfen nicht als Hebelarm benutzt werden. Scharfe Kanten von Glasgeräten, z. B. von Glasrohren oder Glasstäben, sind mit Hilfe eines Gasbrenners (z. B. Bunsenbrenner) rund zu schmelzen.

Zum gefahrlosen Einführen und Herausziehen von Glasteilen (z. B. Glasrohre, Glasstäbe, Thermometer) in oder aus Stopfen, Schläuchen und ähnlichem sind die Hände und Handgelenke durch dicke Tücher oder Lederhandschuhe mit Stulpen zu schützen. Zum Einführen und Herausziehen sind die ineinander zu schiebenden Teile mit einem Gleitmittel (z. B. Glycerin, Paraffinöl) zu schmieren. Die Glasteile müssen möglichst dicht am Stopfen angefasst und unter leicht drehenden Bewegungen ineinander geschoben werden. Diese Gegenstände dürfen niemals gegen den Körper oder auf eine Unterlage gedrückt werden.

Zur Vermeidung von Schnittverletzungen sind vorteilhaft Schraubverbindungen einzusetzen.

Vor Glasbläserarbeiten sind die Geräte sorgfältig zu reinigen und zu trocknen.

Mit Gefahrstoffen mit einer Menge von mehr als 5 Litern darf nicht in dünnwandigen Glasgefäßen (z. B. Rundkolben, Erlenmeyerkolben) gearbeitet werden. Ausnahmen sind nur zulässig, wenn besondere Schutzmaßnahmen getroffen werden (z. B. eine nahtlose Kunststoffummantelung des gesamten Gefäßes).

### **8.10 Glasbläserarbeiten**

Vor Glasbläserarbeiten sind Geräte sorgfältig zu reinigen und zu trocknen. Rückstände von Chemikalien in zu reparierenden Glasgeräten können durch Hautkontakt, durch Kontakt mit den Lippen beim Glasblasen oder durch Verdampfen und Einatmen die Gesundheit des Glasbläfers gefährden. Rückstände brennbarer Stoffe, insbesondere von Lösemitteln, die zum Durchspülen eingesetzt wurden, können zur Explosion führen. Eine Glasbearbeitung mit Flußsäure bedarf besonderer Umsicht.

### **8.11 Arbeiten bei erhöhter Temperatur, Erwärmen**

Chemische Reaktionen bilden ein besonderes Gefahrenpotential, wenn bei erhöhter Temperatur gearbeitet wird. Das gilt insbesondere dann, wenn brennbare Lösungsmittel erhitzt werden. Es ist unverzichtbar, dass alle beheizten Apparaturen mit brennbarem Inhalt mit Rückflusskühlern zum Rückhalten oder Destillationsaufsätzen zum Kondensieren flüchtiger brennbarer Stoffe versehen sind.

Sollen Reaktionen bei erhöhter Temperatur, z. B. in der Siedehitze, durchgeführt werden, muss die Wärmezufuhr mit geeigneten Heizgeräten erfolgen. Das sind z. B. elektrisch beheizte Öl- und Wasserbäder, Heizhauben („Heizpilze“), Heißluftgeräte, aber niemals Bunsenbrenner beim Umgang mit brennbaren Flüssigkeiten.

Zur Wärmeisolation heißer Teile an Apparaturen dürfen keine leicht entflammaren Materialien verwendet werden. Leicht entflammables Isolationsmaterial (beispielsweise Styropor, Karton oder Papiertücher) ist wegen Brandgefahr nicht geeignet. Ein Brand kann bereits bei leichter Benetzung mit einer brennbaren Flüssigkeit, beispielsweise Mineralöl, durch Selbstentzündung auftreten. Bitte beachten Sie, dass auch faserförmige Asbestersatzstoffe (z. B. Keramikfasern, Glaswolle) ein krebserzeugendes Potential besitzen können. Solche Ersatzstoffe können beispielsweise in Hochtemperaturöfen vorkommen.

Beim Arbeiten mit Glasapparaturen sind die zulässigen Temperaturen und Temperaturdifferenzen zu beachten. Bei Verwendung von Glasgeräten sind Temperaturdifferenzen von mehr als 140 °C zwischen Dampf und Kühlflüssigkeit zu vermeiden. Bei Glasgeräten aus Borosilicatglas 3.3 nach DIN ISO 3585 sollen Temperaturdifferenzen von 140 °C nicht überschritten werden. Höhere Temperaturdifferenzen bewirken eine höhere Bruchwahrscheinlichkeit, so dass hier zusätzliche Maßnahmen für den Fall des Bruchs getroffen werden müssen. Dieser Glastyp kann mit Maximal-Temperaturen von 500 °C beaufschlagt werden, wenn die Aufheiz- und Abkühlgeschwindigkeiten nach Herstellerangabe beachtet werden und der Temperaturwechsel möglichst gleichmäßig erfolgt. Werden Apparateile hoch erhitzt, beispielsweise Reaktionsrohre in einem Rohrofen, so können die auftretenden Spannungen im Glas dadurch verringert werden, dass durch eine kurze Isolierung neben der Heizzone der Temperaturgradient verringert wird. Bei sehr schnellem Abkühlen (Kühlbäder) sollen Geräte aus Borosilicatglas 3.3 nicht tiefer als bis auf -80 °C gekühlt werden.

#### **8.11.1 Temperaturregelung**

Können Versuche nicht ständig beaufsichtigt werden, ist durch eine selbsttätig wirkende Einrichtung sicherzustellen, dass bei Ausfall der Regeleinrichtung der Beheizung das Überschreiten der maximalen Betriebstemperatur sicher verhindert wird. Diese zusätzliche Temperaturbegrenzung verhindert, dass Bäder überheizen oder Chemikalien bis zur Entzündung gebracht werden und unbemerkt ein Feuer ausbricht.

#### **8.11.2 Heizgeräte**

Heizgeräte sind immer standfest und kippstabil aufzubauen. Das Heizgerät und der zu heizende Apparaturteil müssen jederzeit rasch und gefahrlos von einander getrennt werden können, ohne dazu An-

derungen an der Apparatur vornehmen zu müssen. Deshalb muss seine Höhe jederzeit gefahrlos einzustellen sein. Für das Einstellen der Höhe unter der Apparatur haben sich Laborhebebühnen („Laborboys“) bewährt. Stativrings sind zur Höheneinstellung verboten. Distanzklötze und Ähnliches lassen in der Regel die nötige Standfestigkeit vermissen, um bei einem versehentlichen Anstoßen zu verhindern, dass sich die heiße Badflüssigkeit über den Tisch und möglicherweise auch über Körperteile ergießt. Sie sind deshalb ebenfalls verboten.

Bei Arbeiten an Apparaturen, die auf höhere Temperaturen erwärmt sind, müssen geeignete Handschuhe bereitliegen, um ein gefahrloses Arbeiten an den erwärmten Gegenständen zu ermöglichen. Zum Beheizen von Flüssigkeitsbädern und anderen Laboratoriumsapparaturen sind elektrische betriebene Heizeinrichtungen zu verwenden. Ist die Beheizung mit einer Gasflamme nicht zu vermeiden, muss die Gasflamme ständig durch einen Beschäftigten überwacht werden.

#### **8.11.2.1 Gasbrenner (Bunsenbrenner, Kartuschenbrenner)**

Gasbrenner (Bunsenbrenner) dürfen nur mit DVGW-geprüften Laborschläuchen betrieben werden. Ausgenommen hiervon sind Kartuschenbrenner. DVGW-geprüfte Schläuche bieten eine für Laboranforderungen ausreichende Beständigkeit und Belastbarkeit sowie Dichtheit. Ihre Durchmesser sind auf die genormten Schlauchtüllen an den Gasbrennern so abgestimmt, dass ausreichende Dichtheit auch ohne weitere Hilfsmittel erzielt wird. Auf gesicherte Standfestigkeit des Brenners ist zu achten. Nicht DVGW-geprüfte Schläuche, beispielsweise Kühlwasserschläuche, sind für den Anschluss von Gasbrennern ungeeignet. Die Schläuche sind regelmäßig zu überprüfen. Defekte und poröse Schläuche müssen ausgewechselt werden. Gasbrenner müssen ständig überwacht werden, da sonst bei Erlöschen der Flamme große Gasmengen in das Laboratorium austreten können (Explosionsgefahr)! Gasbrenner dürfen nicht vollständig absperrbar sein, da kein Gas unter Druck in dem Gasschlauch zwischen Absperrventil und Laborbrenner nach Abstellen des Brenners verbleiben soll. Werden Gasbrenner nicht mehr benötigt, so ist die Gasversorgung durch Schließen der Gasentnahmemarmatur am Labortisch bzw. Abzug zu unterbrechen.

Bei Kartuschenbrennern muss der Brenner vollständig absperrbar sein. Die Menge der am Arbeitsplatz bereitgehaltenen Kartuschen ist möglichst gering zu halten, eine Reservekartusche ist in der Regel ausreichend. Vorteilhaft werden die Reservekartuschen in einem Sicherheitsschrank oder in einem separaten Lagerraum aufbewahrt, so dass es im Brandfall nicht zu einer erhöhten Gefährdung kommen kann. Empfohlen werden Ventilkartuschen. Bewährt haben sich Sicherheitsbrenner mit Zündsicherung und automatischer Gasabschaltung. Brenner mit Sensorschaltung sollten gegen unbeabsichtigtes Einschalten gesichert sein.

Gasbrenner (z. B. Bunsenbrenner) dürfen nur zum Erwärmen von Wasser in größeren Gefäßen, z. B. Metalltöpfen oder Bechergläsern, benutzt werden. Reagenzgläser dürfen wegen der hohen Gefahr eines Siedeverzuges nicht mit einem Gasbrenner erwärmt werden. Sollen Reaktionsgefäße, die eine brennbare Flüssigkeit enthalten, im Wasserbad, Sandbad oder über einem Drahtnetz erwärmt werden, darf dazu niemals ein Gasbrenner benutzt werden, da sich beim Bruch des Reaktionsgefäßes die auslaufende Flüssigkeit sofort entzünden würde. Bei elektrisch beheizbaren Öl- oder Wasserbädern ist die Gefahr weit geringer. Anstelle von Asbest- und Keramikfaser-Drahtnetzen auf Dreibeinen sind Glaskeramikplatten einzusetzen. Diese sollen bei Beschädigungen der Ränder wegen der dadurch erhöhten Bruch- und Verletzungsgefahr ersetzt werden.

#### **8.11.2.2 Heizbäder**

Es ist wichtig, der jeweiligen Aufgabe entsprechend den richtigen Wärmeträger einzusetzen. Für Temperaturen  $> 150\text{ °C}$  sind vorzugsweise Metallbäder, in Ausnahmefällen auch Sandbäder zu verwenden. Beide sind in ihrem Temperaturverhalten aber besonders träge.

Zum Beheizen von Flüssigkeitsheizbädern und anderen Laboratoriumsapparaturen dürfen nur elektrische Heizeinrichtungen verwendet werden. Ist die Beheizung mit offenen Gasflammen nicht zu vermeiden, darf sie nicht ohne Aufsicht erfolgen. Offene Flammen sind gefährliche Zündquellen, zudem ist die Regelung der Wärmezufuhr mit ihnen schwieriger als mit geregelten elektrischen Heizeinrichtungen. Ein Heißluftgebläse kann auch nach dem Ausschalten noch als Zündquelle wirken.

### **Elektrisch beheizbares Wasserbad**

Der Wasserstand in elektrisch beheizbaren Wasserbädern muss ständig kontrolliert werden, da das erhitzte Wasser im Laufe der Zeit verdampft. Sie dürfen deshalb nicht in Dauerversuchsräumen betrieben werden. Wasserbäder dürfen nicht beim Umgang mit Gefahrstoffen benutzt werden, die bei Gefäßbruch gefährlich mit dem Wasser reagieren können (z. B. Natrium, Kalium oder Metallalkyle).

### **Elektrisch beheizbares Ölbad**

Wärmeträger sind unter Berücksichtigung der vorgesehenen Aufgabe sachkundig auszuwählen. Gefahren durch Volumenvergrößerung beim Erwärmen, durch Verunreinigungen und durch Tropfwasser ist wirksam zu begegnen.

Bei der Verwendung von Wärmeträgern ist Folgendes zu beachten:

1. Für Heizbäder sind wassermischbare Wärmeträger vorzuziehen.
2. Nicht mit Wasser mischbare Wärmeträger müssen nach Verunreinigung mit Wasser erneuert oder ausreichend ausgeheizt werden.
3. Wassermischbare und nicht mit Wasser mischbare Wärmeträger dürfen nicht miteinander vermischt werden.

Als Wärmeträger geeignet sind wassermischbare Glycole und Glycerin sowie nicht wassermischbare Paraffine und von der Industrie angebotene Spezialflüssigkeiten (Wärmeträgeröle).

Werden Verunreinigungen nicht erkannt, so kann es zur Gefährdung durch diese Stoffe beim Hautkontakt mit der Badflüssigkeit kommen. Verunreinigungen mit einem Siedepunkt, der geringer als die Badtemperatur ist, können zum unerwarteten, heftigen Spritzen oder Aufsieden des Bades führen. Es empfiehlt sich, Wärmeträger nach jeder Verunreinigung zu kontrollieren und je nach Verunreinigung zu erneuern.

Beim Überlaufen kann Badflüssigkeit in die Heizung gelangen, zudem werden Badgefäße und Heizung verunreinigt, was zu weiteren Gefahren, wie zu einem Brand, führen kann.

Weitere Gefahrenquellen von Ölbadern stellen rutschige Oberflächen der Arbeitsgeräte dar.

Tropfwasser kann in heißen Bädern (Öl, Metall) zu Wärmeexplosionen führen.

Für Flüssigkeitsheizbäder und Flüssigkeitsthermostate dürfen nur Wärmeträger verwendet werden, deren unbedenkliche maximale Betriebstemperatur bekannt ist. Bei Flüssigkeitsheizbädern muss die maximale Betriebstemperatur mindestens 20 °C und bei Flüssigkeitsthermostaten mindestens 5 °C unter dem Flammpunkt des Wärmeträgers liegen. Oberhalb des Flammpunktes und auch einige Grad Celsius unter diesem herrscht akute Brandgefahr, unter Umständen auch Explosionsgefahr durch Gemische von Dämpfen der Badflüssigkeit mit Luft. Werden Thermostate ausnahmsweise mit offenem Kreislauf betrieben, ist zu empfehlen, die maximale Betriebstemperatur 20 °C unter dem Flammpunkt des Wärmeträgers zu halten. Auch bei Thermostaten ist zu prüfen, ob die verwendeten Temperiermedien nicht durch weniger gefährliche Medien ersetzt werden können.

Aus einem Ölbad, das Wasser z. B. nach Platzen eines Kühlwasserwasserschlauches enthält, muss das Wasser vorsichtig unter dem Abzug herausgekocht werden. Bei größeren Wassermengen ist das Öl zu erneuern. Gelangt in heiße Ölbadern plötzlich Wasser (z. B. beim Platzen oder Abrutschen eines Kühlwasserschlauches), so siedet dieses Wasser schlagartig und reißt dabei heiße Öltropfen mit sich, die zu schweren Verbrühungen vor allem im Gesicht von Personen führen können. Es wird deshalb hier nochmals darauf hingewiesen, dass Kühlwasserschläuche an Apparaturen immer mit Schlauchschellen gesichert werden müssen! Das Herabtropfen von Kondenswasser kann durch Anbringen von Papiermanschetten verhindert werden.

Die Temperatur in elektrisch beheizbaren Ölbadern muss ständig mittels Thermometer kontrolliert werden. Eine Ausnahme gilt nur, wenn das Ölbad mit einer Übertemperatursicherung ausgestattet ist, die beim Erreichen dieser Temperatur das Ölbad dauerhaft abschaltet.

Ölbäder, die auf Temperaturen über 150 °C aufgeheizt werden, müssen im Abzug betrieben werden, da das heiße Öl gesundheitsschädliche Dämpfe an die Luft abgeben kann. Öl, das lange Zeit bei Temperaturen über 150 °C betrieben wird, kann gesundheitsschädliche Pyrolyseprodukte enthalten, die oft den Flammpunkt senken. Es sollte deshalb regelmäßig ausgewechselt werden.

### **Sandbad**

Sandbäder dürfen nur dann verwendet werden, wenn die bei ihnen auftretende ungleichmäßige, insbesondere auch durch das Nachheizen bedingte Temperaturverteilung zu keiner Gefährdung führen kann. Als Füllung geeignet ist geglähter See- oder Flusssand. Er darf nicht scharfkantig sein, da er zu Schäden in der Oberfläche eingestellter Glasgefäße führen kann, die dadurch besonders leicht bei Einwirkung von Spannungen brechen. Dies ist besonders dann der Fall, wenn das Gefäß gefüllt ist, evakuiert wird oder Spannungen beim Aufheizen entstehen. Bei Arbeiten mit Natrium, Kalium und Metallalkylen sind chemisch inerte Sandbäder optimal geeignet, da bei unvorhersehbarem Bruch der Apparatur keine unmittelbaren Gefahren resultieren: die ausgelaufenen Gefahrstoffe können unverzüglich mit weiterem trockenen Sand abgedeckt werden.

### **Metallbad**

Metallbäder werden vornehmlich bei Temperaturen über 150 °C verwendet. Sie zeichnen sich durch eine sehr gute Wärmeleitfähigkeit aus. Die niedrig schmelzende Legierung nach Wood (Schmelzpunkt etwa 75 °C) besteht aus etwa 50 % Wismut, 25 % Blei, 12,5 % Zinn und 12,5 % Cadmium. Da beim Erhitzen der Legierung gesundheitsschädliche Dämpfe freigesetzt werden können, dürfen Metallbäder nur im Abzug betrieben werden.

#### **8.11.2.3 Heißluftgebläse**

Heißluftgebläse dürfen nicht in der Nähe brennbarer Flüssigkeiten oder Dämpfe betrieben werden. Heißluftgebläse (Heißluftföhne) erreichen mit bis zu 550 °C annähernd gleiche Temperaturen wie Bunsenbrenner. Dies gilt nicht nur für die Heizdrähte im Innern der Geräte, sondern auch für die Luftaustrittsdüse am vorderen Ende. Es ist daher unbedingt darauf zu achten, dass Heißluftgebläse nicht in der Nähe brennbarer Gegenstände, Flüssigkeiten oder Dämpfe betrieben werden und auch nicht direkt neben derartigen Stoffen abgelegt werden. Heißluftgebläse können durch die starke Luftströmung das Rückhaltevermögen von Abzügen empfindlich stören.

Die Geräte verfügen zum Ab- oder Aufstellen oftmals über aufklappbare Bügel, die jedoch keinen sicheren Stand gewährleisten. Bewährt haben sich zur Ablage stattdessen fest montierte Halterungen direkt am Arbeitsplatz, wie beispielsweise waagrecht angebrachte Stativringe. Zur Verringerung der hohen Brandgefährdung sollen Heißluftgebläse grundsätzlich außerhalb der Abzüge aufbewahrt werden.

#### **8.11.2.4 Heizplatten**

Reaktionsgefäße, die brennbare Flüssigkeiten enthalten, dürfen nicht direkt auf Heizplatten erhitzt werden, um lokale Überhitzungen zu vermeiden. Es sind geeignete Gefäße (z. B. Töpfe, Bechergläser) mit Wasser oder Öl zur gleichmäßigen Wärmeübertragung zwischen Heizplatte und Reaktionsgefäß zwischenzuschalten.

#### **8.11.2.5 Heizhauben**

Heizhauben (Heizpilze) dürfen nur mit Reaktionskolben in der richtigen Größe verwendet werden. Es ist z. B. unzulässig, einen 50 ml-Kolben mit einer 1 Liter-Heizhaube zu erhitzen. Aus Sicherheitsgründen dürfen Heizhauben nicht zum Erwärmen evakuierter Gefäße benutzt werden, da durch lokale Überhitzungen Glasbrüche mit anschließenden Bränden und Explosionen auftreten können. Heizhauben dürfen nicht als Luftbäder eingesetzt werden, da sie sich aufgrund ungenügender Wärmeableitung leicht überhitzen können. Heizhauben erreichen Temperaturen bis 900 °C!

### **8.12 Erwärmen von Flüssigkeiten in den Bereich des Siedepunktes, Destillationen**

Sollen Flüssigkeiten bis wenig unter oder auf den Siedepunkt erwärmt werden, muss gewährleistet sein, dass kein Siedeverzug auftreten kann. Das kann erreicht werden z. B.

durch geeignete Siedesteinchen oder Siedestäbchen, durch ständiges kräftiges Rühren, z. B. mit einem Magnetrührer oder KPG-Rührer. Ein gelegentliches Rühren z. B. mit einem Glasstab ist nicht ausreichend und führt zu gefährlichen Siedeverzügen! durch Durchsaugen eines Gasstromes, z. B. durch Verwendung einer Siedekapillare.

Sind Flüssigkeiten bereits bis in die Nähe des Siedepunktes erhitzt und wird bemerkt, dass keine Hilfsmittel zum Vermeiden eines Siedeverzuges im Kolben vorhanden sind, muss die Flüssigkeit erst wieder deutlich unter den Siedepunkt abgekühlt werden. Auf keinen Fall dürfen in eine bis nahe an den Siedepunkt oder darüber hinaus erhitzte Flüssigkeit Siedesteinchen, Siedestäbchen oder andere Gegenstände und Stoffe (z. B. Aktivkohle) eingeworfen werden, da sonst Siedeverzüge entstehen. Bei Siedeverzügen sprudelt die Flüssigkeit stark auf. Siedeverzüge können zum Überlaufen und Verspritzen der Flüssigkeit, aber auch zum Bersten der Apparatur führen. Siedesteinchen und Siedestäbchen, die einmal benutzt wurden, verlieren ihre Wirksamkeit. Vor dem neuen Erhitzen müssen deshalb unbenutzte Siedesteinchen bzw. Siedestäbchen zugegeben werden.

### Destillationen

Destillationsanlagen sind in ihrer Größe der Menge und Art des Destillationsgutes anzupassen. Die Destillationskolben dürfen maximal zu 3/4 mit zu destillierender Flüssigkeit gefüllt sein. Die Destillationsapparatur ist so auszuwählen, dass kein Stau von Dampf oder Kondensat auftreten kann. Der Kühler muss ausreichend wirksam sein. Der Kühlmitteldurchfluss ist am Ausgang des Kühlers z. B. durch Strömungswächter zu überwachen.

Destillationsapparaturen sind sicher zu befestigen und gegebenenfalls abzustützen. An einem Destillationsvorstoß, beispielsweise einer Destillationsspinne, können bei größeren Kolben bzw. Füllgraden erhebliche Kräfte auftreten, die beispielsweise durch eine Hebebühne abgefangen werden müssen. Beim Abstützen der Vorlage darf die Apparatur jedoch nicht verspannt werden. Bei kleineren Destillationsvorlagen können die Kolben auch durch geeignete Klammern oder Federn befestigt werden.

Bei leicht erstarrendem Destillat besteht die Gefahr des Verstopfens und eines gefährlichen Druckanstieges in der Apparatur. Verengungen des Gasweges durch Reduzierstücke sind zu vermeiden. Für Rückflussapparaturen dürfen keine Produktkühler verwendet werden.

Zeigen sich im Verlauf einer Destillation Anzeichen für eine beginnende Zersetzung des Kolbeninhaltes durch z. B. plötzliches Schäumen oder Ausgasen, ist mit einem Kolbenzerknall zu rechnen. In solchen Fällen ist der gefährdete Bereich zu räumen und die betroffene Umgebung zu warnen. Die Beheizung und die in der Nähe befindlichen Flammen sind von ungefährlicher Stelle aus abzuschalten, z. B. durch Betätigen des NOT-AUS-Schalters.

Manche Lösungen zeigen beim Destillieren eine starke Neigung zum Schäumen. Dies kann bei wässrigen Lösungen durch die Zugabe einiger Schaum-Inhibitoren (z. B. einige Tropfen Octanol bzw. Silicon-Entschäumer) unterbunden werden.

Größere Lösungsmittelmengen werden am besten mit Rotationsverdampfern abdestilliert. Durch das Rotieren des Destillationskolbens werden bei Rotationsverdampfern Siedeverzüge verhindert. Keinesfalls dürfen bei Rotationsverdampfern Siedesteinchen verwendet werden, da hierbei die Gefahr des Kolbenruches besteht.

### 8.13 Arbeiten bei erniedrigter Temperatur, Kühlen

Sollen Reaktionen bei erniedrigter Temperatur durchgeführt werden, muss die Abkühlung mit geeigneten Geräten erfolgen. Kühlgeräte einschließlich des Kühlmediums sind immer so aufzubauen, dass sie jederzeit rasch, gefahrlos und ohne Veränderung der Apparatur entfernt werden können!

Bei Arbeiten an Apparaturen, die auf niedrige Temperaturen abgekühlt worden sind, müssen geeignete Handschuhe griffbereit sein, um ein gefahrloses Arbeiten an den kalten Gegenständen zu ermöglichen.

An kalten Geräten kondensiert leicht der Wasserdampf der Luft. Er macht die Geräte besonders rutschig! Angebrochene Packungen mit feuchtigkeitsempfindlichen Chemikalien (z. B. Lithiumaluminiumhydrid) sollten wegen des Kondensierens von Luftfeuchtigkeit nicht im Kühlschranks, sondern besser im Exsikkator über geeigneten Trocknungsmitteln aufbewahrt werden.

Das Kühlen und Kondensieren von Dämpfen erfolgt in der Regel durch spezielle Kühler (z. B. Dimroth-Kühler, Intensivkühler, Claisenaufsatz von Destillationsanlagen), die meist aus Glas gefertigt sind und mit Wasser gekühlt werden.

Dabei ist zu beachten, dass

1. die Kühlung im Gegenstromprinzip durchgeführt wird,
2. die Kühlwasserschläuche mit Schlauchschellen an den Kühlern gesichert sind,
3. der Kühlwasserstrom aus Gründen der Wassereinsparung so gering wie möglich eingestellt wird. Bei Apparaturen, die unter Rückfluss betrieben werden, kann besonders sparsam gearbeitet werden, wenn die Wärmequelle nur geringfügig über den Siedepunkt erhitzt wird, da dann ein Großteil der gebildeten Dämpfe bereits an der Glaswand des Kolbens kondensiert (Luftkühlung).

Aus Gründen der Wassereinsparung sollte anstelle von Leitungswasser (Trinkwasser!) ein elektrisch betriebener Umlaufkühler oder ein hausinterner Kühlwasserkreislauf benutzt werden.

Sind in einem Kolben elementare Alkalimetalle, Metallalkyle oder andere hochreaktive Chemikalien vorhanden, die mit Wasser gefährlich reagieren, so müssen die Kühlwasser führenden Teile eines Rückflusskühlers aus Metall sein. Zerplatzende Kühlschlangen aus Glas führen zu einer explosiven Reaktion des freiwerdenden Wassers mit der vorliegenden Chemikalie.

### 8.13.1 Kühlschränke/Kühltruhen

In Innenräumen von Kühlschränken und Kühltruhen, in denen sich eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre entwickeln kann, dürfen keine Zündquellen vorhanden sein.

Kühlschränke und Kühltruhen dürfen zum Aufbewahren von Gefäßen mit brennbaren oder explosiven Stoffen nur benutzt werden, wenn sie mindestens im Innenraum explosionsgeschützt sind. Brennbare Flüssigkeiten im Sinne dieser Forderung sind explosionsgefährliche, hochentzündliche, leichtentzündliche und entzündliche Gefahrstoffe.

Eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre kann sich beispielsweise aus offenen oder undichten Gefäßen mit brennbaren Flüssigkeiten entwickeln. Zündquellen im Nahbereich der Tür müssen daher ebenfalls vermieden werden. Entsprechende Kühlschränke sind am Markt erhältlich; bei Kühlschränken und Kühltruhen in Normalausführung lassen sich Zündquellen vermeiden, wenn Leuchten und Lichtschalter abgeklemmt sowie Temperaturregler mit einem eigensicheren Stromkreis versehen sind. Innenliegende Ventilatoren müssen abgeklemmt werden. Die Abtauautomatik muss außer Betrieb gesetzt sein, der Kühlschrank muss durch Abschalten und Türöffnen abgetaut werden. Wanddurchführungen sind mit Silicon oder einem anderen dichten und dauerhaften Material zu verschließen. Der in Eigenregie vorgenommene Umbau des Arbeitsmittels führt zur Übernahme der Herstellerverantwortung im Sinne des Geräte- und Produktionssicherheitsgesetzes (GPSG).

Umgerüstete Kühlschränke und Kühltruhen müssen mit einem Hinweiszeichen mit der Aufschrift „Nur Innenraum frei von Zündquellen“ Kühlschränke und Kühltruhen, deren Innenraum nicht explosionsgeschützt ist, müssen mit einem deutlich sichtbaren Aufkleber mit folgendem (oder einem ähnlichen, Sinn entsprechenden) Text versehen sein: „In diesem Kühlschrank ist das Aufbewahren brennbarer Stoffe verboten!“ Brennbare Stoffe im Sinne dieser Forderung sind hochentzündliche, leichtentzündliche und entzündliche Gefahrstoffe.

In Kühlschränken, die der Aufbewahrung von zum Verzehr bestimmten Lebensmitteln dienen, dürfen keine Gefahrstoffe aufbewahrt werden. Diese Kühlschränke dürfen nicht in Laboratorien aufgestellt werden und sind mit einem deutlich sichtbaren Aufkleber „Nur für Lebensmittel“ (oder einem ähnlichen, Sinn entsprechenden Text) zu kennzeichnen.

### 8.13.2 Tätigkeiten mit tiefkalt verflüssigten Gasen

Beim Umfüllen von tiefkalten verflüssigten Gasen (z. B. flüssiger Stickstoff) müssen neben der Arbeitskleidung (Laborkittel, Hose, geschlossenes Schuhwerk) auch eine Schutzbrille und vor Kälte schützende Handschuhe getragen werden. Das Tragen eines Gesichtsschutzschirmes wird empfohlen.

Bei Tätigkeiten mit verflüssigten Gasen müssen Maßnahmen getroffen sein, die verhindern, dass rasch verdampfendes verflüssigtes Gas zu einer Gefährdung führen kann. Dabei kann es sich insbesondere um Brand- und Explosionsgefahren, um Erfrierungen oder Gefährdungen durch toxische Eigenschaften handeln. Beispielsweise kann dies durch den Bruch eines Kolbens mit flüssigem Ammoniak oder durch detonativen Selbstzerfall von verflüssigtem Acetylen hervorgerufen werden. Undichtigkeiten an Apparaturen können zum Zufrieren von Leitungen und Sicherheitseinrichtungen (Eisbildung, kondensierter Sauerstoff beim Einsatz von flüssigem Stickstoff oder kondensierter Stickstoff und Sauerstoff beim Einsatz von flüssigem Helium) und zum Bersten von Apparateanteilen führen. Unterschätzt werden häufig auch die Gefahren, die von Gasen ausgehen, die die Atmung nicht unterhalten, sondern erstickend wirken. 1 Liter tiefkalt verflüssigtes Gas, zum Beispiel Stickstoff, ergibt etwa 750 Liter des Gases bei Normalbedingungen und verdrängt die entsprechende Menge Atemluft. Sinkt durch das Verdampfen solcher Gase der Sauerstoffgehalt in der Raumluft deutlich ab, so besteht die Gefahr der Beeinträchtigung des Bewusstseins, des Reaktionsvermögens und der Handlungsfähigkeit. Bei stark abgesenktem Sauerstoffgehalt besteht darüber hinaus die akute Gefahr einer innerhalb weniger Atemzüge eintretenden Bewusstlosigkeit oder gar des Erstickungstodes. Eine ausreichende Warnwirkung beim Einatmen geht dabei von solchen Gasen nicht aus. Es kann erforderlich sein, Überwachungseinrichtungen, beispielsweise auf den Sauerstoffgehalt der Raumluft oder die ausgetretenen Gase, vorzusehen. Auf Quersensitivitäten und Alterung der Sensoren ist dabei zu achten.

Tiefkalt verflüssigte Gase dürfen nur in zugelassene Gefäße umgefüllt werden. Diese sind spezielle TÜV-überprüfte Metallkannen für die Aufnahme größerer Mengen und spezielle Dewargefäße, die mit einem (Metall-) Mantel als Implosionsschutz versehen sein müssen, sowie bruchsichere Gefäße aus geschäumtem Kunststoff. Das Glas des Dewargefäßes muss einen ausreichend kleinen Ausdehnungskoeffizienten haben. Dewargefäße dürfen nur in trockenem und sauberem Zustand mit verflüssigten Gasen gefüllt werden. Verkratzte Dewargefäße dürfen nicht für tiefkalte verflüssigte Gase verwendet werden.

Nach Gebrauch der Tiefkühlbäder sind diese umgehend abzudecken. In Gefäßen, die tiefkalt verflüssigte Gase enthalten, darf sich kein Überdruck aufbauen; sie dürfen also nicht fest verschlossen sein. Gefäße dürfen nur bis maximal 5 cm unterhalb des Randes gefüllt werden.

Flüssiger Sauerstoff bzw. flüssige Luft dürfen nicht zum Tiefkühlen verwendet werden. Für die Tiefkühlung im Labor darf nur flüssiger Stickstoff (Sdp.  $-196\text{ °C}$ ) verwendet werden. Die Verweilzeit von flüssigem Stickstoff in offenen Dewargefäßen muss begrenzt werden, da bei längerem Stehen Sauerstoff aus der Luft (Sdp.  $-183\text{ °C}$ ) in den flüssigen Stickstoff einkondensieren kann. Dieses Einkondensieren kann in seltenen Fällen durch eine leichte Blaufärbung erkannt werden, in der Regel lässt es sich aber nicht erkennen! Solche Mischungen dürfen wegen der starken Oxidationswirkung des flüssigen Sauerstoffes nicht mehr verwendet werden. Mit Sauerstoff angereicherter Stickstoff, flüssige Luft oder flüssiger Sauerstoff können wegen ihrer sehr starken Oxidationswirkung mit organischen Stoffen detonationsfähige Gemische bilden. Sie sollten durch Verdampfen, z. B. Ausgießen im Freien, vernichtet werden. Flüssiger Stickstoff aus Dewargefäßen darf nicht in Vorratsgefäße zurückgegeben werden. Eine richtige Abdeckung des Dewargefäßes kann das Einkondensieren von Sauerstoff stark verlangsamen. Hierbei ist auf Beschädigungen der Deckel durch Versprödung zu achten. Beschädigte oder verloren gegangene Deckel sind zu ersetzen.

Zur Erzeugung von Tieftemperatur-Kühlbädern dürfen verflüssigte Gase nur in kleinen Portionen unter Rühren in die Badflüssigkeit eingetragen werden. Andernfalls könnte es zum explosionsartigen Verdampfen des verflüssigten Gases kommen.

Tiefkalt verflüssigte Gase dürfen in Aufzügen wegen der Gefahr des Behälterbruches nicht zusammen mit Personen befördert werden.

Durch Kühlfallen, die mit tiefkalten Gasen (typischerweise mit flüssigem Stickstoff) beschickt werden und zwischen Versuchsaufbau und Vakuumpumpe installiert sind, darf nicht über einen Zeitraum von wenigen Sekunden hinaus Luft hindurchgesaugt werden, wenn davor oder danach Lösungsmittel in der Kühlfalle kondensiert werden sollen. Der Grund dafür liegt darin, dass sich in der Kühlfalle aus der Luft flüssiger Sauerstoff abscheiden kann, der ein sehr hohes Oxidationspotential besitzt. Kommt dieser

flüssige Sauerstoff mit Lösungsmitteldämpfen, die durch die Kühlfalle hindurchgesaugt werden, in Kontakt, so können auch diese Lösungsmitteldämpfe kondensieren und mit dem flüssigen Sauerstoff explosionsartig reagieren. Es hat schon schwere Unfälle gegeben!

### 8.13.3 Eis-/Trockeneis-Kühlung

In chemischen Laboratorien werden Reaktionsgefäße häufig durch Eintauchen in ein Kühlmittel gekühlt, das sich in einer Wanne/ Schale befindet, z. B. Eis/Kochsalz-Kühlung. Es muss gewährleistet sein, dass das Kühlmittel rasch und problemlos ausgetauscht werden kann z. B. durch das Austauschen der Wanne/Schale. Zum Kühlen verwendet man Eis, Eis/Kochsalz-Mischungen (3 Teile Eis und 1 Teil Natriumchlorid, bis ca.  $-20\text{ °C}$ ), Lösemittel/Trockeneis-Mischungen ( $-20$  bis  $-78\text{ °C}$ ) oder flüssigen Stickstoff ( $-196\text{ °C}$ ).

Festes Kohlendioxid kann Glasgefäße beschädigen. Für die Trockeneiskühlung (festes Kohlendioxid) benutzt man häufig brennbare organische Lösungsmittel als Übertragungsmedien. Auf die damit verbundene Brandgefahr ist zu achten, offene Flammen sind verboten. Als Medien werden häufig Aceton oder Methanol benutzt. Soweit möglich, ist 2-Propanol („Isopropanol“) zu benutzen, dessen Vorteile in der geringen Toxizität, seiner hohen Viskosität und seiner geringen Neigung zu Schaumbildung liegen, die ein Überspritzen bei Trockeneiszugabe verhindert. Das Trockeneis muss dem Übertragungsmedium vorsichtig in kleinen Stücken zugegeben werden, um ein Überschäumen zu verhindern. Dies kann bei brennbaren Lösungsmitteln zu Bränden führen, wenn sich eine Zündquelle in der Nähe befindet.

Es ist darauf zu achten, dass der Inhalt beim Bruch des Reaktionsgefäßes nicht in gefährlicher Weise mit dem Kühlmittel reagieren kann. So darf z. B. Aceton als Kühlmittel nicht verwendet werden, wenn Wasserstoffperoxid haltige Flüssigkeiten gekühlt werden, da sonst explosionsgefährliches und stoßempfindliches Acetonperoxid entstehen kann.

Beim Gebrauch der Tiefkühlbäder sind diese soweit wie möglich abzudecken. Nach dem Gebrauch verbleiben diese bis zum Erreichen der Raumtemperatur abgedeckt im Abzug und sind dann in geeignete Vorrats- oder Entsorgungsbehälter zu geben.

Der Umgang mit Trockeneis, gegebenenfalls auch mit tiefkalten verflüssigten Gasen, lässt sich vorteilhaft durch den Einsatz von Laborkryostaten ersetzen. Diese lassen zudem eine sicherere Reaktionsführung durch frei wählbare Temperatur bei höherer Temperaturkonstanz zu. Eine mögliche Brandlast durch die Flüssigkeitsfüllung ist zu beachten.

## 8.14 Elektrische Anlagen und Betriebsmittel

### 8.14.1 ortsveränderliche Elektrogeräte

Die meisten Stromunfälle werden durch die Benutzung von schadhafte oder ungeeigneten elektrischen Betriebsmitteln oder Anlagen verursacht. Die folgenden Regeln müssen unbedingt beachtet werden.

Für die Beleuchtung, die Lüftung und die übrige elektrische Energieversorgung müssen getrennte Stromkreise eingerichtet sein. Darüber hinaus sollen Labortische und Abzüge einzeln oder gruppenweise für sich freischaltbar sein. Für das Abschalten des Stroms eines ganzen Laboratoriums wird empfohlen, an gut zugänglicher Stelle, z. B. am Ausgang des Laborraumes, einen Hauptschalter (NOT-AUS) anzubringen.

Not-Aus-Schalter und Bedienungsschalter von Sicherheitseinrichtungen müssen stets funktionstüchtig, frei erreichbar und problemlos bedienbar sein.

Elektrogeräte dürfen nur bestimmungsgemäß entsprechend der Bedienungsanleitung verwendet werden.

Elektrische Leitungen sind so zu verlegen, dass sie zu keiner Gefährdung führen. Gefährdungen durch elektrische Leitungen können sich zum Beispiel ergeben durch

1. mechanische Behinderung (Arbeitshindernisse, „Einfädeln“ in herunterhängenden Kabeln, Stolperfallen durch auf dem Boden herumliegende Kabel),

2. „Pfad“ für ausgetretene Flüssigkeiten,
3. Blanklegen spannungsführender Leiter durch thermische Belastungen (z. B. Anschmelzen der Kabel an heißen Oberflächen wie Heizplatten), mechanische Belastungen (z. B. Aufreißen der Kabel an scharfen Kanten oder durch Quetschungen an Laborhebebühnen) und chemische Einwirkungen.

Elektrische Geräte müssen sich in einwandfreiem Zustand befinden. Deshalb ist eine Sichtprüfung von ortsveränderlichen Elektrogeräten auf Schäden vor Arbeitsbeginn oder vor Inbetriebnahme einer Apparatur durchzuführen.

Eine regelmäßige Isolationsprüfung an ortsveränderlichen Elektrogeräten erfolgt im Rahmen der regelmäßig wiederkehrenden Prüfungen nach Unfallverhütungsvorschrift „Elektrische Anlagen und Betriebsmittel“ (BGV A3/GUV-V A3) durch eine Elektrofachkraft oder (bei Verwendung geeigneter Mess- und Prüfgeräte) durch eine elektrotechnisch unterwiesene Person. An einem grünen Aufkleber ist zu erkennen, wann das Gerät zuletzt überprüft wurde. Soll ein Gerät benutzt werden, das keine grüne Prüfplakette besitzt, muss das Gerät zuerst durch die zuständige Elektrofachkraft überprüft werden.

Geräte, die eine grüne Prüfplakette tragen, dürfen dennoch nicht benutzt werden, wenn sie offensichtlich beschädigt sind! Rote Aufkleber bedeuten, dass das Gerät zunächst repariert werden muss. Geräte mit roten Aufklebern dürfen keinesfalls eingesetzt werden.

Schlechte elektrische Kontakte können etwa durch Korrosion oder mechanische Überbeanspruchung zu

1. einer lokaler Temperaturerhöhung durch höhere Übergangswiderstände bis hin zum „Festbacken“ lösbarer elektrischer Verbindungen und zur Entzündung sowie zu Kriechströmen, gegebenenfalls verbunden mit dem Verlust der Isolationswirkung führen,
2. einer fehlender Erdung (Potentialausgleich) mit unerkannt ausgefallenem Berührungsschutz bzw. nicht mehr auslösendem FI-Schalter (RCD) führen,
3. einem Ausfall der Spannungsversorgung mit gegebenenfalls unsicheren Betriebszuständen führen.

Leitfähige Anbackungen können Isolierungen überbrücken und zu gefährlichen Körperdurchströmungen führen.

Elektrische Leitungen besitzen nur eine bestimmte, vor allem von der Leitungsdicke abhängige Leistungsaufnahme, was insbesondere bei der Benutzung von Mehrfachsteckdosen beachtet werden muss. Das Hintereinanderschalten von elektrischen Mehrfachsteckdosenleisten ist wegen des möglichen Verlustes der elektrischen Sicherheit und einer Erhöhung der Brandgefahr nicht zulässig. Sind bewegliche (Mehrfach-)Steckdosen nicht vermeidbar, so sollen sie mit eingebauten Sicherheitseinrichtungen (Hauptschalter, Vorsicherung, Fehlerstrom-Schutzschalter, Überspannungsschutz) versehen und erforderlichenfalls spritzwassergeschützt ausgeführt sein.

Elektrische Leitungen, insbesondere Steckverbinder, dürfen nicht von Wasser benetzt werden. Elektrische Geräte sind vor Feuchtigkeit zu schützen, nasse elektrische Geräte dürfen nicht benutzt werden.

Bei möglichen gefährlichen Störungen von Verfahren und Apparaten sind geeignete Maßnahmen zu treffen. Sicherheitsrelevante Funktionen (z. B. Rühren, Kühlen, Ventilsteuerung) sind dabei bis zum Erreichen des sicheren Betriebszustandes aufrecht zu erhalten, zum Beispiel durch USV (unterbrechungsfreie Stromversorgungen), zentrale Ersatzstromversorgung oder Energiespeicher.

Thermoschutzschalter, Temperatur- oder Leistungsbegrenzer sind sinnvoll, wenn die Gefahr besteht, dass sich Motoren oder Heizquellen überhitzen. Bei Überhitzung besteht die Gefahr von Hautverbrennungen, wenn Personen das Gerät berühren, und die Gefahr von Bränden.

Schalter und Steckdosen an Labortischen sollen oberhalb der Arbeitsfläche installiert sein, oder, falls sie unterhalb der Tischplatte angebracht sind, so weit zurückgesetzt sein, dass sie bei auslaufenden oder verspritzenden Flüssigkeiten keine Gefahrenquelle darstellen. Steckdosen von Abzügen sollen außerhalb der Abzüge angebracht sein. Sind im Arbeitsraum des Abzuges Steckdosen erforderlich, müssen sie von außen einzeln und erkennbar zugeordnet abschaltbar sein. Schalter und Steckdosen im Spritzbereich von Notduschen müssen spritzwassergeschützt sein.

Alle elektrische Leitungen, vor allem Gerätekabel, sind so zu verlegen, dass sie zu keiner Gefährdung als Stolperfallen führen können.

#### **8.14.2 Elektrische Energieversorgungseinrichtungen**

Für die Beleuchtung, die Lüftung und die übrige elektrische Energieversorgung müssen getrennte Stromkreise eingerichtet sein. Darüber hinaus sollen Labortische und Abzüge einzeln oder gruppenweise für sich freischaltbar sein. Auch für andere sicherheitsrelevante Einrichtungen sollen möglichst getrennte Stromkreise vorhanden sein. Für das Abschalten der Energie wird empfohlen, an gut zugänglicher Stelle, beispielsweise am Ausgang des Laborraumes, einen Hauptschalter anzubringen. Müssen im Havariefall elektrische Verbraucher eines Arbeitsplatzes freigeschaltet werden, so ist darauf zu achten, dass sicherheitsrelevante Einrichtungen, wie beispielsweise Rührer, weiter betrieben werden.

#### **8.14.3 Erdungsmaßnahmen**

Elektrische Betriebsmittel in Labortischen und Abzügen müssen vorschriftsgemäß beschaffen sein. Sie müssen insbesondere der DIN EN 61010-1:2002 (siehe auch VDE 0411 Teil 1 und/oder VDE 0789 Teil 100) entsprechen. Ist ein Potentialausgleich der Einrichtung notwendig, so müssen elektrisch leitfähige Tischbeläge und andere berührbare leitfähige Konstruktionsteile der Laboreinrichtung über einen Potentialausgleich miteinander verbunden sein. Für bewegbare Teile ist eine Erdung erforderlich, wenn sie im Fehlerfall Spannung aufnehmen können. Ausreichend sind in der Regel Erdungsmaßnahmen nach DIN VDE 0100-540. Es wird empfohlen, die Personenschutzmaßnahmen durch die Installation von RCD (FI-Schutzschaltern) zu unterstützen.

#### **8.14.4 Elektrostatische Ableitmaßnahmen**

In der Regel ist in Laboratorien keine Ableitmaßnahme notwendig. Anwendungen für elektrostatische Ableitmaßnahmen können sich jedoch aus spezifischen Arbeitsaufgaben ergeben. An betriebsfertigen Abzügen kann abhängig von obiger Nutzung eine Anschlussstelle vorhanden sein, mit der eine Verbindung mit dem örtlichen Potentialausgleich leicht möglich ist. Hier können gegebenenfalls erforderliche Erdungskabel, beispielsweise beim Umfüllen brennbarer Flüssigkeiten, zur Vermeidung elektrostatischer Zündquellen angeschlossen werden. Zudem können Zündfunken durch aufgeladene Personen vermieden werden. Entladungen von aufgeladenen Personen können durch schreckhafte Handlungen zu weiteren Gefährdungen führen.

#### **8.14.5 Schalter und Steckdosen**

Schalter und Steckdosen an Labortischen sollen oberhalb der Arbeitsfläche installiert sein, oder, falls sie unterhalb der Tischplatte angebracht sind, so weit zurückgesetzt sein, dass sie bei auslaufenden oder verspritzenden Flüssigkeiten keine Gefahrenquelle darstellen. Steckdosen von Abzügen sollen außerhalb von Abzügen angebracht sein. Sind im Arbeitsraum des Abzuges Steckdosen erforderlich, müssen diese eindeutig zugeordnet von außen schaltbar sein. Steckdosen von Abzügen müssen eine Mindestschutzklasse von IP 44 nach DIN EN 60529 aufweisen. Korrodierte Kontakte können zu unzulässig hohen Widerständen im Schutzleiter führen. Zudem kann der Spannungsabfall an den Kontaktflächen zu einer so großen Erhitzung der Steckdose führen, dass ein Brand verursacht wird.

#### **8.14.6 Spritzwasserschutz**

Schalter und Steckdosen im Spritzbereich von Notduschen müssen spritzwassergeschützt sein. Als Minimum der Größe des Spritzbereiches sollte der Wasserkegel der Notdusche und der Augendusche fixiert werden.

### **8.15 Umgang mit speziellen Laborgeräten**

Zu allen Geräten, deren Funktion und gefahrlose Bedienung nicht offensichtlich ist, ist eine schriftliche Betriebsanweisung zu erstellen. Sie kann entfallen, wenn eine kurze mündliche Einweisung eine funktionelle und gefahrlose Bedienung ermöglicht. Erfahrungsgemäß braucht sie für die folgenden üblichen Laborgeräte nicht erstellt zu werden, wenn eine mündliche Einweisung erfolgt:

1. Beleuchtungsgeräte

2. Magnetrührer
3. KPG-Rührer
4. Trockenschränke
5. Heizbäder
6. Rotationsverdampfer
7. Vakuum-Konstanthalter
8. einfache Schmelzpunktbestimmungsapparaturen
9. einfache Refraktometer
10. Photolampen
11. einfache Laborwaagen
12. einfache Heizgeräte (Öl- und Wasserbäder, Heizplatten, Heizhauben/Heizpilze)
13. einfache Kühlgeräte (Tiefkühlschränke, Umlaufkühler).

Eine schriftliche Betriebsanweisung ist jedoch bei komplizierten und hochwertigen Geräten notwendig. Allen Geräten wird vom Hersteller eine Bedienungsanleitung mitgeliefert. Diese Bedienungsanleitung muss erweitert werden durch:

1. einen Hinweis auf Störungsmelder (z. B. akustische oder optische Alarmgeber),
2. einen Hinweis auf Möglichkeiten zur Störungsbehebung (z. B. von jedem durchführbare Bedienungsoperationen),
3. Angaben zu Personen, die bei Störungen zu benachrichtigen sind (Raum-Nr., Telefon-Nr. usw.),
4. Anleitung für eine Notabschaltung, bei deren Anwendung das Gerät nicht beschädigt wird (hochwertige und komplexe elektronische Geräte müssen in der Regel in einer ganz bestimmten Weise ausgeschaltet werden, weil sonst bestimmte Bauteile zerstört werden können).

Diese erweiterte schriftliche Bedienungsanleitung muss insbesondere für folgende Geräte erstellt werden:

1. Geräte, die ständig gekühlt oder mit einem Gas versorgt werden müssen,
2. Chromatographie-Anlagen (z. B. MPLC, HPLC, GC, GPC),
3. Spektrometer aller Art (z. B. UV/VIS-, IR-, NMR-, Massen-, Röntgenfluoreszenz-Spektrometer, AAS),
4. Vakuum-Pumpen,
5. Zentrifugen,
6. Autoklaven,
7. Analysenwaagen,
8. Datenverarbeitungs-Anlagen,
9. Laser,
10. Photometer.

### 8.16.1 Ultraschall

Ultraschallbäder sind geschlossen zu betreiben, wenn durch Aerosolbildung eine Gefährdung hervorgerufen werden kann. Ist dies nicht möglich, so sind diese im Abzug zu betreiben. Gefahrstoffe und biologische Arbeitsstoffe, beispielsweise bei der Ablösung von Anbackungen, können durch den Ultraschall vernebelt werden und als Aerosole Personen gefährden. Werden chemische Reaktionen in Ultraschallbädern durchgeführt, so ist zu beachten, dass diese beschleunigt ablaufen können.

### 8.16.2 Mikrowellen

Bei der Beheizung mit Mikrowellengeräten sind mögliche Brand- und Explosionsgefahren zu berücksichtigen. Substanzen in Mikrowellenöfen erhitzen sich bei entsprechend hoher Absorptionsfähigkeit für Mikrowellenstrahlung sehr schnell. Lösemittel können innerhalb von Sekunden ihren Siedepunkt erreichen. Feststoffe können sich sehr hoch erhitzen. Kohlenstoff, der beispielsweise aus überhitztem organischem Material gebildet werden kann, kann sich schnell bis zur Rotglut erhitzen, so dass Brandgefahr besteht.

Beim Erhitzen von Flüssigkeiten müssen Siedeverzüge vermieden werden. Insbesondere bei viskosen Flüssigkeiten, beispielsweise beim Ansetzen von Gelen für die Gelelektrophorese, kann es sonst zu heftigen Siedeverzügen kommen, die stark genug sind, um die Türen gewöhnlicher Haushaltsmikrowellenöfen aus den Scharnieren zu reißen und umherzuschleudern. Zur Vermeidung sollen

1. die Ansatzmengen klein gehalten,

2. Erlenmeyerkolben und Bechergläser zum Ansetzen nur wenige cm hoch gefüllt (die Eindringtiefe, bei der die Leistung auf 50 % abgefallen ist, beträgt bei der meist angewandten Mikrowellenfrequenz etwa 2,5 cm),
3. die Leistung und die Heizdauer niedrig gehalten,
4. der Ansatz gelegentlich umgeschwenkt und
5. persönliche Schutzausrüstungen (Brille, Gesichtsschutzschirm, der auch den Halsbereich bis zum geschlossenen Kittel schützt, Handschuhe) getragen werden.

Zu empfehlen ist die Verwendung von Labor-Mikrowellengeräten, die neben der mechanischen Stabilität des Gehäuses auch eine Regelbarkeit der Mikrowellenleistung anstelle der einfachen Taktung bei einfachen Geräten bieten. Vorteilhaft ist auch eine Möglichkeit zum Rühren im Ofeninnenraum.

Die Bedienungsanleitung des Geräteherstellers, insbesondere die Hinweise zur mittleren Standzeit von Druck-Reaktionsgefäßen, müssen beachtet werden. Eine entsprechend stabile Ausführung und Ausstattung der Geräte mit Sensoren zur Druck- und Temperaturüberwachung ist erforderlich. Werden brennbare Flüssigkeiten erhitzt, so müssen zusätzliche Sicherheitseinrichtungen im Gerät vorhanden sein (beispielsweise eine mechanische Durchlüftung, Explosionsschutzsensor). Werden Apparaturen eingebaut, die aus dem Ofenraum herausragen, so müssen Geräte eingesetzt werden, die entsprechende Durchbrüche mit Dämpfungen für die Strahlung besitzen.

Mikrowellenöfen bieten die Möglichkeit, darin beispielsweise Veraschungen, Trocknungen, Aufschlüsse ohne und unter Druck sowie kontinuierliche und batchweise Synthesen (auch unter Druck) durchzuführen. Viele Reaktionen laufen dabei unerwartet schnell ab, so dass diese bei ungeeigneter Reaktionsführung durchgehen können. Zersetzungsreaktionen können rascher als bei konventioneller Reaktionsführung auftreten und zur Bildung gefährlicher Reaktionsprodukte oder zum Druckaufbau durch Gasbildung führen. Reaktionsgemische in Mikrowellenöfen, deren Feldinhomogenitäten zu ungleichmäßiger Erwärmung führt, müssen besonders intensiv gerührt werden. Reaktionsgemische ohne Lösemittel oder solche, aus denen sich metallische Filme abscheiden können, können durch starke Aufheizung der Wandungen zum Schmelzen oder Bersten von Reaktionsgefäßen führen.

Zusätzliche Sicherheitseinrichtungen im Gerät können beispielsweise eine mechanische Durchlüftung oder ein Ex-Sensor sein. Aufschlüsse unter Druck erfordern speziell dafür ausgelegte Geräte mit zusätzlichen Überwachungsfunktionen. Wenn aus dem Ofenraum im Fall des Abblasens oder Platzens eines Gefäßes Stoffe austreten können, so sollten diese möglichst nicht in den Laborraum gelangen können, sondern erfasst und gefahrlos fortgeführt oder erforderlichenfalls vernichtet werden.

### **8.16.3 Chromatographie**

Aus Gaschromatographen austretende Gefahrstoffe sind wirksam zu erfassen und abzuführen. Bei Gaschromatographen mit Elektroneneinfangdetektor müssen die Vorschriften des Strahlenschutzes beachtet werden. Gaschromatographen mit Elektroneneinfangdetektor enthalten eine radioaktive <sup>63</sup>Ni-Quelle. Auskünfte erteilt die Stabsstelle für Arbeitssicherheit und Gesundheitsvorsorge.

Insbesondere bei der Flüssigkeitschromatographie (Niederdruck-, Mitteldruck-, Flash- und Hochdruckchromatographie) ist auf die Dichtheit und Druckstabilität der Anschlüsse zu achten. Die ebenfalls ggf. unter Druck stehenden Vorratsgefäße sind zu schützen. Im Fall des Zerknalls ist austretendes Lösemittel aufzufangen und die Umgebung vor umherfliegenden Splintern zu schützen. Kann die Apparatur nicht im Abzug betrieben werden, müssen die freiwerdenden Lösemitteldämpfe sicher abgeleitet werden. Druckstöße sollen vermieden werden. Die Apparatur darf nur beaufsichtigt oder technisch abgesichert betrieben werden.

### **8.16.4 automatisierte Laborgeräte**

An Autosamplern, Handlinggeräten, Screening- und Pipettierautomaten sowie anderen automatisierten Laborgeräten müssen Gefährdungen durch die mechanischen Bewegungen, insbesondere solche von Nadeln und Kanülen, die mit Gefahrstoffen kontaminiert sind, vermieden werden. Erforderlichenfalls müssen Absicherungen durch Lichtschranken, Lichtvorhänge, Abdeckungen und Türen mit Endschaltern und Ähnlichem vorhanden sein. Die Möglichkeit, dass Gefahrstoffe bei Beschädigung von Gebinden austreten, ist zu berücksichtigen.

Auch nur mit geringen Kräften angetriebene Dosier- oder Aufgabeeinrichtungen können zu Gefährdungen durch Stichverletzungen und damit verbundener Kontamination der Wunde führen. Vor Inbetriebnahme hat der Betreiber die Sicherheitshinweise der Bedienungsanleitung zu überprüfen und gegebenenfalls zusätzliche Maßnahmen zu ergreifen. Eine Absicherung gegen Quetsch- und Schergefahren ist nicht erforderlich, wenn durch unmittelbare Sicherheitstechnik (zum Beispiel konstruktive Maßnahmen, Kraftbegrenzung) sichergestellt ist, dass Personen nicht verletzt werden können. Bei der Gefährdungsbeurteilung sind aber immer zusätzlich auch Kontaminationsgefahren durch Gefahrstoffe oder biologische Arbeitsstoffe aufgrund der Möglichkeit von Stichverletzungen zu berücksichtigen.

### **8.17 Dauerversuche**

Versuche, die unbeaufsichtigt und/oder über Nacht laufen, dürfen nur in Dauerversuchsräumen durchgeführt werden. Für Dauerversuchsräume gelten zusätzlich zu den Bestimmungen für Laboratorien folgende Besonderheiten:

Zum Erwärmen von Reaktionslösungen müssen Ölbadern verwendet werden. Ölbadern müssen mit einer zusätzlichen Temperaturbegrenzungseinrichtung ausgestattet sein, die bei Erreichen einer Temperatur von 200 °C das Ölbad total abschaltet und das Ölbad nicht wieder selbständig einschalten kann. Die Benutzung von Wasserbädern, Heizhauben (Heizpilzen) oder Gasbrennern ist verboten.

Es dürfen keine Versuche durchgeführt werden, bei denen Reaktionslösungen gekühlt werden müssen, wenn bei Ausfall der Kühlung eine Gefährdung für Menschen und Umwelt entsteht (z. B. Selbstentzündung, Freisetzen gefährlicher Gase).

Personen, die Versuche im Dauerversuchsraum betreiben, müssen ihren Namen, ihre (Handy-) Telefonnummer, unter der sie ggf. von der Feuerwehr zu erreichen sind, und die Platznummer ihres Versuchsaufbaus im Laborbuch eintragen. Von allen Gefahrstoffen, die sich in den Reaktionsgefäßen befinden, müssen Stoffbezeichnungen, Mengen und H- und P-Sätze in das Laborbuch eingetragen werden, damit bei Unfällen oder Bränden die von den Gefahrstoffen ausgehenden Gefahren abgeschätzt werden können. Das Laborbuch muss neben der Tür des Dauerversuchsraumes außerhalb des Raumes aufbewahrt werden.

Es dürfen außer den Gefahrstoffen, die sich in den betriebenen Reaktionsapparaturen befinden, keine weiteren Gefahrstoffe im Dauerversuchsraum aufbewahrt werden.

Wenn in einer Reaktionsapparatur eine Flüssigkeit zum Sieden erhitzt werden soll, muss die Temperatur des Heizgerätes so eingestellt werden, dass die Flüssigkeit nur wenig siedet. Dadurch ist in hohem Maße sichergestellt, dass bei Ausfall des Kühlwassers die Flüssigkeit im Reaktionskolben nicht in die Raumluft verdampfen kann, da sie durch Luftkühlung bedingt an den Glaswänden kondensiert.

Eine regelmäßige tägliche Kontrolle der Dauerversuchsräume am Ende der Arbeitszeit muss von einer bestellten Person des nutzenden Institutes durchgeführt werden. Bei Verstößen gegen diese Betriebsanweisung muss die entsprechende Apparatur abgeschaltet werden.

### **8.18 Trocknen von Geräten und Chemikalien**

#### **8.18.1 Trocknen von Geräten, Trockenschrank**

Von Wärmeschränken und anderen Trocknern darf keine Gefahr durch Explosionen ausgehen. Trockenschränke in chemischen Laboratorien sind in der Regel nicht explosionsgeschützt und nicht an die Abluft angeschlossen. In diesen Trockenschränken dürfen deshalb nur Laborgeräte getrocknet werden, die zuvor gründlich gereinigt und mit Wasser ausgespült worden sind.

#### **8.18.2 Trocknen von Feststoffen**

Feststoffe werden am besten im Exsikkator oder in einer Trockenpistole unter Vakuum getrocknet. Dabei dürfen Feststoffe und Trocknungsmittel nicht miteinander in Berührung kommen.

Das Trocknen von festen Chemikalien bzw. das Regenerieren von Adsorbentien (z. B. Molekularsieb, Aluminiumoxid, Silicagel) ist in den laborüblichen Trockenschränken verboten, wenn beim Trocknen Gefahrstoffe (z. B. brennbare, giftige, reizende Dämpfe) in die Luft abgegeben werden können oder die Gefahr von Zersetzungsreaktionen oder Explosionen besteht. Diese Chemikalien müssen in speziellen Geräten getrocknet werden, die an die Abluftanlage angeschlossen sind.

Sollen in Wärmeschränken Produkte getrocknet werden, aus denen sich eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre entwickeln kann, müssen Maßnahmen des Explosionsschutzes getroffen werden. Hierbei handelt es sich insbesondere um lösemittelfeuchte Produkte, aber auch um solche, die brennbare Produkte beim Trocknen oder Erhitzen abspalten.

Neben solchen können auch Vakuumtrockenschränke oder explosionsgeschützte Trockenschränke eingesetzt werden. Werden die Oberflächentemperaturen in den Wärmeschränken sorgfältig kontrolliert und die für die Vermeidung einer Zündung maximal zu lässigen Temperaturen sicher unterschritten, so können auch Wärmeschränke mit Umluft verwendet werden. Neben Schränken für Produkte sind solche zum Trocknen von Geräten üblich, die in der Regel nicht für den Umgang mit Produkten geeignet sind. Mit Lösemitteln gespülte Geräte müssen daher in der Regel in Produkt-Wärmeschränken getrocknet werden.

Wärmeschränke, aus denen Gase, Dämpfe oder Nebel in gefährlicher Konzentration oder Menge austreten können, müssen an eine ausreichend dimensionierte Entlüftung angeschlossen werden. Im Inneren darf sich keine explosionsfähige Atmosphäre bilden, nach außen dürfen keine gesundheitsschädlichen Stoffe austreten.

Das Trocknen von thermisch instabilen Stoffen sowie von Stoffen mit leicht entzündlichen Bestandteilen darf nur in Wärmeschränken mit einer zusätzlichen Temperatur-Sicherheitseinrichtung erfolgen. Die eingestellte Temperatur der Temperatur-Sicherheitseinrichtung muss unterhalb der Zersetzungs- bzw. Zündtemperatur liegen. Die Temperatur-Sicherheitseinrichtung muss die Heizung bleibend abschalten, wenn die gewählte Einstelltemperatur (Arbeitstemperatur), beispielsweise bei Versagen der Temperaturregeleinrichtung, überschritten wird.

Die zu trocknenden Stoffe müssen im Inneren richtig angeordnet werden. Ein Abstellen darf in der Regel nur auf den Rosten erfolgen, da die Wände heiße Oberflächen darstellen, deren Temperaturen über den eingestellten Ofentemperaturen liegen. Sie sollen auch nicht nahe an der Türöffnung abgestellt werden.

Bei thermisch instabilen Stoffen soll die eingestellte Temperatur der Temperatur-Sicherheitseinrichtung mindestens 20 % unterhalb der Zersetzungstemperatur und bei leichtentzündlichen Stoffen mindestens 20 % unterhalb der Zündtemperatur liegen. Die Prozentangaben beziehen sich auf die Temperaturangaben in °C.

### **8.18.3 Trocknen von Flüssigkeiten**

Vor dem Einsatz von chemisch hochreaktiven Trockenmitteln ist mit weniger reaktiven Trockenmitteln vorzutrocknen. Als Trockenmittel sollen bevorzugt Molekularsiebe, wasserfreies Kupfersulfat, Calciumchlorid oder Kaliumhydroxid eingesetzt werden. Wenn es erforderlich ist, Alkalimetalle oder Alkalimetalllegierungen einzusetzen, müssen besondere Sicherheitsmaßnahmen ergriffen werden. Mögliche gefährliche Reaktionen zwischen Lösungsmittel und Trockenmittel müssen berücksichtigt werden. So dürfen beispielsweise Halogenkohlenwasserstoffe nicht mit Alkalimetallen getrocknet werden. Umlaufapparaturen als lang laufende Apparaturen sind besonders abzusichern. Verbrauchtes Trockenmittel ist zu ersetzen, Rückstände sind unverzüglich zu beseitigen.

Ausführliche Informationen für das Trocknen von Flüssigkeiten enthält das Buch „Sicherheit - Handbuch für das Labor“. Im Folgenden werden nur die wichtigsten Punkte zusammengefasst.

Flüssigkeiten werden in der Regel getrocknet, indem sie mit dem Trocknungsmittel vermischt werden und längere Zeit stehengelassen werden (statische Methode). Beim Trocknen mit Aluminiumoxiden, Kieselgelen und Molekularsieben werden die Flüssigkeiten häufig durch eine mit dem Trocknungsmittel gefüllte Glassäule hindurchgeleitet (dynamische Methode).

Flüssigkeiten dürfen nur mit den Trocknungsmitteln getrocknet werden, mit denen sie nicht chemisch reagieren. So dürfen z. B. halogenhaltige Kohlenwasserstoffe (z. B. Chloroform, Dichlormethan) niemals mit elementarem Natrium oder Kalium getrocknet werden, da hier höchste Explosionsgefahr besteht!

Häufig benutzte Trocknungsmittel sind:

- |                               |   |
|-------------------------------|---|
| 1. Alkalimetalle:             | Natrium, Kalium   |
| 2. Säuren, Säureanhydride:    | konz. Schwefelsäure, Phosphorpentoxid   |
| 3. Basen:                     | Kaliumhydroxid, Kaliumcarbonat, Calciumoxid, Natriumhydroxid, Lithiumaluminiumhydrid, |
| 4. kristallwasserfreie Salze: | Magnesiumsulfat, Natriumsulfat, Calciumchlorid, Kupersulfat                           |
| 5. Adsorbentien:              | Aluminiumoxid, Kieselgel, Molekularsieb   |

### **Natrium, Kalium**

Die Verwendung von blankem Natriumdraht direkt aus der Natriumpresse zur Trocknung organischer Lösungsmittel hat sich bewährt. Während des Trocknungsvorganges überzieht sich der Natrium-Draht mit einem blättrigen Belag von Natriumhydroxid, der aber die Trocknungswirkung wenig beeinträchtigt. In gleicher Weise werden häufig auch Natrium-Kalium-Legierungen (flüssig bei Kaliumgehalten von 30-90 %) verwendet, deren Vorteil darauf beruht, dass sie eine noch höhere Trocknungswirkung aufweisen und sich beim Schütteln der flüssigen Legierung immer wieder eine blanke, reaktive Oberfläche bildet. Während des Trocknungsvorganges reagiert zuerst das Kalium, weshalb die Legierung immer kaliumärmer wird und dadurch erstarren kann.

Der Nachteil dieser Trocknungsmittel ist ihre außergewöhnliche Reaktivität mit Wasser unter Bildung von Wasserstoff. Lösungsmittelflaschen, in die ein Natriumdraht hineingepresst wurde, dürfen deshalb die ersten Tage nicht fest verschlossen werden, da sich sonst ein gefährlicher Überdruck bilden kann. Kalium kann sich bereits bei hoher Luftfeuchtigkeit entzünden. Deshalb müssen Lösungsmittel, die über Kalium getrocknet werden, mit einem Inertgas überschichtet sein. Auch bei der Vernichtung von Natrium- und Kaliumabfällen ist besondere Vorsicht geboten. Zur Kontrolle auf Restfeuchtigkeit haben sich Benzophenon und Triphenylmethan bewährt, die bei völliger Wasserfreiheit eine intensive Färbung zeigen.

Natrium und Kalium sind geeignet zum Trocknen von Ethern, gesättigten aliphatischen und aromatischen Kohlenwasserstoffen und Aminen; auf keinen Fall dürfen Säuren, Säurederivate, Aldehyde, Ketone, Alkohole oder halogenierte Kohlenwasserstoffe mit ihnen getrocknet werden. Halogenierte Kohlenwasserstoffe wie z. B. Dichlormethan, Trichlormethan oder Tetrachlormethan reagieren explosiv mit Natrium bzw. Kalium.

### **konzentrierte Schwefelsäure, Phosphorpentoxid**

Konzentrierte Schwefelsäure kann schwere Verätzungen verursachen und bei Aufnahme organischer Dämpfe Schwefeldioxid freisetzen. Sie ist geeignet zum Trocknen von aliphatischen und aromatischen Kohlenwasserstoffen, ungeeignet zum Trocknen von oxidierbaren Stoffen, ungesättigten Kohlenwasserstoffen, Aldehyden, Ketonen, Alkoholen.

Phosphorpentoxid kann beim unvorsichtigen Öffnen von Exsikkatoren verpuffungsartig aufgewirbelt werden. Phosphorpentoxid, das schon zum Teil Feuchtigkeit gezogen hat, überzieht sich mit einer sirupartigen Oberfläche, wodurch die Trocknungskapazität erheblich eingeschränkt wird. Es ist geeignet zum Trocknen von Alkyl- und Arylhalogeniden, Anhydriden, Nitrilen und Schwefelkohlenstoff, ungeeignet zum Trocknen von Alkoholen, Aminen, Ethern, Ketonen, Aldehyden, Säuren.

Behälter, die Schwefelsäure bzw. Phosphorpentoxid enthalten, müssen sehr vorsichtig geöffnet werden. Es sind Trocknungsmittel auf Basis von Phosphorpentoxid bzw. konz. Schwefelsäure in Granulatform im Handel (z. B. Sicapent und Sicacide der Firma Merck), die nicht nur einen gefahrloseren Umgang ermöglichen, sondern wegen ihrer größeren Oberfläche auch eine höhere Trocknungskapazität aufweisen.

### **Kaliumhydroxid, Natriumhydroxid, Kaliumcarbonat, Calciumoxid, Lithiumaluminiumhydrid**

Diese Stoffe sind geeignet zum Trocknen von Substanzen, die keine protischen Eigenschaften haben und nicht im alkalischen Milieu reagieren. Kaliumhydroxid und Natriumhydroxid dienen zum 1- bis 2-

tägigen Vortrocknen von Diethylether, bevor ein Natriumdraht eingepresst werden kann. Durch zehnstündiges Erhitzen über Calciumoxid kann Ethanol wasserfrei gemacht werden. Halogenkohlenwasserstoffe reagieren explosiv mit Natriumhydroxid bzw. Kaliumhydroxid.

#### **Natriumsulfat, Magnesiumsulfat, Calciumchlorid, Kupfersulfat**

Diese Substanzen binden das Wasser als Kristallwasser. Sie sind chemisch inert und damit zum Trocknen fast aller Chemikalien geeignet.

#### **Aluminiumoxid, Kieselgel, Molekularsieb**

Zum Trocknen von Flüssigkeiten werden diese drei Stoffe entweder in einem statischen oder einem dynamischen Verfahren eingesetzt. Beim statischen Verfahren werden die Trocknungsmittel in die Flüssigkeitsbehälter hinein gegeben und die Flüssigkeiten über dem Trocknungsmitteln aufbewahrt. Beim dynamischen Verfahren wird das Trocknungsmittel in eine Glassäule gefüllt. Anschließend lässt man die zu trocknende Flüssigkeit durch das Trocknungsmittel hindurchfließen. Beim dynamischen Verfahren ist zu empfehlen, am Säulenende einen Feuchtigkeitsindikator einzusetzen, der die Erschöpfung des Trocknungsmittels z. B. durch eine Farbänderung anzeigt.

Molekularsiebe weisen in der Regel die besten Trocknungseigenschaften auf. Sie sind chemisch inert und können für das Trocknen aller gängigen Lösungsmittel benutzt werden. Molekularsiebe werden zur Regeneration zunächst im Abzug in eine größere Wassermenge geschüttet, um adsorbierte organische Lösungsmittel zu entfernen. Anschließend wird das Wasser abfiltriert und das Molekularsieb im Trockenschrank bei 250 °C vorgetrocknet. Der verbleibende Restwassergehalt wird im Ölpumpenvakuum bei 300 °C entfernt. Wasserstrahlpumpen sind zum Evakuieren wegen ihres hohen Wasserpartialdruckes völlig ungeeignet. Molekularsiebe können mehr als hundertmal regeneriert werden.

Aluminiumoxid und Kieselgel können unter Umständen mit Lösungsmitteln reagieren und sind deshalb nicht so universell einsetzbar wie Molekularsiebe. Molekularsiebe sollten deshalb bevorzugt werden. Die Trocknungsleistung von Molekularsieben übertrifft oft die Trocknung mit Natrium; die Trocknung ist dabei völlig gefahrlos! Man beachte auch die fehlenden Entsorgungsprobleme! Molekularsiebe, Aluminiumoxide und Kieselgele, die Peroxide enthalten können, dürfen nicht regeneriert werden.

Molekularsiebe sind mit unterschiedlichen Porenweiten erhältlich. Je nach Flüssigkeit müssen verschiedene Porenweiten benutzt werden. Beispiele:

1. Porenweite 0,3 nm: Aceton, Acetonitril, Ethanol, Formamid, Methanol, 1-Propanol
2. Porenweite 0,4 nm: Benzol, 1-Butanol, 2-Butanol, tert-Butanol, n-Butylacetat, Chlorbenzol, Chloroform, Cyclohexan, Dichlormethan, Diethylenglycoldimethylether, Diethylether, Diisopropylether, Dimethylformamid, Dimethylsulfoxid, Ethylacetat, Ethylenglycol, n-Hexan, Isobutanol, Methylchlorid, Pyridin, Toluol, Trichlorethylen, Trichlormethan, Xylol
3. Porenweite 0,5 nm: 1,4-Dioxan, 2-Propanol

#### **8.18.4 Trocknen von Gasen**

Ausführliche Informationen für das Trocknen von Gasen enthält das Buch „Sicherheit - Handbuch für das Labor“. Im Folgenden werden nur die wichtigsten Punkte zusammengefasst. Gase werden getrocknet, indem sie durch das Trocknungsmittel hindurchgeleitet werden. Geeignete Trocknungsmittel sind z. B.

1. Molekularsiebe,
2. Aluminiumoxid,
3. Kieselgel,
4. konz. Schwefelsäure.

Molekularsiebe, Aluminiumoxid und Kieselgel werden als Feststoffe in eine Säule eingefüllt. Anschließend lässt man das zu trocknende Gas durch die Säule hindurchströmen. Es wird empfohlen, am Säulenende einen Feuchtigkeitsindikator vorzulegen, der die Erschöpfung der Trocknungssubstanz farblich anzeigt. Andere feste Trocknungssubstanzen wie z. B. Calciumchlorid oder Kaliumhydroxid neigen bei der Aufnahme von Feuchtigkeit dazu, zu verkleben und die Säule zu verstopfen. Sie sind deshalb weit weniger geeignet als die o. g. Substanzen.

Konzentrierte Schwefelsäure wird in einer Waschflasche vorgelegt und vom Gas durchströmt. Es empfiehlt sich, als Austrittsöffnung des Gases in der Schwefelsäure eine Glasfritte zu benutzen, da das Gas

hierdurch in zahlreichen kleinen Bläschen austritt und sich so innig mit der Schwefelsäure vermischen kann.

### **8.19 Arbeiten unter Überdruck oder Unterdruck, Gase**

Arbeiten mit Apparaturen, die unter vermindertem oder erhöhtem Druck stehen, sind immer als gefährlich einzustufen, da Implosionen bzw. Explosionen drohen. Apparaturen, die aus Glasgeräten bestehen, müssen so aufgestellt werden, dass sie gegen unbeabsichtigtes Anstoßen oder Darausfallen von Gegenständen geschützt sind. Die Apparaturen müssen hinter Schutzschirmen aufgestellt sein, die bei Zerbersten der Apparatur die im Labor anwesenden Personen sicher vor umher fliegenden Teilen und verspritzenden Gefahrstoffen schützen. Am besten werden sie in Abzügen bei geschlossenem Frontschieber betrieben.

Es versteht sich von selbst, dass Arbeiten unter erhöhtem oder vermindertem Druck mit besonderer Vorsicht und unter Beachtung der Sicherheitsregeln durchgeführt werden müssen. Bei allen Arbeiten, die unter erhöhtem oder vermindertem Druck durchgeführt werden, muss eine geeignete Schutzbrille getragen werden. Die Benutzung eines Gesichtsschutzschirmes wird empfohlen.

Beim Umgang mit Flüssigkeiten unter vermindertem Druck müssen Maßnahmen ergriffen werden, um Siedeverzüge zu verhindern. Das kann z. B. durch die Benutzung von Siedesteinchen, Siedekapillaren oder Rührern erreicht werden.

## **8.19 1 Unterdruck / Vakuum**

### **8.19.1.1 Arbeiten unter Unterdruck bzw. im Vakuum**

In chemischen Laboratorien wird häufig unter vermindertem Druck gearbeitet. Typische Beispiele sind Destillationen, Sublimationen, Absaugen von Niederschlägen, Trocknen. Die verwendeten Apparaturen müssen dabei einer erheblichen Belastung durch den Außendruck standhalten. Bei Verwendung von Wasserstrahlpumpen ( $20 \text{ hPa} = 20 \text{ mbar}$ ) entspricht die Druckbelastung ca.  $1 \text{ kg/cm}^2$  Glasoberfläche. Es ist ein weit verbreiteter Irrtum, dass das Arbeiten unter „Wasserstrahlvakuum“ im Vergleich mit „Hochvakuumarbeiten“ harmlos sei. In der Tat unterscheiden sich die Druckbelastungen nur um 10-20  $\text{g/cm}^2$ , also 1-2 % im Vergleich zum atmosphärischen Druck.

Der Unterdruck ist nach Möglichkeit auf das experimentell notwendige Maß zu begrenzen. Eine Unterdruckregelung mittels Vakuumkonstanthaltern (Vakuum-Controllern) ist sinnvoll und muss erfolgen, wenn die Geräte vorhanden sind.

Vor jedem Evakuieren von Glasgefäßen sind diese einer Sichtkontrolle auf festigkeitsgefährdende Beschädigungen zu unterziehen. Es dürfen nur Glasgeräte mit unbeschädigter Oberfläche verwendet werden, Risse, Sprünge, Abplatzungen, „Sternchen“, Luftblasen usw. schließen eine Benutzung aus. Zusätzliche Belastungen durch Spannungen infolge verkanteter Befestigung von Apparaturen sind auszuschließen. Evakuierte Apparaturteile dürfen nicht einseitig erwärmt werden. Für Arbeiten unter vermindertem Druck dürfen dünnwandige Glasgefäße nur dann verwendet werden, wenn sie von der Form her dazu geeignet sind (Glasgeräte mit gewölbter Oberfläche wie z. B. Rundkolben, Spitzkolben und Kühler), keinesfalls also Erlenmeyerkolben, Stehkolben oder sonstige Gefäße mit flachem Boden. Hiervon abweichend dürfen Geräte benutzt werden, die eigens für Vakuumarbeiten hergestellt werden, z. B. Saugflaschen, Exsikkatoren.

Beim Absaugen ist auf guten Sitz und ausreichende Größe der Gummimanschetten zwischen Absaugtrichter und Saugflasche zu achten. Ein plötzliches Durchrutschen des Trichters kann zum Bruch des Auffanggerätes führen.

Zum Schutz gegen umherfliegende Glassplitter infolge Implosion sind geeignete Maßnahmen zu treffen. Eine besonders wirksame Schutzmaßnahme ist das Arbeiten im Abzug bei heruntergezogener Frontscheibe! Weitere wirksame Schutzmaßnahmen stellen z. B. die Verwendung von Schutzschilden, Netzen, Lochblechen, Schutzhauben, die Sicherung in Drahtkörben und das Bekleben der Gefäßoberfläche mit Klarsichtfolie dar. Exsikkatoren müssen mit einer Klarsichtfolie beklebt oder kunststoffbeschichtet

sein. Kunststoffbeschichtete Geräte sind im Handel erhältlich und sollten bevorzugt werden. Es dürfen nur Dewargefäße verwendet werden, die von einem Metall- oder Kunststoffmantel umgeben sind.

Apparaturen, die evakuiert werden sollen, müssen vor dem Einfüllen von Chemikalien probeweise auf ihre Dichtigkeit überprüft werden. Apparaturen, die unter einem Unterdruck stehen, müssen nach Beendigung des Versuches langsam belüftet werden. Schlagartiges Belüften kann zu Implosionen und zum Verspritzen von Chemikalien führen. Um Geräte sicher belüften zu können, ist der Einbau einer Woulffschen Flasche zwischen Vakuumpumpe und Apparatur notwendig, soweit keine speziellen Belüftungsöffnungen am Gerät vorhanden sind. Besteht die Gefahr, dass sich der Destillationsrückstand in Gegenwart von Sauerstoff zersetzt, darf nur Inertgas zum Entspannen eingelassen werden.

Werden Feststoffe in Exsikkatoren über Kaliumhydroxid und konz. Schwefelsäure getrocknet, muss die Schwefelsäure so aufbewahrt werden, dass sie nicht in das Gefäß mit Kaliumhydroxid gelangen kann. Die Schwefelsäure sollte z. B. unterhalb der Siebscheibe des Exsikkators, das Kaliumhydroxid oberhalb der Siebscheibe aufbewahrt werden. Inerte Trocknungsmittel, wie z. B. Kieselgel, Molekularsieb oder Aluminiumoxid, müssen möglichst an Stelle von gefährlichen Trockenmitteln wie Schwefelsäure/Kaliumhydroxid benutzt werden.

#### **8.19.1.2 Vakuumdestillationen**

Bei Vakuumdestillationen muss dafür gesorgt werden, dass kein Siedeverzug auftritt. Bewährt haben sich zur Verhinderung von Siedeverzügen Rührer oder Kapillaren zum Durchsaugen von Luft oder inerten Gasen. Es können auch Vakuum-Siedesteine oder Siedeperlen verwendet werden, diese sind jedoch nur einmal verwendbar. Es müssen also vor jeder Evakuierung – auch bei nur kurzzeitiger Belüftung einer bereits laufenden Vakuumdestillation – neue Siedesteine oder Siedeperlen zugegeben werden.

Bei Apparaturen, die unter einem Unterdruck stehen und gleichzeitig beheizt werden sollen, muss zuerst der gewünschte Unterdruck erreicht werden. Erst dann darf die Apparatur beheizt werden. Nach Beendigung des Versuches muss zuerst die Wärmequelle (in der Regel ein Heizbad) entfernt werden. Die Apparatur darf erst nach dem Abkühlen langsam belüftet werden. Sowohl das Entfernen der Wärmequelle als auch das Belüften der Anlage muss erfolgen können, ohne Sicherheitseinrichtungen entfernen zu müssen. Evakuierte Glasgefäße dürfen nicht einseitig erhitzt werden, um Glasbruch infolge Spannungen zu verhindern. Bei Vakuumdestillationen müssen nicht kondensierte Dämpfe auskondensiert oder auf sonstige Weise gefahrlos abgeführt werden. Dazu können z. B. Kühlfallen benutzt werden.

Durch Kühlfallen, die mit tiefkalten Gasen (typischerweise mit flüssigem Stickstoff) beschickt werden und zwischen Versuchsaufbau und Vakuumpumpe installiert sind, darf nicht über einen Zeitraum von wenigen Sekunden hinaus Luft hindurchgesaugt werden, wenn davor oder danach Lösungsmittel in der Kühlfalle kondensiert werden sollen. Der Grund dafür liegt darin, dass sich in der Kühlfalle aus der Luft flüssiger Sauerstoff abscheiden kann, der ein sehr hohes Oxidationspotential besitzt. Kommt dieser flüssige Sauerstoff mit Lösungsmitteldämpfen, die durch die Kühlfalle hindurchgesaugt werden, in Kontakt, so können auch diese Lösungsmitteldämpfe kondensieren und mit dem flüssigen Sauerstoff explosionsartig reagieren. Es hat schon schwere Unfälle gegeben!

#### **8.19.1.3 Vakuumpumpen und Vakuumkanthalter**

Ein Unterdruck wird durch geeignete Vakuumpumpen erzeugt. Verwendet werden:

##### **Wasserstrahlpumpen**

Wasserstrahlpumpen erzeugen ein Vakuum bis ca. 20 hPa (=20 mbar). Der Enddruck ist abhängig von der Wassertemperatur und dem Wasserdruck. Bei plötzlich sinkendem Wasserdruck besteht die Gefahr, dass Wasser in die Vakuumapparatur eingesogen wird. Wasserstrahlpumpen muss deshalb immer eine Woulffsche Flasche nachgeschaltet werden.

Die von Wasserstrahlpumpen abgesaugten Gase und Dämpfe gelangen in das Abwasser. Dadurch können Schadstoffbelastungen des Abwassers entstehen, die nicht zulässig sind. Vor allem beim Umgang mit chlorierten Kohlenwasserstoffen (z. B. Dichlormethan, Trichlormethan, Trichlorethylen) werden Überschreitungen des Grenzwertes sehr schnell erreicht.

Der Wasserverbrauch von Wasserstrahlpumpen ist extrem hoch. Er liegt bei ca. 1 m<sup>3</sup> Wasser pro Stunde, wobei stets Trinkwasser verwendet wird. Wegen des hohen Wasserverbrauches verursachen diese Pumpen sehr hohe Betriebskosten (zurzeit ca. 5 €/m<sup>3</sup>). Wasserstrahlpumpen dürfen nicht verwendet werden, wenn andere geeignete Vakuumpumpen zur Verfügung stehen.

### **Teflon-Membranpumpen**

Teflon-Membranpumpen sind chemikalienbeständige Vakuumpumpen, bei denen das Vakuum durch Bewegen einer Polytetrafluorethylen-Membran (= Teflon-Membran) mittels Elektromotor erzeugt wird. Alle Teile dieser Pumpen, die mit Dämpfen und Gasen in Verbindung kommen, sind aus Polytetrafluorethylen hergestellt. Teflon-Membranpumpen erreichen in der Regel ein Endvakuum von ca. 10 mbar und sind damit mit Wasserstrahlpumpen vergleichbar. Modernste Geräte erreichen ein Endvakuum von 1 mbar und sind deshalb für fast alle Arbeiten unter vermindertem Druck einsetzbar. Wegen ihres geringen Stromverbrauches sind die Betriebskosten sehr gering.

An Teflon-Membranpumpen muss

1. entweder hinter dem Gasauslass ein Kondensationssystem aus Kühler und Auffanggefäß (z. B. Kolben und Rückflusskühler) installiert sein, um abgesaugte Dämpfe und Gase bei Normaldruck kondensieren und weiterverwenden zu können oder
2. vor der Teflon-Membranpumpe eine Kühlfalle installiert sein, die alle Dämpfe vor dem Erreichen der Pumpe kondensiert.

Die erste Variante ist ungefährlicher und weniger aufwendig; sie sollte deshalb bevorzugt werden. Das Kondensationssystem kann entfallen, wenn sichergestellt ist, dass keine Gefahrstoffe in die Luft gelangen können (z. B. Absaugen wässriger Lösungen).

Teflon-Membranpumpen besitzen in der Regel eine so hohe Leistung, dass in Verbindung mit Vakuumkonstanthaltern (Vakuum-Controllern) und Regelventilen mehrere (bis zu 10) Vakuumpumpen gleichzeitig betrieben werden können. Der Ersatz mehrerer Wasserstrahlpumpen durch eine Teflon-Membranpumpe macht sich innerhalb kurzer Zeit bezahlt. Teflon-Membranpumpen dienen nur dem Fördern von Gasen; beim Fördern von Flüssigkeiten wird die Pumpe innerhalb weniger Sekunden zerstört.

### **Drehschieberpumpen und Diffusionspumpen**

Drehschieberpumpen und Diffusionspumpen werden in der Regel nur dann eingesetzt, wenn ein Vakuum unter 1 hPa (= 1 mbar) benötigt wird. Da unter den Versuchsbedingungen abgesaugte Dämpfe und Gase in das Öl dieser Pumpen eindringen können, dürfen die Pumpen nur betrieben werden, wenn zwischen Reaktionsgefäß und Vakuumpumpe eine wirksame Kühlfalle zwischengeschaltet ist. Die Kühlfalle ist in der Regel mit flüssigem Stickstoff zu beschicken. Die besonderen Vorschriften für den Umgang mit tiefkalt verflüssigten Gasen und Vakuumpumpen sind zu beachten.

Drehschieber- und Diffusionspumpen erreichen ihr Endvakuum erst in betriebswarmen Zustand ca. 15 Minuten nach dem Einschalten der Pumpe. Das Öl dieser Pumpen muss gemäß der Bedienungsanleitung dieser Geräte regelmäßig ausgetauscht werden.

Alle Vakuumpumpen sollten unbedingt mit Regelgeräten betrieben werden, die den vorhandenen Unterdruck genau anzeigen und einen gewünschten Unterdruck genau regulieren können. Für die Druckanzeige sind Manometer mit einem Zeiger oder elektronische Geräte zu installieren. Quecksilbermanometer dürfen nur noch für Druckbereiche unter 1 hPa (= 1 mbar) verwendet werden.

Für die Regulierung des Unterdruckes sind elektronische Vakuumkonstanthalter (Vakuum-Controller) einschließlich Regelventilen einzusetzen. Durch das genau einstellbare Vakuum können Reaktionen und Arbeitsvorgänge (z. B. Destillationen) unter kontrollierbaren und reproduzierbaren Bedingungen durchgeführt werden, bei der Benutzung von Wasserstrahlpumpen Abwasserbelastungen erheblich reduziert werden, die Lebensdauer von Teflon-Membranpumpen, Drehschieber- und Diffusionspumpen erheblich erhöht werden.

Gase und Dämpfe aus evakuierten Apparaturen sind, soweit sie nicht vollständig kondensiert werden können, zu erfassen und gefahrlos abzuleiten. Ölnebel aus Drehschieberpumpen sollen niedergeschlagen werden.

Vakuumpumpen sind so aufzustellen, dass sie sicher betrieben werden können. In Arbeitsräumen dürfen Vakuumpumpen einschließlich ihrer Ausrüstung nur aufgestellt werden, wenn durch deren Betrieb eine Lärmgefährdung für die Beschäftigte nicht gegeben ist. Austretende Gase, Nebel oder Dämpfe mit gefährlichen Eigenschaften sind gefahrlos abzuleiten, z. B. durch Verlegen eines Abluftschlauches in die Absaugöffnung des Abzuges oder in einen dauerhaft betriebenen Abluftkanal.

Ein sicherer Betrieb setzt unter anderem voraus, dass die Aufstellung so erfolgt, dass die Vakuumpumpen ausreichend zugänglich sind und die erforderliche Kühlung gewährleistet ist. Eine ausreichende Zugänglichkeit ist gewährleistet, wenn Vakuumpumpen so aufgestellt sind, dass sie ohne besondere Erschwernisse betätigt und gewartet werden können.

Die Umgebungstemperatur soll im Allgemeinen bei stationär aufgestellten Vakuumpumpen mit ölgeschmierten Druckräumen und Luftkühlung 40 °C, bei fahrbaren Anlagen 50 °C nicht überschreiten.

Zur Minderung der Lärmbelastigung kann es sinnvoll sein, Drehschieberpumpen, die lang andauernd an einer Apparatur betrieben werden, in einem Nachbarraum aufzustellen oder eingehaust zu betreiben. Auf eine ausreichende Wärmeabfuhr ist zu achten.

#### **8.19.1.4 Rotationsverdampfer**

Beim Betrieb von Rotationsverdampfern ist auf eine Einhaltung des für das jeweilige Lösemittel vorgeschriebenen Unterdrucks sowie auf eine nicht zu hohe Wasserbadtemperatur zu achten. Besonders niedrig siedende Lösemittel dürfen nur unter Normaldruck abgezogen werden. Lösemittel, die zur Bildung von Peroxiden neigen, müssen vor dem Abdestillieren bis zur Trockene immer auf möglicherweise vorhandene Peroxide geprüft und diese entfernt werden. Zur Reduzierung der Gefahr bei einer Im- oder Explosion des Rotationsverdampfers sind die Geräte vollständig einzuhausen oder alle Glasteile mit Kunststoff zu ummanteln. Bei Verwendung einer automatischen Hebevorrichtung für die Destillationsvorlage ist bei jedem Kolbenwechsel eine Justierung auf die jeweilige Kolbengröße erforderlich. Alle verwendeten Glasgeräte sind vor der Evakuierung auf Unversehrtheit zu prüfen.

Die vorgeschriebenen Unterdrücke sind Angaben der Hersteller, die verhindern sollen, dass gefährliche Zustände durch Siedeverzüge auftreten.

Für das Wasserbad sind in der Regel 60 °C ausreichend. Besonders tief siedende Lösemittel wie Diethylether, n-Pentan und Dichlormethan dürfen nur unter Normaldruck abgezogen werden, da ihre Dämpfe andernfalls nicht vollständig kondensiert werden und die Dämpfe in die Vakuumpumpe gelangen können. Der Kolben soll sich zur Vermeidung von Siedeverzügen möglichst rasch drehen.

Zur sicheren Kondensation der abgezogenen Lösemitteldämpfe hat sich die Kühlung mit Kryostaten bewährt. Allerdings ist in diesem Fall darauf zu achten, dass die Kühlmitteltemperatur stets höher liegt als die Schmelztemperatur des Destillats.

Es hat sich bewährt, direkt am Gerät Siedediagramme und/oder Siedepunktlisten für die gängigen Lösemittel anzubringen.

Zur Erzeugung von Unterdruck sollten ausschließlich Membran- und keine Wasserstrahlpumpen mehr verwendet werden, da bei diesen Lösemitteldämpfe ins Abwasser gelangen können. Die Abluft aus den Membranpumpen ist in einen Abzug einzuleiten.

Bei jedem Wechsel der Sorte des abzudestillierenden Lösemittels ist der Auffangkolben zu entleeren. Andernfalls kann es zu einer Rückverdampfung bereits kondensierten Lösemittels kommen (wenn das kondensierte Lösemittel einen tieferen Siedepunkt oder höheren Dampfdruck besitzt als das neu hinzukommende) oder es kann bei Lösemittelunverträglichkeiten zu gefährlichen Nebenreaktionen kommen (zum Beispiel beim Kontakt von Aceton mit Chloroform).

Als Splitterschutz bei Im- und Explosionen haben sich beispielsweise Lamellenschutzvorhänge aus PVC bewährt, die es erlauben, manuelle Eingriffe am laufenden Gerät bei gleichzeitigem Schutz vor eventuell freiwerdenden Splintern durchzuführen.

## **8.20 Arbeiten mit Gasen bei Normaldruck- und Überdruck**

Gase werden oft als Reaktanden oder als Schutzgase in chemischen Reaktionen eingesetzt oder können bei chemischen Reaktionen entstehen. Sie finden auch als Hilfsmittel bei einigen analytischen Verfahren Anwendung. Der Umgang mit Gasen ist stets problematisch: Gase diffundieren sehr rasch in die Laboratmosphäre. Brennbare Gase bilden dann leicht zündfähige Gemische, giftige Gase gefährden Personen. Besondere Gefahren ergeben sich beim Arbeiten mit Gasen unter Druck.

### **8.20.1 Aufbewahrung von Druckgasflaschen**

Gefahren durch die Aufstellung von Druckgasflaschen in Laboratorien bestehen beispielsweise durch Undichtigkeiten, durch Umstürzen, beim Flaschentransport oder bei Bränden durch Zerknall und ausströmendes Gas. Deshalb sind Druckgasflaschen einschließlich Gaskartuschen zur Vermeidung von Gefahren möglichst außerhalb der Laboratorien aufzustellen und die Gase den Arbeitsplätzen durch fest verlegte Rohrleitungen zuzuführen.

Ist dies nicht möglich und müssen in Laboratorien mit erhöhter Brandgefahr Druckgasflaschen betrieben werden, sind die Druckgasflaschen durch besondere Schutzmaßnahmen im Brandfall vor zu starker Erwärmung zu schützen. Sind solche Schutzmaßnahmen nicht möglich oder zweckmäßig, müssen Druckgasflaschen nach Arbeitsschluss oder nach Beendigung einer Versuchsreihe an einen sicheren Ort (Lageraum) gebracht werden. Das Brandrisiko hängt in diesem Zusammenhang insbesondere von der Häufigkeit des Auftretens einer wirksamen Zündquelle und der vorhandenen Brandlast ab. Ein erhöhtes Brandrisiko ist zum Beispiel dann anzunehmen, wenn in einem Laboratorium Arbeiten (Reaktionen, Säulenchromatographie, Spülarbeiten, Ab- und Umfüllen, Reinigungsarbeiten und vergleichbare Tätigkeiten) in leichtentzündlichen organischen Lösemitteln durchgeführt werden und gleichzeitig Zündquellen, wie offene Flammen, heiße Oberflächen oder elektrische Geräte, vorhanden sind. Das Brandrisiko wird durch zusätzlich vorhandene Brandlasten weiter erhöht.

Druckgasflaschen sind in Abhängigkeit von der möglichen Brandlast z. B. geschützt durch

1. Unterbringen in dauerbelüfteten Sicherheitsschränken für Druckgasflaschen,
2. Einrichtungen, die Druckgasflaschen selbsttätig mit Wasser berieseln,
3. Aufstellung der Druckgasflaschen hinter feuerhemmender Abtrennung.

Räume, in denen Druckgasflaschen aufgestellt sind, müssen mit dem Warnzeichen W 019 „Warnung vor Gasflaschen“ (gelbes Dreieck mit schwarzem Gasflaschensymbol) auf den Eingangstüren in das Labor gekennzeichnet sein. Werden Druckgasflaschen in Sicherheitsschränken aufbewahrt, müssen diese Sicherheitsschränke so gekennzeichnet sein, eine zusätzliche Kennzeichnung an den Labortüren ist nicht notwendig.

Arbeiten mit sehr giftigen, giftigen, gesundheitsschädlichen, krebserzeugenden, erbgutverändernden oder fortpflanzungsgefährdenden Gasen (z. B. Ammoniak, 1,3-Butadien, Chlorethylen (Vinylchlorid), Dicyan, Ethylenoxid, Kohlenmonoxid, Schwefelwasserstoff) müssen grundsätzlich im Abzug durchgeführt werden. Die entsprechenden Druckgasflaschen müssen dauerabgesaugt aufgestellt werden, also im Abzug oder in speziellen Sicherheitsschränken. Für diese Gase müssen möglichst kleine Druckgasflaschen verwendet werden. Bewährt haben sich so genannte „Lecture bottles“, aber auch Kleinstahlflaschen oder Druckgasdosen, um das Gefahrenpotential durch besonders toxische Gase durch Minimierung der Menge zu verringern. Werden kleine Mengen toxischer oder reaktiver Gase, wie beispielsweise Chlor, Kohlenmonoxid, Phosgen oder Phosphan, benötigt, lassen sich diese häufig auch bedarfsgerecht mit bewährten Labormethoden erzeugen.

Ist die Versuchsdurchführung im Abzug nicht möglich, so ist die Konzentration des Gases im Labor durch spezielle Gaswarngeräte zu überwachen.

Druckgasflaschen sind an ihrem Aufbewahrungsort, auch im Abzug, im Sicherheitsschrank oder im Lager, immer gegen mechanische Einwirkungen, insbesondere gegen Umstürzen zu schützen. Sie können dazu z. B. mit einer Kette oder einem speziellen Gasflaschenhalter gesichert werden.

Beim Umgang mit Acetylen ist zu beachten, dass es mit zahlreichen Schwermetallen Acetylide zu bilden vermag, die sehr leicht explodieren können. Acetylen darf deshalb nicht mit Kupfer oder Kupfer-Legierungen mit mehr als 70 % Kupfergehalt in Berührung kommen. Apparateile, die bei chemischen Reaktionen mit Acetylen in Berührung kommen, dürfen nicht aus Kupfer oder Kupferlegierungen bestehen.

Werden große Gasmengen in kurzer Zeit aus Druckgasflaschen entnommen, kann das zu einer erheblichen Abkühlung im Inneren der Druckgasflasche kommen, die eine weitere Entnahme von Gasen verhindern kann. Um doch Gase entnehmen zu können, müssen die Druckgasflaschen erwärmt werden. Dabei, also beim Verdampfen von verflüssigten Gasen durch äußere Erwärmung, muss eine örtliche Überhitzung vermieden werden. Die Temperatur des Heizmediums darf 50 °C nicht überschreiten. Die äußere Erwärmung kann z. B. durch feuchte warme Tücher, Temperatur geregelte Wasserbäder oder Berieselung mit warmem Wasser erfolgen. Elektrische Temperiereinrichtungen (z. B. Heizbandagen) dürfen auch im Fehlerfall eine Temperatur von 50 °C nicht überschreiten.

Gase, die zu gefährlichen Reaktionen in der Flasche neigen, dürfen nicht erwärmt werden. Solche Gase sind z. B. 1,3 Butadien und Blausäure (Cyanwasserstoff).

Als Alternative für die Versorgung mit Standard-Gasen haben sich auch Gas-Generatoren bewährt. Diese sind beispielsweise für Wasserstoff, Stickstoff und synthetische Luft erhältlich.

### **8.20.2 Entnahme von Gasen, Umgang mit Druckgasflaschen**

Gase werden heute in aller Regel aus Druckgasflaschen entnommen. Gefährliche Gase sollten, soweit möglich, durch Verwendung geeigneter Chemikalien im Reaktionsgefäß erzeugt werden. So kann z. B. Schwefelwasserstoff durch Erwärmen von Sulfidogen der Fa. Merck hergestellt werden. Das früher gebräuchliche Thioacetamid (TAA) ist als krebserzeugend eingestuft und darf nicht mehr benutzt werden. Der Kippsche Apparat sollte nicht benutzt werden.

Gasschläuche sind sicher zu befestigen und die Schlauchanschlüsse bzw. Schlauchverbindungen vor Inbetriebnahme auf Dichtheit zu prüfen. Fest eingebundene Schläuche sind der Befestigung des Schlauches auf Schlauchtüllen mit Schlauchschellen oder Schlauchbindern vorzuziehen. Die Dichtheitsprüfung von Schläuchen und deren Anschlüssen vor Inbetriebnahme kann beispielsweise durch Einpinseln oder Besprühen mit einer geeigneten Detergenzlösung oder einem Lecksuchspray erfolgen.

#### **Druckgasflaschen**

Vor jedem Umgang mit Druckgasflaschen muss überprüft werden, ob ihr TÜV-Prüftermin noch nicht abgelaufen ist. Druckgasflaschen mit abgelaufenem TÜV-Stempel dürfen nicht mehr transportiert und benutzt werden. Der Arbeitgeber hat dafür zu sorgen, dass alle Druckgasflaschen entsprechend den Vorschriften regelmäßig vom TÜV überprüft werden.

Die meisten Gase werden in verdichteter Form (verflüssigt oder unter hohem Druck) in Druckgasflaschen angeboten. Druckgasflaschen stellen ein Gefahrenpotential an sich dar, denn sie können bei grob unsachgemäßer Behandlung (Umfallen, starke Hitzeeinwirkung usw.) bersten. Daraus ergeben sich einige unbedingt einzuhaltende Sicherheitsvorschriften.

An Verbrauchsstellen in Räumen dürfen nur die für den Fortgang der Arbeiten notwendigen Druckgasflaschen vorhanden sein. Druckgasflaschen, die brennbare oder sehr giftige Gase enthalten, müssen einen Sicherheitsabstand zur nächsten Zündquelle von mindestens 2 Metern besitzen (weitere Angaben siehe TRG 280). Es müssen möglichst kleine Druckgasflaschen verwendet werden. Sie sind immer vor direkter Wärmeeinwirkung zu schützen.

#### **Druckgasflaschen dürfen nur transportiert werden**

mit passender, vollständig aufgeschraubter Schutzkappe und auf Stahlflaschentransportwagen mit geschlossener Sicherheitskette. Auf die Kippsicherheit der Transportwagen ist zu achten. Transportwagen mit 3 bzw. 4 Rädern sind deutlich sicherer als Transportwagen mit nur 2 Rädern und sollten deshalb bevorzugt benutzt werden.

Der Transport ohne Schutzkappe oder mit angebautem Entnahmeventil ist verboten, da die Gefahr besteht, dass bei einem Abgleiten der Flasche das Hauptventil abgeschlagen werden kann und die Stahlflasche wie ein Geschöß mit enormer Wucht über den Boden schießt. Druckgasflaschen dürfen nicht in der Hand oder auf der Schulter transportiert werden. Ausgenommen sind Flaschen mit einem Volumen bis 1 Liter. Beim Transport von Druckgasflaschen im Aufzug ist die Mitfahrt von Personen strengstens verboten. Wird eine Druckgasflasche nicht benutzt, muss das Flaschenventil durch Aufschrauben der Schutzkappe gesichert sein.

Druckgasflaschen besitzen hinter dem Flaschenventil einen Gewindeanschluss zum Anbringen des Entnahmeventils. Hochkomprimierte Gase (z. B. Wasserstoff, Stickstoff, Sauerstoff, Edelgase, gasförmige Kohlenwasserstoffe, Kohlendioxid) müssen über Druckminderer entnommen werden. Für verflüssigte Gase (z. B. Ammoniak, Chlorwasserstoff, Schwefeldioxid, Chlor) verwendet man einfache Nadelventile.

Druckgasflaschen müssen mit für die Gasart vorgeschriebenen und geeigneten Druckminderern bzw. Entnahmeventilen betrieben werden. Die Montage der Ventile ist durch eingewiesene Personen vorzunehmen. Stahlflaschen mit brennbaren Gasen sind am Ventil mit Linksgewinde ausgerüstet, alle übrigen haben Rechtsgewinde. Manometer dürfen an Druckminderern nur von Fachleuten ausgewechselt werden. Undichte Verschraubungen der Druckminderer dürfen nur angezogen werden, wenn das Flaschenventil geschlossen ist. Druckminderer müssen besonderen Anforderungen entsprechen. Dies ist bei Geräten mit Prüfzeichen gewährleistet. Druckminderer (Druckminder-, Druckreduzierventile) sind nicht für alle Gase erhältlich. Nadelventile sind keine Druckminderer, sie lassen den vollen Flaschendruck auf der Entnahmeseite lasten. Als Fachleute für Arbeiten an Druckminderern gelten Personen, die aufgrund ihrer fachlichen Ausbildung, Kenntnisse und Erfahrungen sowie Kenntnis der einschlägigen Bestimmungen die ihnen übertragenen Arbeiten beurteilen und mögliche Gefahren erkennen können. Zur Beurteilung der fachlichen Ausbildung kann auch eine mehrjährige zeitnahe Tätigkeit auf dem betreffenden Arbeitsgebiet herangezogen werden. Als unterwiesene Person gilt, wer über die ihr übertragenen Aufgaben und die möglichen Gefahren bei unsachgemäßem Verhalten unterrichtet und erforderlichenfalls angeleitet sowie über die notwendigen Schutzvorrichtungen und Schutzmaßnahmen belehrt wurde. Diese müssen die Anforderungen an eine befähigte Person nach Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV) erfüllen. Reparaturen an Manometern und Nadelventilen dürfen nur Fachleute der Hersteller- oder Lieferfirmen durchführen.

Armaturen, Manometer, Dichtungen und andere Teile für stark oxidierende Druckgase müssen frei von Öl, Fett, Glycerin usw. gehalten werden. Sie dürfen auch nicht mit ölhaltigen Putzlappen oder mit fettigen Fingern berührt werden. Reste von Lösungsmitteln, die zum Entfetten verwendet werden, müssen durch Abblasen mit ölfreier Luft entfernt werden. Die Materialien der Druckminderer müssen gegen das zu verwendende Gas ausreichend beständig sein. Für Sauerstoff dürfen nur hierfür zugelassene Manometer verwendet werden. Stark oxidierende Druckgase, die Öl, Fett, Glycerin und Lösemittelreste in Armaturen, Manometern, Dichtungen und anderen Teilen entzünden können, sind beispielsweise Sauerstoff, Fluor und Distickstoffmonoxid („Lachgas“). Gase wie Fluor können bei falscher Materialwahl oder falscher Behandlung zum Brand des Druckminderers führen. Druckminderer für Sauerstoff sind blau gekennzeichnet und tragen die Aufschrift „Sauerstoff! Öl- und fettfrei halten“.

Ventile von Druckgasflaschen für brennbare und brandfördernde, oxidierende Gase sind langsam zu öffnen. Dies gilt insbesondere für Wasserstoff, Sauerstoff und Fluor. Hierdurch soll eine Entzündung dieser Gase bzw. ein Ventilbrand vermieden werden.

Zur Entnahme von Gas wird zunächst bei geschlossenem Entnahmeventil das Hauptventil (Flaschenventil) geöffnet. Sollte sich das Hauptventil nicht von Hand öffnen lassen, darf die Druckgasflasche nicht benutzt werden. Die Benutzung von Drehmoment erhöhenden Werkzeugen (z. B. Zangen) ist streng verboten. Druckgasflaschen, deren Ventil sich nicht von Hand öffnen lässt, sind außer Betrieb zu nehmen, entsprechend zu kennzeichnen und dem Füllbetrieb zuzustellen. Nichtgängige Hauptventile werden vor allem bei korrosiven Gasen beobachtet. Gerade hier führt unsachgemäßes Manipulieren immer wieder zu gefährlichen Situationen. Schließlich wird zur Entnahme das Feinventil (ggf. zuvor das Druckminderventil) vorsichtig geöffnet und der gewünschte Gasstrom eingestellt. Umgekehrt ist das Anziehen des Hauptventils mit Werkzeugen verboten.

Ventile für korrosive Gase müssen nach Benutzung sofort mittels Durchspülen und Ausblasen gereinigt werden, da sonst die Gefahr der Fehlfunktion bei der nächsten Benutzung besteht. Druckgasflaschen mit korrosiven Gasen wie etwa Chlor neigen besonders zum „Festfressen“ der Ventile.

Die Hauptventile von Druckgasflaschen sind nach Gebrauch und nach dem Entleeren zu schließen. Das Entnahmeventil am Manometer ist zur Entspannung zu öffnen, damit die gesamte Entnahmeeinrichtung druckfrei ist.

Entleerte Druckgasflaschen müssen noch einen geringen Restdruck von mindestens 2 bar aufweisen. Sie müssen eindeutig als entleert gekennzeichnet werden.

Vor Versuchsbeginn muss überprüft werden, ob die Gasflasche genügend Gas enthält, damit nicht während des Versuches die Gasflasche gewechselt werden muss. Das kann z. B. bei der Umsetzung selbstzündlicher Metallalkyle zu Bränden führen.

Gasarmaturen und Gasleitungen sind vor der ersten Inbetriebnahme und nach Umrüstungen vor der Wiederinbetriebnahme von einem Sachkundigen auf Dichtheit prüfen zu lassen, sofern nicht typgeprüfte Einrichtungen verwendet werden. Sachkundiger ist, wer aufgrund seiner fachlichen Ausbildung und Erfahrung ausreichende Kenntnisse auf dem Gebiet der Gasarmaturen und -leitungen hat und mit den einschlägigen staatlichen Arbeitsschutzvorschriften, Unfallverhütungsvorschriften, Richtlinien und allgemein anerkannten Regeln der Technik (z. B. DIN, VDE-Bestimmungen) soweit vertraut ist, dass er den arbeitssicheren Zustand der Gasarmaturen und -leitungen beurteilen kann.

Gasleitungen dürfen nur von Fachfirmen verlegt werden.

### 8.20.3 Einleiten von Gasen

Gase dürfen in Apparaturen nur eingeleitet werden, wenn sichergestellt ist, dass sich in der Apparatur kein unzulässiger Überdruck aufbauen kann. Ein unzulässiger Überdruck kann sich beispielsweise bei der Verwendung von Nadelventilen aufbauen, da diese nur „Strömungsbegrenzer“, jedoch keine Druckminderer sind.

Vor Tätigkeiten mit Gasen, durch die eine Gefährdung nicht ausgeschlossen ist, ist die Apparatur dahingehend zu überprüfen, ob überschüssiges Gas in ausreichendem Maß und nur an der dafür vorgesehenen Stelle entweichen kann. Dichtungen sind dazu vor dem Aufschrauben einer Sichtkontrolle zu unterziehen. Die Dichtheit der Verschraubungen ist insbesondere bei brennbaren, giftigen oder ätzenden Gasen zu prüfen. Eine Prüfung der Dichtheit kann beispielsweise durch Einpinseln oder Besprühen mit Detergenzlösung oder einem Lecksuchspray erfolgen.

Beim Einleiten von Gasen in Flüssigkeiten müssen Einrichtungen verwendet werden, die ein Zurücksteigen von Flüssigkeiten in die Leitung oder in das Entnahmegefäß sicher verhindern. Durch Einschalten von genügend großen Zwischengefäßen (Sicherheitsflaschen) ist das Zurücksteigen des Reaktionsgemisches zur Gasentnahmestelle, insbesondere eine Vermischung mit Trocknungsflüssigkeiten (z. B. konzentrierte Schwefelsäure) zu verhindern. Die Sicherheitsflaschen müssen so groß sein, dass sie den gesamten Reaktionsansatz aufnehmen können. Beim Einbau der Zwischengefäße ist auf die richtige Durchflussrichtung zu achten.

Alle Apparaturen, in die Gase eingeleitet werden oder in denen Gase gebildet werden, müssen mit einem Blasenähler versehen werden. Gase werden in Reaktionsapparaturen über mit Schlauchschellen gesicherte Schläuche eingeleitet, die gegenüber dem verwendeten Gas beständig sein müssen. Universell geeignet sind Silikonschläuche.

Gase dürfen in Apparaturen nur eingeleitet werden, wenn sichergestellt ist,

1. dass sich in der Apparatur kein unzulässiger Überdruck aufbauen kann,
2. dass alle Schlauchverbindungen und der Versuchsaufbau so dicht sind, dass keine Gase an unerwünschten Stellen austreten können.

Bewährt hat sich eine Sicherheitstauchung.

Wenn beim Einleiten feste Reaktionsprodukte gebildet werden, besteht die Gefahr des Verstopfens des Einleitungsrohres und eines unkontrollierten Druckanstieges im Einleitungssystem. Solche Reaktionen bedürfen der ständigen Beobachtung. Es sind spezielle Einleitungssysteme zu verwenden, die die mechanische Entfernung von Feststoffen aus dem Einleitungsrohr ohne Öffnen der Apparatur erlauben.

Alle Gaseinleitungsapparaturen müssen eine drucklose Austrittsöffnung besitzen. Diese Öffnung muss mittels Schlauch mit dem Abzugssystem verbunden sein, wenn die verwendeten Gase Gefahrstoffe sind. Das Entweichen größerer Mengen gasförmiger Gefahrstoffe in das Abluftsystem ist zu verhindern. Dies geschieht durch Absorption der Gase in geeigneten Reaktionsmedien (z. B. Säuredämpfe in verdünnten Laugen). Solche Zusatzapparaturen sind Reaktionsapparaturen und müssen daher den gleichen Sicherheitsanforderungen entsprechen, wie bisher beschrieben. So muss z. B. der Gehalt der Absorptionslösung der erwarteten Gasmenge entsprechen, bei exothermen Reaktionen für Kühlung gesorgt werden und beachtet werden, dass die Löslichkeit gebildeter Feststoffe nicht überschritten wird.

Beim Umfüllen von Gasen in flüssigem Zustand in kleinere Druckgasflaschen muss eine Überfüllung sicher vermieden werden. Der zulässige Füllgrad ist durch Wägen der kleineren Druckgasflaschen zu kontrollieren. Kann der Füllgrad beim Umfüllen von flüssigen Gasen nicht durch Wägen - beispielsweise bei einer Probenahme - ermittelt werden, so ist ein Teil des verflüssigten Gases nach der Füllung bis zum Erreichen des notwendigen Gaspuffers nach Punkt 6.4.5 der BG-Information „Füllen von Druckbehältern mit Gasen“ (BGI 618) gefahrlos abzulassen. Zur gefahrlosen Ableitung eignen sich beispielsweise Absaugeinrichtungen oder Gasabsorptionstürme.

#### **8.20.4 Arbeiten unter Überdruck, Autoklaven**

Reaktionen unter erhöhtem Druck dürfen nur in geeigneten und dafür zugelassenen Druckbehältern durchgeführt werden. Die im Labor am häufigsten benutzten Druckbehälter sind Autoklaven. Druckbehälter (Autoklaven zur Durchführung bekannter Reaktionen) müssen so beschaffen sein, dass sie den aufgrund der vorgesehenen Betriebsweise zu erwartenden mechanischen, chemischen und thermischen Beanspruchungen sicher genügen und dicht bleiben können. Sie müssen insbesondere den zulässigen Betriebsdruck und die zulässige Betriebstemperatur sicher aufnehmen können. Die Druckbehälter müssen gemäß den Vorschriften der Betriebssicherheitsverordnung ausgelegt, ausgerüstet, aufgestellt und betrieben werden. Ggf. sind regelmäßige TÜV-Prüfungen erforderlich. Sicherheitseinrichtungen wie Berstscheiben und Druckbegrenzungsventile dürfen nicht außer Betrieb gesetzt werden.

Abgeschmolzene Bombenrohre dürfen nur verwendet werden, wenn sie nicht durch andere, weniger gefährliche Apparaturen ersetzt werden können. Weniger gefährliche Apparaturen sind z. B. verschraubbare Aufschlussbomben oder Versuchsautoklaven, die bei Bedarf auch mit gegen die Reaktionsmischung resistenten Einsätzen aus verschiedenen Materialien auszustatten sind. Vor dem Umgang mit Bombenrohren sind besondere Informationen vom Arbeitgeber einzuholen. Beim Zuschmelzen sind geeignete Schutzmaßnahmen zu treffen. Als Schutzmaßnahmen gelten z. B. das Kühlen der Reaktionsmischungen, Evakuieren oder Inertisieren des Bombenrohres. Gegen das Zerkratzen der Glaswand, die zu einer Schwächung des Bombenrohres führt, hilft das Umwickeln mit einer thermisch ausreichend beständigen, asbestfreien Schnur am oberen und unteren Ende. Bombenrohre sind sofort nach dem Zuschmelzen in eine Stahlhülse zu legen. Nach dem Versuch dürfen sie erst nach vollständigem Erkalten und nur in der Schutzhülse aus dem Schießofen herausgenommen werden. Bombenrohre dürfen erst aus der Schutzhülse genommen werden, wenn sie drucklos gemacht sind. Dies erfolgt z. B. durch Aufschmelzen, Abschlagen oder Abkneifen der Spitze. In allen Fällen muss die Spitze vom Experimentator abgewandt sein, das Abblasen muss in einen so weit wie möglich geschlossenen Abzug oder direkt in eine Quellenabsaugung ausreichender Kapazität erfolgen.

Schießöfen sind so aufzustellen, dass im Falle des Zerknalls eines Bombenrohres keine Gefährdung der Beschäftigten eintreten kann. Eine Absicherung der möglichen Flugbahn der Trümmer kann durch Schutzwände erfolgen.

Das Öffnen der Verschlüsse an Druckbehältern darf erst erfolgen, wenn ein Druckausgleich mit der Atmosphäre hergestellt wurde. Gefährliche Stoffe dürfen dabei nicht in die Atemluft gelangen.

#### **8.20.5 Kompressoren**

Kompressoren sind so aufzustellen, dass sie sicher betrieben werden können. In Arbeitsräumen dürfen Kompressoren einschließlich ihrer Ausrüstung nur aufgestellt werden, wenn durch deren Betrieb eine Lärmgefährdung für die Beschäftigten nicht gegeben ist. Austretende Gase, Nebel oder Dämpfe mit gefährlichen Eigenschaften sind gefahrlos abzuleiten.

Ein sicherer Betrieb setzt unter anderem voraus, dass die Aufstellung so erfolgt, dass die Kompressoren ausreichend zugänglich sind und die erforderliche Kühlung gewährleistet ist. Eine ausreichende Zugänglichkeit ist gewährleistet, wenn sie so aufgestellt sind, dass sie ohne besondere Erschwernisse betätigt und gewartet werden können.

Die Umgebungstemperatur soll im Allgemeinen bei stationär aufgestellten Kompressoren mit ölgeschmierten Druckräumen und Luftkühlung 40 °C, bei fahrbaren Anlagen 50 °C nicht überschreiten.

### **8.20.6 Autoklaven**

Versuchsautoklaven für Versuche mit unbekanntem Reaktions-, Druck- oder Temperaturverlauf müssen in besonderen Räumen (Autoklavenraum), besonderen Kammern oder hinter Schutzwänden aufgestellt sein. Diese müssen so gestaltet sein, dass Personen beim Versagen des Autoklaven geschützt sind. Beim Betrieb von Autoklaven müssen Druck und Temperatur regelmäßig beobachtet werden. Die Beobachtung und Bedienung der Sicherheits- und Messeinrichtungen sowie deren Bedienung müssen von sicherer Stelle aus erfolgen können. Zulässige Drucke und Temperaturen sind in den Bedienungsanleitungen der Autoklaven aufgeführt und müssen an jedem Autoklaven oder in unmittelbarer Nähe deutlich lesbar angebracht sein.

Besteht die Gefahr, dass die zulässige Betriebstemperatur oder der zulässige Betriebsdruck überschritten werden könnten, ist der Reaktionsversuch sofort zu unterbrechen (Heizung ausschalten und ggf. Notkühlung einschalten).

Nach jeder Verwendung, ggf. nach Abschluss einer Versuchsreihe, muss der Autoklav von einem Sachverständigen oder Sachkundigen überprüft werden. Werden hierbei Schäden festgestellt oder wurde der zulässige Betriebsdruck und die zulässige Betriebstemperatur überschritten, muss der Autoklav auf weitere Verwendbarkeit von einem Sachkundigen geprüft werden. Die Bedienungsanleitung für den Autoklaven ist unbedingt zu beachten; hier aufgeführte Überprüfungen müssen eingehalten werden. Zweckmäßig erfolgt vor jeder Inbetriebnahme eines Druckbehälters die Funktionsprüfung der Messeinrichtungen für Druck und Temperatur und die Prüfung auf Dichtheit.

Autoklaven aus Glas dürfen mit brennbaren Flüssigkeiten oder Gasen nur in Autoklavenräumen betrieben werden. Bei Versuchen mit brennbaren Flüssigkeiten oder Gasen können beim Zerknall des Autoklaven schlagartig größere Mengen explosionsfähiger Atmosphäre entstehen. Werden Glasautoklaven mit nicht brennbaren Flüssigkeiten oder Gasen außerhalb von Autoklavenräumen oder nicht hinter Schutzwänden betrieben, ist ein ausreichender Splitterschutz zu verwenden. Als Splitterschutz gelten ein ausreichend fester, feinmaschiger Drahtkorb oder das Aufstellen einer ausreichend stabilen und gegen Umfallen gesicherten Kunststoff- oder Panzerglasscheibe. Bei Versuchsautoklaven aus Glas muss damit gerechnet werden, dass ein Zerplatzen bereits durch Spannungen infolge fehlerhaften Zusammenbaus, durch mechanische Einwirkungen von außen oder durch örtliche Temperaturspitzen eintreten kann.

### **8.21 Spritzen und Kanüle, Glasbruch**

Spitze, scharfe oder zerbrechliche Gegenstände (z. B. Spritzennadeln, Kanüle, Glasbruch) dürfen nur in stich- und formfeste Behältnisse gegeben werden. Ein Entleeren dieser Behältnisse darf nur durch Auskippen geschehen. Dabei sind geeignete Schutzhandschuhe zu tragen. Nach Möglichkeit soll das Umfüllen solcher Abfallbehälter vermieden werden.

Für Kanülen und Spritzen gibt es spezielle Nadel-Abwurfbehälter. Nadeln sollen wegen der Gefahr von Stichverletzungen nicht mit der Hand abgezogen oder ohne geeignete Hilfsvorrichtungen in ihre Schutzhülle zurückgesteckt werden. Nadeln sind ohne Berührung mit der Hand in Nadelcontainern zu entsorgen. Kanülen sollen nicht ohne geeignete Hilfsvorrichtungen in die Schutzhülle zurückgesteckt werden.

Beim Umgang mit Spritzen und Kanülen kann es zu Stichverletzungen kommen. Handschuhe aus schnittfesten Geweben bieten gegen Stiche oft nur einen geringen Schutz. Neben der Infektionsgefahr besteht auch die Gefahr der Inkorporation von Gefahrstoffen. Einwegartikel sind vorteilhaft, wenn sie für den beabsichtigten Zweck ausreichend beständig sind. Kanülen, Nadeln und Septen lassen sich in manchen Fällen auch durch Gewinderohre und Schläuche ersetzen. Schläuche aus PTFE, aber auch aus Polyethylen sind bei kleinem Durchmesser und ausreichender Steifigkeit meist gut geeignet.

## 8.22 Reinigung von Laborgeräten

Auch bei der Reinigung von Laborgeräten können Personen mit Gefahrstoffen in Kontakt kommen! Es sind deshalb die gleichen Sicherheitsvorschriften zu treffen wie beim Umgang mit Gefahrstoffen (z. B. Tragen von Schutzbrille, geschlossenem Kittel, Laborhose, Schutzhandschuhen).

Verschmutzte Geräte sind sofort zu säubern! Substanzreste sollte man nie in Gefäßen stehen lassen. Die Abfallbehälter für Restmüll in den Laboratorien sind am Ende jedes Arbeitstages zu entleeren.

Schützen Sie sich vor Schnittverletzungen bei der mechanischen Reinigung. Mit Spülarbeiten betraute Personen dürfen keinen Gefahren durch Rückstände ausgesetzt sein, insbesondere müssen Behälter und Geräte vom Benutzer vorgereinigt am Spülplatz abgestellt werden. Stark reagierende Reinigungsmittel dürfen nur dann verwendet werden, wenn andere Reinigungsmittel sich als ungeeignet erwiesen haben. Vor ihrer Verwendung ist sicherzustellen, dass der Restinhalt der Gefäße mit dem Reinigungsmittel nicht zu gefährlichen Reaktionen führen kann. Derartige Tätigkeiten dürfen nur vom Laborpersonal – gegebenenfalls in einem Abzug - durchgeführt werden.

Falls notwendig, müssen auch die Reinigungslösungen als Sonderabfall entsorgt werden. In der Regel kann die Reinigung von Laborgeräten mit Haushaltsreinigern (Spül- und Scheuermittel) durchgeführt werden. Hartnäckiger Schmutz, der nicht mit Haushaltsreinigern entfernt werden kann, ist mit Spezial-Laborglasreinigern zu beseitigen. Die Reinigungswirkung nimmt allgemein mit höherer Temperatur zu. Deshalb ist ggf. heißes Wasser zu benutzen. Eine besonders gründliche Reinigung von Laborgeräten erreicht man im Ultraschallbad. Defekte Glasgeräte dürfen wegen der Bruchgefahr jedoch nicht im Ultraschallbad gereinigt werden.

Das Spülen mit organischen Lösemitteln soll nach Möglichkeit vermieden werden. Ist eine Vermeidung nicht möglich, dann können organische Reste in einem geeigneten Lösungsmittel (z. B. Aceton, 2-Propanol) gelöst werden. Die Lösungen werden gesammelt. Das Lösungsmittel kann in der Regel durch Abdestillieren recycelt werden, wenn dieses gefahrlos möglich ist und keine Verunreinigung des Destillates mit giftigen oder krebserzeugenden Gefahrstoffen möglich ist. Die Destillationsrückstände sind je nach Halogengehalt als „halogenfreies Lösungsmittel“ bzw. „halogenhaltiges Lösungsmittel“ zu entsorgen. Sie dürfen auf keinen Fall in die Kanalisation gegeben werden. Organische Lösungsmittel, die zum Spülen benutzt werden, müssen in Kunststoff-Spritzflaschen aufbewahrt werden. Es wird darauf hingewiesen, dass die Kunststoff-Spritzflaschen im Laufe der Zeit verspröden. Sie sollten in regelmäßigen Abständen ersetzt werden.

Für Reinigungszwecke dürfen keine hochentzündlichen, sehr giftigen, giftigen, krebserzeugenden, fortpflanzungsgefährdenden oder erbgutverändernden Gefahrstoffe benutzt werden! Auf die Gefahren durch elektrostatische Aufladung z. B. beim Umfüllen der Lösungsmittel, wird besonders hingewiesen. Mit Lösungsmitteln gespülte Geräte dürfen nicht zum Trocknen in den Trockenschrank gelegt werden, da ggf. Explosionsgefahr besteht. Das Trocknen im Trockenschrank ist erst erlaubt, wenn die Geräte im Anschluss an die Reinigung mit Lösungsmitteln gründlich mit Wasser gespült wurden.

Als Reinigungsmittel stehen heute zahlreiche handelsübliche Spezialdetergenzien zur Verfügung. Diese Detergenzien sind in der Regel relativ harmlos und sollten stark reagierenden Reinigungsmitteln vorgezogen werden. Stark reagierende Reinigungsmittel sind beispielsweise konzentrierte Salpetersäure, konzentrierte Schwefelsäure und starke Alkalien. Anstelle von Chromschwefelsäure sind wegen ihrer kanzerogenen und umweltschädlichen Wirkung weniger gefährliche Ersatzstoffe zu verwenden.

Für den oxidativen Abbau hat sich alkalische Permanganatlösung bewährt. Hierzu wird gesättigte Kaliumpermanganatlösung in dem zu reinigenden Gefäß mit gleichem Volumen 20 %iger Natronlauge versetzt. Auch ein Ersatz durch Schwefelsäure/Wasserstoffperoxid, Kaliumhydroxid/Wasserstoffperoxid oder spezielle Laborreiniger kommen in Frage. Mechanische Reinigung führt oft zum Ziel, besonders effektiv im Ultraschallbad.

Anorganische Rückstände (z. B. Salze) lassen sich ggf. leicht in Säuren oder Laugen auflösen. Stark reagierende Reinigungsmittel, wie z. B. konzentrierte Schwefelsäure, konzentrierte Salpetersäure, Wasserstoffperoxid, dürfen nur benutzt werden, wenn andere Reinigungsmethoden erfolglos waren. Selbstverständlich müssen alle Geräte, die vom Glasbläser bearbeitet werden sollen, absolut sauber sein!

### **8.23 Alleinarbeit**

Wenn Tätigkeiten mit Gefahrstoffen von einer oder einem Beschäftigten allein ausgeübt werden, hat der Arbeitgeber eine Gefährdungsbeurteilung durchzuführen und daraus folgend zusätzliche technische und/oder organisatorische Schutzmaßnahmen zu ergreifen oder eine angemessene Aufsicht zu gewährleisten. Dies kann auch durch den Einsatz technischer Mittel sichergestellt werden. Kann eine Alleinarbeit nicht ausreichend abgesichert werden, darf diese nicht durchgeführt werden.

Die Überwachung muss so geregelt sein, dass im Gefahrfall eine ausreichend schnelle Hilfe sichergestellt ist. Die Art der Überwachung ergibt sich aus der Art der Gefährdung, die durch die Gefährdungsbeurteilung zu ermitteln ist. Zu berücksichtigen sind dabei insbesondere:

1. Art, Menge oder Konzentration der Stoffe (zum Beispiel giftig, erstickend, tiefkalt),
2. Eintrittswahrscheinlichkeit eines Unfalles,
3. Art und Schwere der möglichen Verletzung,
4. Handlungsfähigkeit nach Unfall,
5. Verfügbarkeit und Einsatzbereitschaft der Hilfs- und Rettungskräfte.

Als mindeste technische Möglichkeit, bei einem Unfall oder Brand Hilfe zu holen, ist die uneingeschränkte Erreichbarkeit und Nutzbarkeit eines Telefons anzusehen.

## 9 Abfälle und Abwasser

Abfälle sind bewegliche Sachen, deren sich der Besitzer entledigen will oder deren geordnete Entsorgung zur Wahrung des Wohls der Allgemeinheit, insbesondere des Schutzes der Umwelt geboten ist. (Abfallgesetz). Grundregeln für die Entsorgung von Abfällen an der Technischen Universität Braunschweig können bei der Abteilung 31, Herrn Weller (Tel. 4698) kostenlos angefordert werden. Sie liegen grundsätzlich allen Instituten vor.

### 9.1 Abfallkonzept: Abfallvermeidung - Abfallverminderung - Abfallentsorgung

Die Abfallgesetze der Bundesrepublik Deutschland und des Bundeslandes Niedersachsen schreiben folgendes Abfallkonzept vor:

1. Abfallvermeidung: Soweit möglich, müssen Abfälle vermieden werden. Nur wenn die Abfallvermeidung nicht möglich ist, gilt:
2. Abfallverminderung: Soweit möglich, muss die Abfallmenge vermindert werden. Das kann z. B. erreicht werden durch:
  - a. Recycling: Alle Stoffe, die noch verwendbar sind, müssen recycelt werden! Das gilt z. B. für Chemikalien, aber auch für Papier, Blechdosen, Styropor usw.
  - b. Änderung der Arbeitsmethode: Bei allen Arbeitsabläufen, bei denen große Abfallmengen anfallen, muss kritisch überprüft werden, ob nicht durch die Wahl einer Alternative die Abfallmenge reduziert werden kann. Ein Beispiel dafür ist der Einsatz von Küvettentests in der chemischen Analytik.
  - c. Ersatz von Stoffen: Stoffe, die nur mit sehr hohen Kosten entsorgt werden können, müssen weitestgehend ersetzt werden. Nur wenn die Abfallverminderung nicht möglich ist, gilt:
3. Abfallentsorgung: Die Abfallentsorgung darf nur dann durchgeführt werden, wenn es keine Möglichkeit der Wiederverwertung gibt! Die Abfallentsorgung an der TU Braunschweig ist Aufgabe der Abteilung 31.

### 9.2 Abfallarten

An der TU Braunschweig fallen zur Entsorgung an:

1. Restmüll
2. Wertstoffe
3. Sonderabfälle
4. Abwasser.

Bei Zweifeln bzgl. der Zuordnung eines Stoffes zu einer der aufgeführten Entsorgungsmöglichkeiten wenden Sie sich bitte an die Abteilung 31, Herrn Weller (Tel. 4698). Hier können Sie auch die „Regeln für den Umgang mit Abfällen an der Technischen Universität Braunschweig“ erhalten, die ausführlichere Angaben zu Restmüll und Wertstoffen enthält.

#### 9.2.1 Restmüll

Zum Restmüll gehören alle Stoffe, die weder Wertstoffe noch Sonderabfälle sind.

Abfallbehälter in den Laboratorien müssen täglich am Arbeitsende von den Beschäftigten geleert werden. Scherben, scharfkantige Abfälle und spitze Gegenstände dürfen nicht ungeschützt in Abfallbeutel und -säcke gegeben werden. Die Abfallbehälter sind durch Auskippen zu entleeren. Dabei ist zu beachten, dass die Hände nicht mit dem Abfall in Kontakt kommen können. Ggf. sind Lederhandschuhe zu tragen.

#### 9.2.2 Wertstoffe

Folgende Stoffe müssen der Wiederverwendung zugeführt werden:

1. Papier und Pappe; sie sind in die Altpapiercontainer zu bringen.
2. Altglas (ausgenommen hoch schmelzendes Laborglas; die Glasgeräte müssen chemikalienfrei sein); es ist in Altglascontainer zu bringen.
3. Styropor; es ist dem Lieferanten zurückzugeben.
4. elektronische Geräte („Elektronikschrott“); sie werden von Abteilung 31, Herrn Weller (Tel. 4698), entsorgt.

5. Metalle; sie sind einem Altmetallhändler zu bringen, ggf. über Abteilung 31, Herrn Weller (Tel. 4698).

Dazu müssen die Stoffe an der Entstehungsstelle (z. B. Büro, Labor, Werkstatt) getrennt gesammelt und anschließend von den Beschäftigten dem Recycling zugeführt werden. Styropor wird hausintern gesammelt. Informieren Sie sich bitte beim zuständigen Hausmeister.

### **9.2.3 Sonderabfälle**

Abfallarten, die nach der Abfallbestimmungsverordnung als „besonders überwachungsbedürftige Abfälle, kurz Sonderabfälle genannt, gelten, sind nach Abfallarten getrennt zu halten und von den Abfallerzeugern unter der Aufsicht der NGS (Niedersächsische Gesellschaft für Sonderabfälle) zugelassenen Entsorgungsbetrieben anzudienen. Der Abfallerzeuger hat dabei Angaben über die Art des jeweiligen Sonderabfalls zu machen. Je nach Abfallart müssen bestimmte Grenzwerte für Inhaltsstoffe und Eigenschaften eingehalten werden. Zu den Sonderabfällen zählen generell Gefahrstoffreste und alle Abfallarten, die im Einzelnen unter „Erläuterungen zu den Abfallarten“ aufgeführt sind.

#### **Kostenregelung für die Sonderabfallentsorgung**

Die Entsorgungskosten für Sonderabfälle werden ebenso wie die Verwertungskosten aus einem zentralen Titel der TU getragen. Mehrkosten, die aufgrund unsachgemäßer Handhabung entstehen (z. B. Kosten für Analysen unbekannter Stoffe, TÜV-abgelaufene Gasflaschen), sind von den verursachenden Instituten und Einrichtungen zu tragen.

Bei neuen Arbeiten und neuen Forschungsvorhaben mit zu erwartenden Entsorgungen sind im Voraus mit der Abteilung 31, Herrn Weller (Tel. 4698), die mögliche Entsorgung und Kostenübernahme zu klären.

#### **Vermeidung und Verminderung von Sonderabfällen**

Änderung der Arbeitsmethode: Bei allen Arbeiten, bei denen große Abfallmengen anfallen, ist kritisch zu prüfen, ob durch die Wahl anderer Methoden die Abfallmenge reduziert werden kann. Ein Beispiel dafür ist der Ersatz nasschemischer Verfahren durch den Einsatz von Küvettentests in der Analytik.

Verringerung der Reaktionsansätze: Es muss überprüft werden, ob die Versuche mit geringeren Substanzmengen durchgeführt werden können. Durch die Ausstattung der Laboratorien mit Geräten und durch die Wahl entsprechender Arbeitsmethoden lässt sich die Abfallmenge erheblich verringern.

Ersatz von Stoffen: Stoffe, die nur mit sehr hohen Kosten entsorgt werden können, sind möglichst durch Stoffe zu ersetzen, deren Entsorgung umweltschonender und kostengünstiger ist.

Wiederaufarbeitung: Abfallverminderung hat Vorrang vor Recycling. Organische Lösungsmittel wie Ethanol, Aceton, Chloroform, Diethylether müssen in den Laboratorien getrennt gesammelt und z. B. durch Destillation aufgearbeitet werden. Bei der Anwendung der HPLC und anderer chromatographischer Methoden lässt sich der Verbrauch an Lösungsmitteln für die mobile Phase erheblich reduzieren, wenn bei isokratischer Arbeitsweise „im Kreis“ gefahren wird. Bei wässrigen Lösungen kann die Abfallverminderung z. B. durch Aufkonzentrierung erfolgen.

#### **Sonderabfallsammlung in den Instituten**

Alle anfallenden Sonderabfälle sind den abfall- und gefährstoffrechtlichen Vorschriften entsprechend zu sammeln. Die Sonderabfälle sind unter Beachtung entsprechender Vorschriften, wie z. B. der Gefahrstoffverordnung und der Gefahrgutverordnung Straße Eisenbahn (GGVSE), in den dafür vorgesehenen Behältern zu sammeln. Für jede Abfallart sind die vorgeschriebenen Behälter zu verwenden. Abfallarten dürfen nicht vermischt werden. Die einzelnen Abfallarten sind getrennt so zu sammeln, dass gefährliche Reaktionen ausgeschlossen sind.

Da sich die gesetzlichen Bestimmungen sowie die Vorgaben der Entsorgungseinrichtungen auch kurzfristig ändern können, sollten Sie sich im Zweifelsfall schon vor der Entstehung von Sonderabfall mit dem Abfallbeauftragten in Verbindung setzen.

Die Sammelbehälter werden den Instituten ausschließlich von der TU (Herr Weller) bereitgestellt. Sie sind nach Größe und Bauart für die Sammlung der einzelnen Abfallarten geeignet und können sicher

transportiert und gelagert werden. Die Behälter müssen den zu erwartenden chemischen und mechanischen Beanspruchungen durch die Füllgüter standhalten. Achtung: Kanister, die z. B. Reinigungs-lösungen (z. B. Flüssigseife) enthalten haben und die die Raumpflegerinnen nicht mehr benötigen, sind nicht für die Entsorgung von Abfalllösemitteln geeignet. Werden Sonderabfälle in nicht geeignete Behälter eingefüllt, so müssen diese vor der Übernahme zur Entsorgung von Beschäftigten des verursachenden Institutes umgefüllt werden!

Sammelbehälter dürfen nur zu maximal 90 % gefüllt werden. Sie müssen regelmäßig entsorgt werden. Die Anzahl und das Fassungsvermögen der Behälter müssen auf ein Mindestmaß beschränkt sein. Größere Sammelmengen sind zu vermeiden. Werden Sammelbehälter zu mehr als 90 % gefüllt, so müssen diese vor der Übernahme zur Entsorgung von Institutsmitarbeitern umgefüllt werden.

Sammelbehälter für Gefahrstoffabfälle sind innerhalb des Labors so aufzubewahren, dass sie die übliche Laborarbeit nicht beeinträchtigen oder zu einer Gefährdung führen. Zur Vermeidung elektrostatischer Aufladungen muss beim Einfüllen hochentzündlicher, leichtentzündlicher oder entzündlicher flüssiger Gefahrstoffabfälle der Trichter sowie der Sammelbehälter an einen Potentialausgleich angeschlossen sein. Dies gilt in der Regel nicht für Behälter mit einem Nennvolumen bis zu 5 l. Um ein sicheres Befüllen zu ermöglichen, sollte der Trichter beim Befüllen mit flüssigen Gefahrstoffabfällen fest mit dem Sammelbehälter verbunden sein. Dabei ist auf ausreichende Belüftung sowie auf Vermeidung elektrostatischer Aufladungen zu achten. Bei bestimmten Randbedingungen, wie beispielsweise bei sehr trockener Luft, können Gebinde auch unterhalb von 5 l Nennvolumen unzulässig hoch elektrostatisch aufgeladen werden. Bei der Bereithaltung und der Befüllung von Abfallsammelbehältern ist sicherzustellen, dass keine gefährlichen Gase oder Dämpfe in gefährlicher Konzentration oder Menge in die Laborluft gelangen können. Die Behälter sind gemäß dieser Betriebsanweisung zu kennzeichnen. Die entsprechenden Aufkleber erhalten Sie von Herrn Weller.

Abzüge sind als Abfalllager nicht geeignet! Sie sind Arbeitsplätze, an denen nur die für den Fortgang der Arbeiten unbedingt notwendigen Chemikalienmengen aufbewahrt werden dürfen. Abfallsammelkanister dürfen deshalb – abgesehen von der Zeit, in der sie befüllt werden – nicht unter den Abzügen abgestellt werden. Bewährt hat sich die Aufbewahrung der Sammelbehälter in Sicherheitsschränken oder außerhalb des Labors in geeigneten Lagerräumen. Während der Bereitstellung zur Entsorgung dürfen keine Gefahrstoffe in gefahrdrohender Konzentration oder Menge freigesetzt werden.

Abfallbehälter sind nach den Technischen Regeln für Gefahrstoffe TRGS 201 „Einstufung und Kennzeichnung zur Beseitigung von Abfällen beim Umgang“ zu kennzeichnen. Die Kennzeichnung muss beständig und fest anhaftend sein. Abfallbehälter für den außerbetrieblichen Transport müssen den Vorschriften über den Transport von Gefahrgut entsprechen.

Die Entsorgung gefährlicher Abfälle ist in solchen Zeitabständen vorzunehmen, dass das Aufbewahren, der Transport und das Vernichten dieser Stoffe nicht zu einer Gefährdung führen können. Die Arbeitsplätze sind mindestens einmal jährlich auf gefährliche Abfälle hin zu prüfen und diese zur Vermeidung der Bildung von Altlasten zu entsorgen.

Abfälle, die aufgrund ihrer chemischen Eigenschaften nicht durch Dritte entsorgt werden können, sind im Laboratorium gefahrlos zu vernichten oder in eine transportfähige Form umzuwandeln. Dafür sind spezielle Betriebsanweisungen zu erstellen.

### **Übernahme der Abfälle zur Entsorgung**

Ist die Entsorgung eines Abfallstoffes gewährleistet, wird dieser nach Sammlung im Institut von der Abteilung 31, Herr Weller (Tel 4698), übernommen. Voraussetzung hierfür ist die Übergabe des Sonderabfalls in von Herrn Weller für die jeweilige Abfallart ausgegebenen Behälter sowie dessen korrekte Beschriftung und Etikettierung. Die zu entsorgenden Abfälle sind schriftlich anzumelden. Vordrucke zur Anmeldung, Behälter und Aufkleber zur Verpackung erhalten Sie von Herrn Weller. Für die korrekte Deklaration der Abfälle zeichnen die Arbeitgeber mit ihrer Unterschrift verantwortlich. Für jede Abfallart ist eine Deklaration zu erstellen, also ein Vordruck auszufüllen und zu unterschreiben. Sammelbehälter für flüssige Sonderabfälle dürfen maximal zu 90% befüllt werden. Die Behälter sind gut verschlossen zu halten. Beschädigte oder undichte Behälter sowie Behälter, denen äußerlich Gefahrstoffe anhaften, werden nicht angenommen. Auch unbenutzte Sammelbehälter haben ein Verfalldatum. Fragen Sie im Zweifelsfall bei Herrn Weller nach, ob der alte Behälter noch benutzt werden darf. Die Sammelbehälter

sind in der Regel nach Absprache mit Herrn Weller im Abfalllager abzugeben. Die Vorschriften für den Transport von Gefahrgütern über die Straße (Gefahrgutverordnung Straße = GGVS) sind zu beachten. Die Vorschriften können bei Herrn Weller eingesehen werden. Falls die Abfälle bei Ihnen abgeholt werden sollen, werden Sie vorher informiert. Übergabeort ist in diesem Fall das Sammelfahrzeug.

Mit Schwierigkeiten verbunden ist insbesondere die Entsorgung von:

1. Stoffen, die unter das Sprengstoffgesetz fallen,
2. hoch toxischen Stoffen (z. B. Dioxine),
3. biologischen und chemischen Kampfstoffen,
4. unbekanntem Stoffen,
5. infektiösen Abfällen, Tierkadavern und Organteilen.

Unbekannte Stoffe können erst nach einer Ermittlung der chemischen Zusammensetzung entsorgt werden! Zu den Kosten für die Analyse vergleichen Sie bitte unter „Kostenregelung für die Sonderabfallentsorgung“. Eine Einlagerung ins Sonderabfallzwischenlager ist nur für die im Genehmigungsbescheid der ehemaligen Bezirksregierung Braunschweig aufgeführten Sonderabfallarten zulässig. Die Entsorgungsfirmen dürfen nur Sonderabfälle annehmen, die von den Abfallerzeugern eindeutig deklariert wurden. Ist eine Deklaration aufgrund der fehlenden Kennzeichnung nicht möglich, muss eine Analyse des Stoffes durchgeführt werden. Die Kosten für die Analysen sind von der Einrichtung zu tragen, bei der der Abfallstoff angefallen ist. Achten Sie deshalb darauf, dass Chemikalienbehälter ordnungsgemäß gekennzeichnet sind und bleiben und dass die Mitarbeiter ihre Arbeitsplätze ordnungsgemäß übergeben.

Die Beseitigung von Sonderabfällen ist in solchen Zeitabständen vorzunehmen, dass das Aufbewahren, der Transport und das Vernichten dieser Stoffe nicht zu einer Gefährdung führen können. Die Arbeitsplätze sind mindestens einmal jährlich auf gefährliche Abfälle hin zu prüfen. Es ist verboten, Sonderabfälle in das Abwasser oder den Restmüll zu geben.

Sammelbehälter für Gefahrstoffe sind innerhalb des Laboratoriums so aufzubewahren, dass sie die übliche Laborarbeit nicht beeinträchtigen. Bei der Bereitstellung und der Befüllung dieser Sammelbehälter ist sicherzustellen, dass keine schadstoffhaltigen Gase oder Dämpfe in gefährlicher Konzentration oder Menge in die Laborluft gelangen können. Zur Vermeidung elektrostatischer Aufladungen muss beim Einfüllen hochentzündlicher, leichtentzündlicher oder entzündlicher flüssiger Gefahrstoffe der Trichter sowie der Sammelbehälter an einen Potentialausgleich (Erdung) angeschlossen sein, wenn das Behältervolumen 5 Liter überschreitet. Es gelten für Sonderabfälle grundsätzlich auch alle Vorschriften, die für Neuchemikalien zu beachten sind!

### 9.3 Liste der von der TU entsorgbaren Sonderabfälle

Von der TU Braunschweig können zurzeit folgende Sonderabfälle entsorgt werden:

1. Altlacke/Altfarben, nicht ausgehärtet
2. Altöl
3. Asbestabfälle
4. Behälter mit schädlichem Restinhalt
5. Bohr- und Schleifölemulsionen
6. Druckgasflaschen (nur in Ausnahmefällen)
7. Eisensalzlösungen
8. Entwicklerbäder
9. Feinchemikalienreste
10. Fixierbäder
11. Laugen, Laugengemische und Beizen (basisch)
12. Leuchtstoffröhren
13. Lösungsmittel, halogenfrei
14. Lösungsmittel, halogenhaltig
15. Quecksilberhaltige Abfälle (elementares Quecksilber)
16. Radioaktive Abfälle
17. Säuren, Säuregemische und Beizen (sauer), anorganisch
18. Spül- und Waschwässer, metallsalzhaltig

#### **Altlacke / Altfarben, nicht ausgehärtet**

Die zu entsorgenden Stoffe müssen in Originalgebinden angeliefert werden. Ausgehärtete Farben und Lacke sind kein Sonderabfall, sondern Restmüll.

#### **Altöl**

Altöle sind dem Lieferanten des Öls wieder zurückzugeben. Die Lieferanten sind zur Rücknahme verpflichtet. Bitte achten Sie auf die saubere Getrennthaltung von Altöl - auf keinen Fall darf Altöl vermisch werden mit anderen Stoffen wie Emulsionen, Korrosionsschutzmitteln, Wasser, Bremsflüssigkeiten usw.. Als Altölbesitzer sind Sie für die ordnungsgemäße Entsorgung verantwortlich. Nur wenn eine Rücknahme des Altöls ausgeschlossen wurde, wenden Sie sich an die Abteilung 31, Herr Weller.

#### **Asbestabfälle**

Entsorgt werden Asbest haltige Gegenstände wie z. B. Drahtnetze aus Asbest, kleinere Asbestplatten, Geräte und Geräteteile, Asbestschnüre.

#### **Behälter mit schädlichem Restinhalt**

Darunter versteht man entleerte Behälter mit noch anhaftenden Chemikalienresten. Setzen Sie sich wegen der Entsorgung von solchen Behältern mit der Abteilung 31, Herrn Weller (Tel. 4698), in Verbindung.

#### **Bohr- und Schleifölemulsionen, Kühlschmierstoffe**

Die Emulsionen müssen frei sein von Halogenen. Typischerweise beträgt der Gehalt an Öl fünf Prozent.

#### **Druckgasflaschen**

Druckgasflaschen unterliegen je nach Gasart unterschiedlichen Prüffristen. Das Datum der nächsten Prüfung (Monat/Jahr) ist auf der Flaschenschulter eingepreßt oder aufgeklebt. Es ist bei allen Druckgasflaschen darauf zu achten, dass mindestens 6 Wochen vor dem nächsten Prüfdatum die Flaschen unabhängig vom Füllungsgrad den jeweiligen Fachfirmen zurückgegeben werden. Im Falle von Eigentumsflaschen ist eine Prüfung beim TÜV durch das Institut zu veranlassen. Ist die Prüffrist abgelaufen und sind die Flaschen nicht eindeutig drucklos, unterliegen sie besonderen Beförderungsvorschriften. Sie sind dann nur unter sehr hohem Kostenaufwand zu beseitigen oder zu verwerten.

#### **Eisensalzlösungen**

Eisensalzlösungen stammen in der Regel aus der Platinenätzung. Es werden nur solche Lösungen entsorgt, die ausschließlich Eisen-, Kupfer- und Chlorid-Ionen enthalten. Der pH-Wert muss kleiner als 7 sein. Die Lösung darf keine organischen Stoffe (z. B. Fette, Öle, Lösungsmittel) enthalten.

#### **Entwicklerbäder**

Bei dieser Abfallart handelt es sich ausschließlich um Rückstände aus Fotolaboratorien. Bei den Entwicklerbädern aus Fotolaboratorien muss der pH-Wert größer als 8 sein.

#### **Feinchemikalien (Chemikalienreste)**

Als Feinchemikalien können nur solche Stoffe entsorgt werden, die

1. nicht unter das Sprengstoffgesetz fallen,
2. nicht radioaktiv sind,
3. frei von hoch toxischen Bestandteilen (z. B. polychlorierte Dioxine (PCDD) und Furane (PCDF), PCB, Kampfstoffe) sind,
4. in ihrer Zusammensetzung bekannt sind.

Jedes Gebinde muss eindeutig etikettiert sein! Auch kleinste Behälter müssen eindeutig beschriftet sein. Unbekannte Chemikalien (z. B. Chemikalien in nicht beschrifteten Gefäßen) müssen vor der Entsorgung analysiert werden. Falls Analysen nur gegen Berechnung durchgeführt werden können, tragen die Institute die Analysekosten. Chemikalien, die unter einer anderen Abfallbezeichnung entsorgt werden können (z. B. Salzsäure unter „anorganische Säuren, Säuregemische und Beizen“), müssen unter dieser Abfallart entsorgt werden. Sie dürfen nicht als „Feinchemikalien“ entsorgt werden.

#### **Fixierbäder**

Bei dieser Abfallart handelt es sich ausschließlich um Rückstände aus Fotolaboratorien.

#### **Laugen, Laugengemische und Beizen**

Der pH-Wert liegt über 8. Es werden nur wässrige Alkalihydroxide entsorgt, die frei sein müssen von

1. Cyaniden,
2. Ammoniumionen (max. 0,1 mol/L),
3. organischen Stoffen aller Art (z. B. Lösungsmittel, Fette, Öle).

#### **Beleuchtungsmittel**

Leuchtstoffröhren und Energiesparlampen werden in der Regel von der Betriebstechnik ausgewechselt. Die defekten Röhren und Energiesparlampen sind an die Betriebstechnik zur Verwertung und Entsorgung zurückzugeben. Auf keinen Fall dürfen Leuchtstoffröhren und Energiesparlampen in die Restmülltonnen geworfen werden! Gewöhnliche Glühlampen gehören zum Restmüll.

#### **Lösungsmittel**

Als halogenfreie Lösungsmittel können alle organischen Verbindungen entsorgt werden, die folgende Bedingungen erfüllen:

1. die Elemente C, H, N, Na, O, P, S dürfen enthalten sein,
2. flüssig bei Raumtemperatur,
3. zwar fest sind, aber in einem geeigneten Lösungsmittel gelöst wurden,
4. pH-Wert zwischen 6 und 9 (ggf. neutralisieren),

Auf die Recyclingpflicht organischer, halogenfreier Lösungsmittel wird hingewiesen.

#### **Quecksilberhaltige Abfälle (elementares Quecksilber)**

Entsorgt werden kann elementares Quecksilber (z. B. defekte Quecksilberthermometer und Manometer, quecksilberhaltige Schalter, Quecksilberdampflampen, Quecksilber aus Diffusionspumpen). Quecksilberverbindungen gehören nicht zu dieser Abfallart, sie sind Feinchemikalien.

#### **Radioaktive Abfälle**

Für die Entsorgung radioaktiver Abfälle sind die jeweiligen Strahlenschutzbeauftragten zuständig. Nach Absprache können die Entsorgungskosten übernommen werden.

#### **Säuren, Säuregemische und Beizen, sauer, anorganisch**

Der pH-Wert liegt unter 6. Es werden nur wässrige Säurelösungen entsorgt, die frei sein müssen von

1. Cyaniden,
2. Ammoniumionen (max. 0,1 mol/L zugelassen),
3. organischen Stoffen aller Art (z. B. Lösungsmittel, Fette, Öle).
4. Säureabfälle mit Salpetersäurebestandteilen müssen vor der Übergabe neutralisiert und als Sonderabfall unter der Bezeichnung „Spül- und Waschwasser“ entsorgt werden.

#### **Spraydosen**

Die Verwendung von Einweg-Spraydosen sollte möglichst vermieden werden, da Spraydosen als Sonderabfall gelten. Verschiedene Produkte (Schweißtrennmittel, Motor- und Maschinenreiniger usw.) werden in wiederbefüllbaren Druckluftspraydosen angeboten. Wenn Sie Spraydosen zu entsorgen haben, rufen Sie Herrn Weller an (Tel. 4698).

### Wässrige Wachflüssigkeiten

Unter dieser Abfallart können flüssige Mischungen aus organischen und anorganischen Stoffen entsorgt werden. Der pH-Wert sollte im Neutralbereich liegen. Liegt ein höherer Anteil leichtentzündlicher Substanzen vor, ist der Abfall als Lösemittelabfall zu entsorgen.

### 9.4 Abwasser

Es sind strenge Abwassergrenzwerte zu beachten. Die Schwellwerte sind in der folgenden Tabelle aufgeführt. Bei Schwellwertüberschreitungen muss die TU erhöhte Abwassergebühren bezahlen. Grenzwertüberschreitungen (doppelter Schwellwert) sind verboten und können ordnungs- oder strafrechtlich geahndet werden. In der folgenden Tabelle nicht aufgeführte Stoffe, die keine Gefahrstoffe sind, dürfen in das Abwasser eingeleitet werden, sofern sie für die Umwelt und den Betrieb der Abwasseranlagen unschädlich sind. Im Zweifelsfall fragen Sie die Stabsstelle für Arbeitssicherheit und Gesundheitsvorsorge um Rat. Beachten Sie die Regeln der TU für den Umgang mit Wasser!

Parameter/Stoff	Schwellwert (mg/Liter)
Antimon	0,25
Aromaten, gesamt	0,05
Arsen	0,05
Barium	1,0
Benzol	0,0025
Blei	0,5
Cadmium	0,05
Chrom, gesamt	0,5
Chrom(VI)	0,1
Cobalt	1,0
Cyanid	10
Cyanid, leicht freisetzbar	0,5
Ethylbenzol	0,025
Fluorid	25
Halogenkohlenwasserstoffe, leichtflüchtige (LHKW)	0,25
Halogenkohlenwasserstoffe, LHKW-Einzelstoffe	0,05
Halogenverbindungen, adsorbierbare organische (AOX)	0,5
Kohlenwasserstoffe, aliphatische	10
Kohlenwasserstoffe, aromatische polycyclische (PAK)	0,025
Kupfer	0,5
Nickel	0,5
Öle und Fette, verseifbar	125
pH-Wert	6,0-10,5
Phenol	0,025
Quecksilber	0,025
Sauerstoffverbraucher, z. B. Sulfite, Eisen(II)-salze, Thiosulfate	50
Silber	0,25
Styrol	0,03
Sulfat	300
Sulfid	1,0
Temperatur	unter 35 °C
Toluol	0,025
Xylol	0,03
Zink	2,5
Zinn	0,5

Farbstoffe: nur in so geringer Konzentration, dass in den öffentlichen Abwasseranlagen keine Verfärbung sichtbar wird.

Toxizität: Das abzuleitende Abwasser muss so beschaffen sein, dass die biologischen Vorgänge in den Abwasserbehandlungsanlagen, die Schlammabeseitigung oder die Schlammverwertung nicht beeinträchtigt werden.

## **10 Umgang mit elektromagnetischer Strahlung, radioaktiven Stoffen, Biostoffen und gentechnisch verändertem biologischen Material**

### **10.1 Starke Elektromagnetische und magnetische Felder**

Bereiche mit Quellen elektromagnetischer Strahlung, mit starken Elektro- oder Permanentmagneten sind zu kennzeichnen, der Zugang ist entsprechend zu regeln. Für Bereiche, in denen Arbeitgeber exponiert sein können, dürfen keine unzulässig hohen Feldstärken auftreten. Hierzu können die Unterlagen der Gerätehersteller herangezogen werden. Im Fall modifizierter oder selbst gebauter Geräte ist eine Beurteilung erforderlich. Dazu kann es notwendig sein, die Feldstärken messtechnisch zu bestimmen.

Starke Magnetfelder werden z. B. in NMR- und ESR-Spektrometern eingesetzt (NMR = Nuclear Magnetic Resonance = Kernmagnetische Resonanz; ESR = Elektronen-Spin-Resonanz). Auf die starken Magnetfelder ist auf der Außenseite der Raamtüren mit einem deutlichen sichtbaren Aufkleber hinzuweisen. Es muss folgender Hinweis enthalten sein: „Betreten verboten für Personen mit Herzschrittmacher!“

Gefahrenbereiche sind mit dem Warnzeichen „Warnung vor elektromagnetischem Feld“ oder „Warnung vor magnetischem Feld“ zu kennzeichnen. Der Zutritt zu Gefahrenbereichen ist zu beschränken. Die Kurzzeitexpositionswerte sind einzuhalten und persönliche Schutzausrüstungen zu benutzen. Bei der Gefährdungsbeurteilung sind auch die Wirkungen auf Antennen oder ferromagnetische Teile zu berücksichtigen, die zum Eintrag von Energie führen können oder zum Auftreten erheblicher mechanischer Kräfte.

Bereiche mit starken Magneten, beispielsweise für die NMR-Spektroskopie, können große Feldstärken aufweisen, die auch in benachbarten Räumen, auch oberhalb und unterhalb des Magneten, auftreten können. Erhebliche Kräfte können auf ferromagnetische Teile ausgeübt werden.

Ein Quenchen von Kryomagneten muss verhindert werden, da es hierbei zu einem Verdampfen großer Mengen flüssiger tiefkalter Gase innerhalb kurzer Zeit kommen kann. Dadurch kann es zu Gefährdungen durch den Druckstoß kommen, zudem wird der Sauerstoffgehalt des Raumes durch das verdampfende Gas abgesenkt.

### **10.2 Intensives Licht, Laser, UV-Licht**

Intensives sichtbares Licht kann sehr leicht die Augen irreversibel schädigen. Intensives Licht wird in Laboratorien z. B. für Photoreaktionen benutzt und durch Laser, Hochdrucklampen (Quecksilber, Xenon) oder Bogenlichtlampen erzeugt. Die Augen müssen immer mit einer speziellen, auf die Wellenlängen des emittierten Lichtes ausgelegten Schutzbrille vor dem intensiven Licht geschützt werden.

#### **10.2.1 Laserstrahlung**

Das Auge wird bereits durch Laserstrahlung sehr geringer Energiedichte gefährdet. Hohe Energiedichte gefährdet zusätzlich die Haut und gegebenenfalls auch tiefer liegende Organe. Darüber hinaus kann Laserlicht mit hoher Energie im Labor chemische Reaktionen und physikalische Prozesse auslösen und gegebenenfalls zu Materialzerstörungen führen. Außerdem kann Laserlicht eine Zündquelle darstellen. Deshalb ist die Laserstrahlung ist in Rohren zu führen oder einzuhausen, im Bereich des Strahlengangs sind reflektierende Oberflächen zu vermeiden. Richtwerte für höchstzulässige Bestrahlungsstärken sowie Schutzmaßnahmen enthält die Unfallverhütungsvorschrift (UVV) „Laserstrahlung“.

Laser werden in die Klassen 1, 1M, 2, 2M, 3M, 3R und 4 eingeteilt. Laser, die vor dem 01.01.2004 in Betrieb genommen worden sind, können auch nach der alten Nomenklatur bezeichnet werden. Es gab die Klassen 1, 2, 3A, 3B und 4. Laboratorien, in denen Laser der Klasse 3R / 3B oder 4 betrieben werden, dürfen nur von entsprechend unterwiesenem Personal betreten werden. Dies kann durch technische Maßnahmen, wie beispielsweise von außen nicht ohne Schlüssel oder Code-Karten zu öffnende Türen, erreicht werden. Vor dem Betreten von Laserlaboratorien mit Lasern der Klasse 3R / 3B oder 4

sollte eine Schleuse vorhanden sein, in der keine gefährliche Strahlung vorhanden ist und in der die persönliche Schutzausrüstung angelegt werden kann.

Alle Laser müssen entsprechend ihrer Klasse gekennzeichnet werden. Nur bei Klasse 1 und 1M kann die Kennzeichnung entfallen, wenn der Hersteller Hinweise in der Benutzerinformation aufgenommen hat.

Bei Lasern müssen bei offenem Strahlengang je nach Klasse des Lasers Schutzmaßnahmen gegen direkte Einwirkung und gegen Einwirkung durch Streulicht getroffen werden. Laser der Klassen 2, 2M und 3A dürfen nur betrieben werden, wenn der Strahlverlauf deutlich und dauerhaft gekennzeichnet ist.

Die Kennzeichnung von Laserbereichen mit Lasern ab der Klasse 2 erfolgt mit dem Warnzeichen „Warnung vor Laserstrahl“. Laser der Klassen 3R / 3B und 4 dürfen nur unter zusätzlichen Schutzmaßnahmen betrieben werden. Hierzu zählen Zugangsbeschränkungen und Abschirmung der Laserstrahlen. Das Tragen von Laserschutzbrillen ist erforderlich, wenn nicht auszuschließen ist, dass reflektierende Gegenstände – auch unbeabsichtigt - in den Strahlengang gelangen können, insbesondere muss Schmuck abgelegt werden.

Lasergeräte der Klassen 3R / 3B und 4 müssen der Stabsstelle für Arbeitssicherheit und Gesundheitsvorsorge vor der ersten Inbetriebnahme angezeigt werden. Die Stabsstelle für Arbeitssicherheit und Gesundheitsvorsorge gibt die Anzeige an den zuständigen Unfallversicherungsträger (Landesunfallkasse Niedersachsen) und die für den Arbeitsschutz zuständige Behörde weiter.

Vor Inbetriebnahme von Lasern der Klasse 3R / 3B und 4 ist ein Laserschutzbeauftragter schriftlich zu bestellen. Die Beschäftigten sind vor der ersten Aufnahme von Tätigkeiten im Laserbereich und danach mindestens einmal jährlich über die notwendigen Schutzmaßnahmen zu unterweisen. Die Aufgaben des Laserschutzbeauftragten sind:

1. Überwachung des Betriebes der Lasereinrichtungen,
2. Unterstützung des Arbeitgebers hinsichtlich des sicheren Betriebs und der notwendigen Schutzmaßnahmen,
3. Zusammenarbeit mit den Fachkräften für Arbeitssicherheit bei der Erfüllung ihrer Aufgaben einschließlich Unterrichtung über wichtige Angelegenheiten des Laserstrahlenschutzes.

In Absprache mit dem Laserschutzbeauftragten sind Laserschutzbrillen, Schutzkleidung oder Schutzhandschuhe vom Arbeitgeber zur Verfügung zu stellen und von den Beschäftigten zu benutzen.

Laserstrahler werden in folgende Klassen eingeteilt:

1. Klasse 1: Die zugängliche Laserstrahlung ist unter vernünftigerweise vorhersehbaren Bedingungen ungefährlich.
2. (alte Einteilung: Klasse 1: Die zugängliche Strahlung ist ungefährlich.)
3. Klasse 1M: Die zugängliche Laserstrahlung liegt im Wellenlängenbereich von 302,5 nm bis 4000 nm. Die zugängliche Laserstrahlung ist für das Auge ungefährlich, solange der Strahlquerschnitt nicht durch optische Instrumente (z. B. Lupen, Linsen, Teleskope) verkleinert wird.
4. Klasse 2: Die zugängliche Laserstrahlung liegt nur im sichtbaren Spektralbereich (400 nm bis 700 nm). Sie ist bei kurzzeitiger Bestrahlungsdauer (bis 0,25 s) auch für das Auge ungefährlich. Zusätzliche Strahlungsanteile außerhalb des Wellenlängenbereiches von 400 nm bis 700 nm erfüllen die Bedingungen für Klasse 1.
5. Klasse 2M: Die zugängliche Laserstrahlung liegt im sichtbaren Spektralbereich von 400 nm bis 700 nm. Sie ist bei kurzzeitiger Einwirkungsdauer (bis 0,25 s) für das Auge ungefährlich, solange der Strahlquerschnitt nicht durch optische Instrumente (z. B. Lupen, Linsen, Teleskope) verkleinert wird. Zusätzliche Strahlungsanteile außerhalb des Wellenlängenbereiches von 400 nm bis 700 nm erfüllen die Bedingungen für Klasse 1M.
6. Klasse 3A: Die zugängliche Laserstrahlung wird für das Auge gefährlich, wenn der Strahlungsquerschnitt durch optische Instrumente (z. B. Lupen, Linsen, Teleskope) verkleinert wird. Ist dies nicht der Fall, ist die ausgesandte Laserstrahlung im sichtbaren Spektralbereich (400 nm bis 700 nm) bei kurzzeitiger Bestrahlungsdauer (bis 0,25 s), in den anderen Spektralbereichen auch bei Langzeitbestrahlung, ungefährlich.

7. Klasse 3R: Die zugängliche Laserstrahlung liegt im Wellenlängenbereich von 302,5 nm bis  $10^6$  nm und ist gefährlich für das Auge. Die Leistung bzw. die Energie beträgt maximal das Fünffache des Grenzwertes der zugänglichen Strahlung der Klasse 2 im Wellenlängenbereich von 400 bis 700 nm und das Fünffache des Grenzwertes der Klasse 1 für andere Wellenlängen.
8. (alte Einteilung: Klasse 3B: Die zugängliche Laserstrahlung ist gefährlich für das Auge, häufig auch für die Haut)
9. Klasse 4: Die zugängliche Laserstrahlung ist sehr gefährlich für das Auge und gefährlich für die Haut. Auch diffus gestreute Strahlung kann gefährlich sein. Die Laserstrahlung kann Brand- oder Explosionsgefahr verursachen.

Verläuft der Laserstrahl von Lasereinrichtungen der Klassen 2 oder 3A im Arbeits- oder Verkehrsbe-  
reich, hat der Arbeitgeber dafür zu sorgen, dass der Laserbereich deutlich erkennbar und dauerhaft  
gekennzeichnet wird. Laserbereiche von Lasereinrichtungen der Klassen 3R / 3B oder 4 müssen wäh-  
rend des Betriebs abgegrenzt und gekennzeichnet sein. Werden Lasereinrichtungen der Klasse 4 in  
geschlossenen Räumen betrieben, so ist dieser Betrieb an den Zugängen zu den Laserbereichen durch  
Warnleuchten anzuzeigen.

Der Arbeitgeber hat durch technische oder organisatorische Maßnahmen dafür zu sorgen, dass eine  
Bestrahlung oberhalb der maximal zulässigen Bestrahlung, auch durch reflektierte oder gestreute La-  
serstrahlung, verhindert wird. Ist dies nicht möglich, so müssen die Beschäftigten zum Schutz der Augen  
oder der Haut geeignete Augenschutzgeräte, Schutzkleidung oder Schutzhandschuhe tragen. Diese  
Gegenstände sind vom Arbeitgeber zur Verfügung zu stellen. Nähere Angaben über die einzusetzenden  
Schutzbrillen entnehmen Sie bitte der Bedienungsanleitung oder Betriebsanweisung des Lasers. Infor-  
mationen können Sie auch bei der Stabsstelle für Arbeitssicherheit und Gesundheitsvorsorge erhalten.

Alle Beschäftigten, die sich im Arbeitsbereich von Lasergeräten der Klassen 2 bis 4 aufhalten, sind über  
die Schutzmaßnahmen mindestens einmal jährlich zu unterweisen.

### 10.2.2 UV-Licht

Ultraviolettes Licht (UV-Licht) ist sehr energiereich und kann sehr leicht die Augen irreversibel schädi-  
gen. UV-Licht wird in Laboratorien z. B. für Photoreaktionen oder zur Detektion in der Chromatographie  
genutzt. Die Augen müssen mit einer UV-Schutzbrille vor der direkten Bestrahlung mit UV-Licht ge-  
schützt werden.

Ultraviolett-Strahler müssen so angeordnet sein und betrieben werden, dass die Augen und die Haut  
von Beschäftigten nicht geschädigt werden und eine gesundheitliche Beeinträchtigung durch Ozon aus-  
geschlossen ist. Der Einschaltzustand von Ultraviolett-Strahlern muss eindeutig erkennbar sein.

Direkte oder indirekte UV-Exposition kann zu Entzündungen und Verbrennungen der Horn- und Binde-  
haut führen. Auf der Haut können sonnenbrandartige Verbrennungen hervorgerufen werden. Wieder-  
holte Exposition kann zur vorzeitigen Hautalterung oder sogar Hautkrebs führen. Heiße Oberflächen  
von UV-Lampen können zu Verbrennungen führen.

Eine Bestrahlung von Personen ist vorzugsweise durch konstruktive oder andere technische Maßnah-  
men zu vermeiden. In Frage kommt hierfür eine entsprechende Positionierung des UV-Strahlers so,  
dass kein direkter Sichtkontakt zur Lampe möglich ist und Personen nicht bestrahlt werden. Häufig las-  
sen sich Belichtungsapparaturen – auch nachträglich noch - durch eine sicherheitsgerechte Abschir-  
mung, zum Beispiel aus einer lichtdichten, nicht brennbaren Ummantelung (zum Beispiel Aluminiumfolie),  
entsprechend abdecken. Bewährt haben sich auch wirksame Verriegelungen, die den UV-Strahler  
abschalten, sobald eine Abschirmung geöffnet wird.

Lässt sich eine Bestrahlung von Personen auf diese Weise nicht verhindern, ist die einwirkende Dosis  
zu minimieren. Beispielsweise ist durch Abgrenzung des Strahlungsfeldes bzw. durch Begrenzung der  
Einschaltzeit oder der Aufenthaltsdauer dafür zu sorgen, dass Ultraviolett-Strahlung auf Beschäftigte so  
gering wie möglich einwirkt. Bei Ultraviolett-Schleusen ist es zweckmäßig, den bestrahlten Bereich auf  
dem Fußboden zu kennzeichnen.

Zum Schutz der Haut kommt das Tragen von Haut bedeckender Schutzkleidung, gegebenenfalls auch  
die Verwendung von Lichtschutz-Präparaten in Frage.

Bei Arbeiten im Bereich der brennenden Lampe sind auf die Leistung und Wellenlänge der verwendeten Lichtquelle abgestimmte Schutzbrillen oder Gesichtsschutzschirme zu tragen. Das direkte Blicken in die leuchtende Lampe ist zu vermeiden.

Beim Einsatz von UV-Lampen, insbesondere von UV-Hochleistungslampen, kann Ozon entstehen. Durch Lüftungstechnische Maßnahmen ist dafür zu sorgen, dass der Arbeitsplatzgrenzwert von Ozon unterschritten ist. Neben einer optimierten natürlichen Lüftung kommt hierzu beispielsweise auch der Betrieb im Abzug oder die Installation einer wirksamen Quellenabsaugung in Frage. Abgesaugte Luft darf dabei nicht in den Arbeitsraum zurückgeführt werden.

Ultraviolett-Strahler können sehr heiß werden. Durch Anordnung, Isolation, Kühlung oder hinweisende Sicherheitstechnik ist dafür zu sorgen, dass sich Mitarbeiter nicht verbrennen können. Bei quecksilberhaltigen UV-Strahlern sind Vorkehrungen für den Fall von Glasbruch bzw. zur Abfallentsorgung zu treffen.

## 11 Arbeitsmedizin

Nähere Auskünfte zu arbeitsmedizinischen Vorsorgeuntersuchungen erteilen die Stabsstelle für Arbeitssicherheit und Gesundheitsvorsorge und der Betriebsarzt.

Die TU Braunschweig hat für eine angemessene arbeitsmedizinische Vorsorge zu sorgen. Sie umfasst die zur Verhütung arbeitsbedingter Gesundheitsgefahren erforderlichen arbeitsmedizinischen Maßnahmen. Bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen gehören dazu insbesondere:

1. die arbeitsmedizinische Beurteilung gefahrstoff- und tätigkeitsbedingter Gesundheitsgefährdungen einschließlich der Empfehlung geeigneter Schutzmaßnahmen,
2. die Aufklärung und Beratung der Beschäftigten über die mit der Tätigkeit verbundenen Gesundheitsgefährdungen einschließlich solcher, die sich aus vorhandenen gesundheitlichen Beeinträchtigungen ergeben können,
3. spezielle arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen zur Früherkennung von Gesundheitsstörungen und Berufskrankheiten,
4. arbeitsmedizinisch begründete Empfehlungen zur Überprüfung von Arbeitsplätzen und zur Wiederholung der Gefährdungsbeurteilung,
5. die Fortentwicklung des betrieblichen Gesundheitsschutzes bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen auf der Grundlage gewonnener Erkenntnisse.

Arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen sind:

1. Erstuntersuchungen vor Aufnahme einer gefährdenden Tätigkeit,
2. Nachuntersuchungen in regelmäßigen Abständen während dieser Tätigkeit,
3. Nachuntersuchungen bei Beendigung dieser Tätigkeit,
4. Nachuntersuchungen bei Tätigkeiten mit krebserzeugenden oder erbgutverändernden Stoffen der Kategorien 1 und 2 auch nach Beendigung der Beschäftigung,
5. Untersuchungen aus besonderem Anlass.

Die Vorsorgeuntersuchungen umfassen in der Regel

1. die Begehung oder die Kenntnis des Arbeitsplatzes durch den Arzt,
2. die arbeitsmedizinische Befragung und Untersuchung der Beschäftigten,
3. die Beurteilung des Gesundheitszustands der Beschäftigten unter Berücksichtigung der Arbeitsplatzverhältnisse,
4. die individuelle arbeitsmedizinische Beratung,
5. die Dokumentation der Untersuchungsergebnisse.

Die Kosten für die Untersuchung trägt die TU Braunschweig aus einem zentralen Titel.

Der Arbeitgeber hat arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen zu veranlassen, wenn

1. bei Tätigkeiten mit den nachstehend genannten Gefahrstoffen der Arbeitsplatzgrenzwert nicht eingehalten wird oder
2. bei Tätigkeiten mit den nachstehend genannten Gefahrstoffen, soweit sie hautresorptiv sind, eine Gesundheitsgefährdung durch direkten Hautkontakt besteht:

1. Acrylnitril

2. Alkylquecksilber
3. Alveolengängiger Staub (A-Staub)
4. Aromatische Nitro- und Aminoverbindungen
5. Arsen und Arsenverbindungen
6. Asbest
7. Benzol
8. Beryllium
9. Blei und anorganische Bleiverbindungen
10. Bleitetraethyl und Bleitetramethyl
11. Cadmium und Cadmiumverbindungen
12. Chrom(VI)-verbindungen
13. Dimethylformamid
14. Einatembarer Staub (E-Staub)
15. Fluor und anorganische Fluorverbindungen
16. Glycerintrinitrat und Glycoldinitrat (Nitroglycerin/Nitroglycol)
17. Hartholzstaub
18. Kohlenstoffdisulfid (Schwefelkohlenstoff)
19. Kohlenmonoxid
20. Mehlstaub
21. Methanol
22. Nickel und Nickelverbindungen
23. Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (Pyrolyseprodukte aus organischem Material)
24. weißer Phosphor (Tetraphosphor)
25. Platinverbindungen
26. Quecksilber und anorganische Quecksilberverbindungen
27. Schwefelwasserstoff
28. Silikogener Staub
29. Styrol
30. Tetrachlorethen, Tetrachlorethylen, Perchlorethylen
31. Toluol
32. Trichlorethen, Trichlorethylen
33. Vinylchlorid
34. Xylol, alle Isomeren

Vorsorgeuntersuchungen sind weiterhin bei folgenden Tätigkeiten zu veranlassen:

1. Feuchtarbeit von regelmäßig 4 Stunden oder mehr pro Tag,
2. Schweißen und Trennen von Metallen bei Überschreitung einer Luftkonzentration von 3 Milligramm pro Kubikmeter Schweißrauch,
3. Tätigkeiten mit Belastung durch Isocyanate, bei denen ein regelmäßiger Hautkontakt nicht vermieden werden kann oder eine Luftkonzentration von 0,05 Milligramm pro Kubikmeter überschritten wird,
4. Tätigkeiten mit Belastung durch Labortierstaub in Tierhaltungsräumen und -anlagen,
5. Tätigkeit mit Benutzung von Naturgummilataxhandschuhen mit mehr als 30 Mikrogramm Protein pro Gramm im Handschuhmaterial,
6. Tätigkeiten mit Belastung durch unausgehärtete Epoxidharze und Kontakt über die Haut oder die Atemwege.

Vorsorgeuntersuchungen sind weiterhin bei folgenden Tätigkeiten anzubieten:

1. Tätigkeiten mit folgenden Stoffen oder deren Gemischen: n-Hexan, n-Heptan, 2-Butanon, 2-Hexanon, Methanol, Ethanol, 2-Methoxyethanol, Benzol, Toluol, Xylol, Styrol, Dichlormethan, 1,1,1-Trichlorethan, Trichlorethen, Tetrachlorethen,
2. Tätigkeiten mit krebserzeugenden oder erbgutverändernden Stoffen oder Zubereitungen der Kategorie 1 oder 2,
3. Feuchtarbeit von regelmäßig mehr als 2 Stunden pro Tag,
4. Schweißen und Trennen von Metallen bei Einhaltung einer Luftkonzentration von 3 Milligramm pro Kubikmeter Schweißrauch.

Haben sich Beschäftigte eine Erkrankung zugezogen, die auf Tätigkeiten mit Gefahrstoffen zurückzuführen sein kann, sind ihnen unverzüglich arbeitsmedizinische Untersuchungen anzubieten. Dies gilt

auch für Beschäftigte mit vergleichbaren Tätigkeiten, wenn Anhaltspunkte dafür bestehen, dass sie ebenfalls gefährdet sein können.

Das Biomonitoring ist, soweit anerkannte Verfahren dafür zur Verfügung stehen und Werte zur Beurteilung, insbesondere biologische Grenzwerte, vorhanden sind, Bestandteil der arbeitsmedizinischen Vorsorgeuntersuchungen.

Der Arbeitgeber hat sicherzustellen, dass für die Beschäftigten eine arbeitsmedizinisch-toxikologische Beratung durchgeführt wird, bei der die Beschäftigten über die Angebotsuntersuchungen unterrichtet und auf die besonderen Gesundheitsgefahren hingewiesen werden. Diese Beratung soll im Rahmen der jährlichen Sicherheitsunterweisung durchgeführt werden.

Dem Betriebsarzt, der Vorsorgeuntersuchungen vornimmt, sind alle erforderlichen Auskünfte über die Arbeitsplatzverhältnisse, insbesondere über die Ergebnisse der Gefährdungsbeurteilung, zu erteilen und die Begehung der Arbeitsplätze zu ermöglichen. Ihm ist auf Verlangen Einsicht in das Verzeichnis Gefahrstoffverzeichnis zu gewähren.

## 12 Verhalten im Gefahrfall

**! MENSCHENRETTUNG GEHT VOR SACHRETTUNG !**

Gefährdungen in Laboratorien werden ganz wesentlich dadurch vermieden, dass die Arbeitsplätze in geeigneter Weise gestaltet und ausgerüstet sind. Hierzu zählen die baulichen Maßnahmen, die Gebäudeinfrastruktur, die Laboreinrichtung und die Beschaffenheit der Geräte, Apparate und sonstigen Arbeitsmittel. Ungünstig gestaltete Arbeitsplätze in Laboratorien erhöhen die Unfallgefahr und tragen zum unbeabsichtigten Freiwerden von Gefahrstoffen bei.

Einrichtungen, die der Sicherheit dienen, dürfen nicht unwirksam gemacht werden. Hierzu zählt auch das Abstellen von Gegenständen in aus Sicherheitsgründen freizuhaltenen Bereichen, beispielsweise unter Körpernotduschen oder vor Feuerlöschern.

Für Notfälle, wie z. B. Energieausfall, Brände oder Gasausbrüche, sind Evakuierungs- bzw. Alarmierungsmaßnahmen festzulegen und bekanntzumachen. Die Beschäftigten sind in angemessenen Zeiträumen im Rahmen von Alarmübungen mit den vorgesehenen Maßnahmen vertraut zu machen.

Der Arbeitgeber hat Vorkehrungen zu treffen, die Betriebsstörungen verhindern und bei Betriebsstörungen und bei Unfällen die Gefahren für die Beschäftigten nach dem Stand der Technik begrenzen. Bei Betriebsstörungen, Instandhaltungsarbeiten oder Unfällen, bei denen Beschäftigte außergewöhnlichen, vom normalen Betrieb abweichenden Konzentrationen von Gefahrstoffen am Arbeitsplatz ausgesetzt sein können, hat der Arbeitgeber die Beschäftigten zu unterrichten. Bis der Normalzustand wieder eingetreten ist und solange die Ursachen für die außergewöhnliche Konzentration nicht beseitigt sind, dürfen neben den Rettungskräften nur die Beschäftigten im Gefahrenbereich verbleiben, die Reparaturen und sonstige notwendige Arbeiten zur Gefahrenabwehr ausführen.

Die Beschäftigten haben Mängel an sicherheitstechnischen Einrichtungen und gefahrbringende Zustände in Laboratorien unverzüglich zu beseitigen. Gehört dieses nicht zu ihren Aufgaben oder verfügen sie nicht über die notwendige Sachkunde (z. B. für die Reparatur von elektrischen Geräten), haben sie die Mängel umgehend dem Arbeitgeber zu melden.

### 12.1 Vorsorgemaßnahmen

Jeder Beschäftigte muss vom Arbeitgeber informiert werden über:

1. Flucht- und Rettungswege,
2. Alarmierung von Feuerwehr und Notarzt im Notfall,
3. Verhaltensregeln im Brandfall, Feuerlöscher und Löschdecken, ihre Bedienung und Standorte (Die TU bietet regelmäßige Löschübungen an, deren Teilnahme kostenlos ist. Informieren Sie sich über die nächsten Termine!); beim Umgang mit Alkalimetallen müssen Löschsandschütten oder Feuerlöscher der Brandklassen ABCD am Arbeitsplatz bereitgestellt werden,
4. Notduschen, Augennotduschen bzw. Augenspülflaschen (Bedienung und Standorte),
5. Erste-Hilfe-Einrichtungen (z. B. Erste-Hilfe-Kästen, Sanitärräume) und deren Standorte,
6. Absperrmöglichkeiten für Wasser, Strom und Gase in seinem Arbeitsbereich,
7. den Umgang mit Adsorbentien und deren Aufbewahrungsorte,
8. ggf. den Umgang mit Atemschutzmasken/Atemschutzfiltern und deren Aufbewahrungsorte.

Im Rahmen der ersten Unterweisung vor der Aufnahme von Tätigkeiten im Labor muss der Beschäftigte arbeitsplatzbezogen über die o. g. Rettungseinrichtungen informiert werden.

#### 12.1.1 Flucht- und Rettungswege

In Laboratorien müssen unter Berücksichtigung der örtlichen Gegebenheiten, der verwendeten Stoffe und Arbeitsverfahren Flucht- und Rettungswege und Ausgänge in ausreichender Zahl vorhanden sein. Fluchtwege dürfen nur dann über einen benachbarten Raum führen, wenn dieser Raum auch im Gefahrfall während des Betriebes ein sicheres Verlassen ohne fremde Hilfe ermöglicht. Es ist zu empfehlen, in jedem Laborraum eine zweite Fluchtmöglichkeit einzurichten. Die maximale Fluchtweglänge darf 25 m nicht überschreiten. Flucht- und Rettungswege, Notausgänge und Notausstiege müssen jederzeit freigehalten werden. Notausgangstüren und Notausstiege müssen jederzeit ohne Hilfsmittel zu öffnen sein. Schlüsselkästen usw. sind nicht zulässig.

### 12.1.2 Betriebsstörungen, Unfälle und Notfälle

Um die Gesundheit und die Sicherheit der Beschäftigten bei Betriebsstörungen, Unfällen oder Notfällen zu schützen, hat der Arbeitgeber rechtzeitig die Notfallmaßnahmen festzulegen, die beim Eintreten eines derartigen Ereignisses zu ergreifen sind. Dies schließt die Bereitstellung angemessener Erste-Hilfe-Einrichtungen und die Durchführung von Sicherheitsübungen in regelmäßigen Abständen ein. Tritt eine Betriebsstörung, ein Unfall oder ein Notfall auf, so muss der Arbeitgeber unverzüglich die festgelegten Notfallmaßnahmen ergreifen, um

1. betroffene Beschäftigte über die durch das Ereignis hervorgerufene Gefahrensituation im Betrieb zu informieren,
2. die Auswirkungen des Ereignisses zu mindern und
3. wieder einen normalen Betriebsablauf herbeizuführen.

Der Arbeitgeber hat Warn- und sonstige Kommunikationssysteme, die eine erhöhte Gefährdung der Gesundheit und Sicherheit anzeigen, zur Verfügung zu stellen, so dass eine angemessene Reaktion möglich ist und unverzüglich Abhilfemaßnahmen sowie Hilfs-, Evakuierungs- und Rettungsmaßnahmen eingeleitet werden können.

Der Arbeitgeber hat sicherzustellen, dass Informationen über Maßnahmen bei Notfällen mit Gefahrstoffen zur Verfügung stehen. Die zuständigen innerbetrieblichen und betriebsfremden Unfall- und Notfalldienste müssen Zugang zu diesen Informationen erhalten. Zu diesen Informationen zählen:

1. eine Vorabmitteilung über einschlägige Gefahren bei der Arbeit, über Maßnahmen zur Feststellung von Gefahren sowie über Vorsichtsmaßregeln und Verfahren, damit die Notfalldienste ihre eigenen Abhilfe- und Sicherheitsmaßnahmen vorbereiten können (Hierbei handelt es sich um Feuerwehrlände, die die Stabsstelle für Arbeitssicherheit und Gesundheitsvorsorge der Berufsfeuerwehr Braunschweig zu Verfügung stellt).
2. alle verfügbaren Informationen über spezifische Gefahren, die bei einem Unfall oder Notfall auftreten oder auftreten können, einschließlich der notwendigen Informationen über die Verfahren.

Für Betriebszustände in Laboratorien und vergleichbaren Arbeitsbereichen, die vom Normalbetrieb abweichen und bei denen Beschäftigte erhöhten Konzentrationen von Gefahrstoffen ausgesetzt sein können oder andere gefährliche Betriebszustände auftreten, sind Maßnahmen festgelegt, nach denen die Beschäftigten für sich selbst oder andere Personen die notwendigen Schritte zur Schadensbegrenzung und Gefahrenabwehr durchführen müssen. Hierunter fallen z. B.

1. Störungen im Lüftungssystem, bei denen der Ausfall der Lüftung zu einem gefährdrohenden Zustand führt,
2. Auslaufen, Verschütten oder Austreten von Gefahrstoffen in gefährlichen Mengen
3. Gefahr von Explosionen oder Verpuffungen bei durchgehenden chemischen Reaktionen oder bei verstopften Dewarbehältern mit flüssigem Stickstoff

In derartigen Fällen sind je nach Gefährdungsgrad folgende Maßnahmen zu ergreifen:

1. Einstellung der Arbeiten und Absicherung laufender Versuche,
2. Eingrenzungen von Kontaminationen auf die betreffenden Arbeitsräume bzw. Arbeitsplätze z. B. durch das Schließen von Fenstern und Türen,
3. Räumung des betroffenen Arbeitsbereiches; bei größeren Havarien auch Räumung des gesamten Gebäudes und Alarmierung der Berufsfeuerwehr Braunschweig
4. Information des Arbeitgebers,
5. Bekanntgabe und Aushang von Zutrittsverboten durch den Arbeitgeber oder einen Vertreter,
6. Betreten der Gefahrenbereiche nur durch ausdrücklich vom Arbeitgeber beauftragte Personen,
7. Wiederherstellung des Ausgangszustandes nur durch fachkundiges und besonders eingewiesenes Personal (z. B. bei der Instandsetzung oder Reinigung),
8. Durchführung aller Arbeiten im gefährdeten Bereich nur mit geeigneter und ausreichender persönlicher Schutzausrüstung,
9. Feststellung der Kontaminationsfreiheit nach Reinigung und vor Wiederinbetriebnahme der betroffenen Arbeitsräume bzw. Arbeitsplätze.

Maßnahmen zur Beseitigung eines gefährlichen Zustandes dürfen nur unter Selbstschutz und mit geeigneten Schutzmaßnahmen erfolgen. Dies gilt auch für die Beseitigung von verschütteten Stoffen. Die dafür erforderlichen persönlichen Schutzausrüstungen sind gut erreichbar an einem Ort aufzubewahren,

wo diese jederzeit ohne Gefährdung zugänglich sind, zum Beispiel auf dem Flur vor dem Labor. Der Arbeitgeber hat den Beschäftigten, die im Gefahrenbereich tätig werden, vor Aufnahme ihrer Tätigkeit geeignete Schutzkleidung und persönliche Schutzausrüstung (z. B. Atemschutzmaske mit geeigneten Filtern) sowie gegebenenfalls erforderliche spezielle Sicherheitseinrichtungen und besondere Arbeitsmittel zur Verfügung zu stellen. Im Gefahrenbereich müssen die Beschäftigten die Schutzkleidung und die persönliche Schutzausrüstung für die Dauer des nicht bestimmungsgemäßen Betriebsablaufs verwenden. Die Verwendung belastender persönlicher Schutzausrüstung muss für die einzelnen Beschäftigten zeitlich begrenzt sein. Ungeschützte und unbefugte Personen dürfen sich nicht im festzulegenden Gefahrenbereich aufhalten. Die Exposition darf nicht von unbegrenzter Dauer sein und ist für jeden Beschäftigten auf das unbedingt erforderliche Mindestmaß zu beschränken.

### **12.1.3 Unbeabsichtigte Stofffreisetzungen und Havarien**

Treten Stoffe unerwartet und in möglicherweise gefährlicher Konzentration oder Menge aus, müssen sofort alle Personen den Raum verlassen. Es ist sofort alle Personen im weiteren gefährdeten Bereich über die Gefahrenlage zu informieren und ebenfalls sofort zu räumen. Der weitere gefährdete Bereich sind z. B. die Arbeitsräume auf dem gleiche Flur und bei hohen Gefährdungen auch das gesamte Gebäude.

### **12.1.4 Durchgehende Reaktionen**

Zeigen sich im Verlauf einer chemischen Umsetzung oder einer Destillation Anzeichen für eine beginnende Zersetzung (z. B. durch sich plötzlich verstärkende Gasentwicklung oder Erhitzung, gegebenenfalls Aufsieden, gelegentlich auch durch andere Farbnuancen oder Niederschläge), ist der gefährdete Bereich zu räumen und die betroffene Umgebung zu warnen. Die Beheizung und die in der Nähe befindlichen Zündquellen sind von ungefährdeter Stelle aus abzuschalten. Dabei sollen, soweit dies möglich ist, die einzelnen Teile von Versuchsanlagen so an die Stromversorgung angeschlossen sein, dass für die Kontrolle des Versuches wichtige Teile wie die Kühlung oder der Rührer nicht mit abgeschaltet werden müssen.

### **12.1.5 Freiwerden brennbarer Flüssigkeiten oder Gase**

Beim Verschütten entzündbarer Flüssigkeiten sind sofort alle Zündquellen durch Betätigen der NOT-AUS-Schalter abzuschalten.

Beim Freiwerden größerer Mengen brennbarer Gase sind sofort alle offenen Flammen und sonstigen Zündquellen durch Betätigen der NOT-AUS-Schalter auszuschalten. Undichte Gasleitungen sind durch Schließen der Ventile mittels NOT-AUS-Schalter oder über sonstige Hähne auf Fluren, ggf. durch Absperren des Hausanschlusses, abzusperren. Gasbrände erlöschen nach dem Absperren der Gasleitungen innerhalb kurzer Zeit von selbst. Löscht man dagegen eine brennende Gasflamme, so strömt weiterhin Gas aus und bildet rasch ein explosionsfähige Atmosphäre.

### **12.1.6 Freiwerden von flüssigen oder festen Gefahrstoffen**

Freigewordene Gefahrstoffe sind unter Einhaltung notwendiger Eigenschutzmaßnahmen (z. B. Tragen einer geeigneten Atemschutzmaske mit Filter) durch Bestreuen mit geeigneten Adsorbentien zu binden. Diese Chemikalienbinder sind in der notwendigen Menge und Art im Institut bereitzuhalten. Hierbei ist zu beachten, dass für oxidierende Stoffe (zum Beispiel Salpetersäure, Brom) spezielle Chemikalienbinder bereitgehalten werden, die nicht mit diesen Stoffen reagieren können. Für bestimmte Stoffe, wie Quecksilber, gibt es im Handel sehr wirksame Bindemittel.

### **12.1.7 Unter Überdruck stehende Behälter**

Behälter, in denen sich ein Überdruck aufgebaut hat, der den normalen Betriebszustand überschreitet, können explodieren. Durch die Explosion besteht die Gefahr der Verletzung von Personen durch herumfliegende Behälterteile und die im Behälter aufbewahrten Stoffe, z. B. Gefahrstoffe oder auch verflüssigte tiefkalte oder heiße Gase, durch Flüssigkeiten und durch Feststoffe. Maßnahmen zur Gefahrenabwehr können nur situationsbedingt entschieden werden. Bei allen Maßnahmen muss eine Gefährdung der handelnden Personen ausgeschlossen werden. In der Regel ist die Berufsfeuerwehr Braunschweig zu alarmieren.

### **12.1.8 Stromunfälle**

Bei Stromunfällen ist sofort die Stromversorgung zu unterbrechen, z. B. durch Betätigen des NOT-AUS-Schalters, FI-Schutzschaltern oder Sicherungen. Keinesfalls dürfen Personen, die unter Strom stehen, angefasst werden. Ggf. können diese Personen mit Hilfe von isolierenden Gegenständen von der Stromquelle getrennt werden.

### **12.1.9 Tätigkeiten fremder Personen im Labor, Zusammenarbeit verschiedener Firmen**

Sollen in einem Labor von Fremdfirmen (dazu zählen auch Beschäftigte des Geschäftsbereichs 3) Tätigkeiten mit Gefahrstoffen oder Tätigkeiten in einem Bereich ausüben, in denen mit Gefahrstoffen umgegangen sind, hat der Auftraggeber der Tätigkeiten sicherzustellen, dass nur solche Fremdfirmen herangezogen werden, die über die Fachkenntnisse und Erfahrungen verfügen, die für diese Tätigkeiten erforderlich sind. Der Auftraggeber hat gemeinsam mit dem für das Labor zuständigen Arbeitgeber die Fremdfirmen über Gefahrenquellen und spezifische Verhaltensregeln zu informieren. Tätigkeiten von Betriebsfremden sind in Laboratorien nur zulässig, wenn entweder vor Aufnahme der Beschäftigung die von einem Laboratorium ausgehenden Gefahren beseitigt oder geeignete Schutzmaßnahmen und Verhaltensweisen festgelegt und die Betriebsfremden eingewiesen wurden.

Der Arbeitgeber der im Labor beschäftigten Personen hat dafür zu sorgen, dass Arbeiten an Sicherheitseinrichtungen und ihren Versorgungs- und Entsorgungsleitungen nur nach vorheriger Absprache mit den Beschäftigten erfolgen und für die Dauer der Arbeiten entsprechende Hinweise an den Sicherheitseinrichtungen angebracht werden. Der Arbeitgeber informiert die Beschäftigten über die mit den Arbeiten verbundenen Beschränkungen. Aufgrund der auszuführenden Arbeiten kann es notwendig sein, dass die Labortätigkeiten für die Dauer dieser Arbeiten zu unterbrechen sind. Es wird empfohlen, die Freigabe für die Durchführung von Reparaturarbeiten und sonstigen Tätigkeiten erst schriftlich nach Gegenzeichnung aller Beteiligten zu erteilen.

Bei Tätigkeiten mehrerer Fremdfirmen müssen alle betroffenen Arbeitgeber bei der Durchführung ihrer Gefährdungsbeurteilungen zusammenzuwirken und die Schutzmaßnahmen abzustimmen. Dies ist zu dokumentieren. Die Arbeitgeber haben dabei sicherzustellen, dass Gefährdungen der Beschäftigten aller beteiligten Fremdfirmen und der eigenen Beschäftigten durch die Arbeiten wirksam begegnet wird. Jeder Arbeitgeber der Fremdfirmen ist dafür verantwortlich, dass seine Beschäftigten die gemeinsam festgelegten Schutzmaßnahmen anwenden.

Besteht bei Tätigkeiten von Beschäftigten einer Fremdfirma eine erhöhte Gefährdung von anderen Beschäftigten, ist vom Auftraggeber ein Koordinator zu bestellen. Wurde ein Koordinator nach den Bestimmungen der Baustellenverordnung bestellt, gilt diese Pflicht als erfüllt. Dem Koordinator sind von den beteiligten Arbeitgebern alle erforderlichen sicherheitsrelevanten Informationen sowie Informationen zu den festgelegten Schutzmaßnahmen zur Verfügung zu stellen. Die Bestellung eines Koordinators entbindet die Arbeitgeber nicht von ihrer Verantwortung nach dieser Verordnung.

Vor dem Beginn von Abbruch-, Sanierungs- und Instandhaltungsarbeiten oder Bauarbeiten muss der Auftraggeber für die Gefährdungsbeurteilung Informationen darüber einholen, ob entsprechend der Nutzungs- oder Baugeschichte des Objekts Gefahrstoffe, insbesondere Asbest, vorhanden oder zu erwarten sind. Weiter reichende Informations-, Schutz- und Überwachungspflichten, die sich für den Auftraggeber oder Bauherrn nach anderen Rechtsvorschriften ergeben, bleiben unberührt.

## 12.2 Verhalten bei Bränden

**! MENSCHENRETTUNG GEHT VOR SACHRETTUNG !**

Es ist die Brandschutzordnung der TU zu beachten. Die TU bietet regelmäßige Löschübungen an, die Teilnahme ist kostenlos. Informieren Sie sich über die nächsten Termine!

Brennende Personen mit dem am schnellsten zur Verfügung stehenden Mittel ablöschen, also z. B. unter der Notdusche, mit der Löschdecke (ggf. auch Kittel, Tücher usw.) oder mit einem Feuerlöscher.

Brände sofort bekämpfen, sofern dies gefahrlos möglich ist. Schlägt ein erster Löschversuch fehl, müssen alle Personen sofort den Raum verlassen, die Tür schließen, die Feuerwehr alarmieren:

Notruf 0-112 oder Handy 112 oder Feuermelder!

Legen Sie den Telefonhörer erst auf, wenn Sie von der Feuerwehr dazu aufgefordert werden!

Auf die Feuerwehr warten! Die Feuerwehr ist durch orts- und sachkundige Personen einzuweisen! Verrauchte Räume dürfen nur von der Feuerwehr betreten werden! Alle nicht für Löscharbeiten oder Rettungsmaßnahmen erforderlichen Personen benachrichtigen und das Gebäude evakuieren lassen! Dazu, soweit vorhanden, die Druckknopfmelder der Brandmeldeanlage betätigen, wodurch automatisch auch die Berufsfeuerwehr Braunschweig alarmiert wird.

Alle Personen müssen sich auf dem Sammelplatz versammeln, auf dem keine Gefahr für die Personen besteht! Der Sammelplatz ist institutsintern festzulegen. Er befindet sich ..... (vom Institut einzutragen).

### 12.3 Erste-Hilfe-Maßnahmen

Die NOTRUF-Nummern können von allen Telefonen an der TU benutzt werden!

Feuerwehr/Notarzt	0-112
Polizei	0-110
Rettungsleitstelle	0-19222

Legen Sie den Telefonhörer erst auf, wenn Sie vom Rettungsdienst dazu aufgefordert werden!

Lassen Sie Verletzte niemals allein und lassen Sie Verletzte auch nicht allein zum Arzt gehen! Bitte begleiten Sie Verletzte solange, bis sie ausreichend medizinisch betreut werden.

#### 12.3.1 Allgemeines

Jede Universitätseinrichtung muss für den Notfall eine schnelle Erste Hilfe für Verletzte gewährleisten. Erste-Hilfe-Maßnahmen müssen auf die in Laboratorien möglichen Verletzungen und Gesundheitsschädigungen ausgerichtet sein. Soweit mit besonders gefährlichen Chemikalien umgegangen wird, sind dem Rettungsdienst Informationen über Notfallmaßnahmen in Bezug auf die Gefahrstoffe im Labor zur Verfügung zu stellen. Zur Vorbereitung der Maßnahmen sind dem Rettungsdienst geeignete Vorabinformationen zu übermitteln. Es muss sichergestellt werden, dass die gesamte Rettungskette funktioniert. Neben dem Vorliegen der erforderlichen Informationen vor Ort muss über eine wirksame Erste Hilfe hinaus auch eine schnelle und richtige Versorgung im Krankenhaus erreicht werden. Hierzu kann es erforderlich sein, dass nicht nur die vorliegenden Informationen (auch zur Behandlung) mitgegeben werden, sondern auch Antidots. Ebenso sollte mit dem oder den für die Behandlung in Frage kommenden Krankenhäusern vor Aufnahme entsprechender Arbeiten das Vorgehen abgestimmt sein, so dass auch dort die notwendigen Informationen über die einschlägigen Gefahren bei der Arbeit, über Maßnahmen zur Feststellung von Gefahren und über Vorsichtsmaßnahmen vorliegen. Durch verzögerte oder gar falsche Versorgung besteht akute Gefahr für Leib und Leben des Unfallopfers.

Der Arbeitgeber hat die von den Landesunfallkasse anerkannten Anleitungen zur Ersten Hilfe entsprechend den jeweiligen Gefährdungen an geeigneten Stellen auszuhängen. Die Aushänge müssen mindestens Angaben über Notruf, Einrichtungen sowie Personal der Ersten Hilfe, Arzt und Krankenhaus enthalten. Die Eintragungen sind auf dem neuesten Stand zu halten.

Angemessene Erste-Hilfe-Einrichtungen müssen bereitgestellt werden. Der Arbeitgeber hat dafür zu sorgen, dass ausreichend Verbandmaterial, erforderliche Ausrüstung und bei Tätigkeiten mit sehr giftigen und giftigen Stoffen Gegenmittel gegen mögliche Vergiftungen in Verbandkästen oder Verbandsschränken bereitgehalten werden, soweit diese Mittel für Erste-Hilfe-Maßnahmen ohne ärztliche Mitwirkung verwendet werden dürfen. Mittel, die nur für die ärztliche Versorgung bereitgehalten werden, sind gesondert unter Verschluss aufzubewahren. Die Aus- und Fortbildung der Ersthelfer ist gemäß den betrieblichen Gefährdungen zu ergänzen.

Bei Tätigkeiten mit gefährlichen chemischen Stoffen, wie beispielsweise Flusssäure, sind in Absprache mit dem Betriebsarzt Antidots oder Mittel zur Begrenzung der Auswirkungen bereitzuhalten.

Jede Universitätseinrichtung muss für den Notfall eine schnelle Erste Hilfe für Verletzte gewährleisten. Hierzu sind erforderlich:

1. ausgebildete Ersthelfer (mindestens 10 % der anwesenden Beschäftigten, Ersthelfer sollten nach einem Grundkurs alle zwei Jahre an einem Auffrischkurs teilnehmen, Kurstermine erfahren Sie bei der Stabsstelle für Arbeitssicherheit und Gesundheitsvorsorge,
2. Erste-Hilfe-Kästen,
3. Notfallblätter, die Angaben zum Notruf und über Ärzte und Krankenhäuser enthalten.

Jeder Beschäftigte muss wissen, wo sich der nächste Erste-Hilfe-Kasten befindet. Jeder Beschäftigte sollte die Grundlagen der Ersten Hilfe beherrschen, in jedem Institut muss mindestens ein ausgebildeter Ersthelfer vorhanden sein. Informieren Sie sich, wer der Ersthelfer ist. Alle Unfälle müssen unverzüglich dem Arbeitgeber und im Geschäftszimmer des Institutes gemeldet werden! Kleinere Verletzungen, für die keine ärztliche Hilfe in Anspruch genommen wurde, müssen im Verbandbuch eingetragen werden, das sich in den Erste-Hilfe-Kästen befindet. Das Eintragen sichert eventuelle Entschädigungsansprüche.

Es hat sich bewährt, die zusätzliche Fortbildung der Ersthelfer abgestimmt auf die speziellen Laborerfordernisse durchführen zu lassen. Mögliche Verletzungen sind beispielsweise Augenverätzungen, Hautverätzungen, Schnittverletzungen, Verbrennungen und Verbrühungen.

Bei wiederkehrenden Gesundheitsstörungen und Erkrankungen sowie beim Auftreten von Hautkrankheiten sind der Arbeitgeber und der Betriebsarzt zu informieren, wenn Verdacht besteht, dass diese durch Einwirkung von Gefahrstoffen am Arbeitsplatz verursacht sein könnten.

### 12.3.2 Grundsätze der Ersten Hilfe

Die Grundsätze für die Erste Hilfe sind:

1. Ruhe bewahren.
2. Betroffenen aus der Gefahrenzone herausholen. Dabei auf eigene Sicherheit achten.
3. Verletzte niemals allein lassen!
4. Wegen Schockgefahr Verletzten niemals allein zum Arzt oder zur Klinik gehen bzw. fahren lassen.
5. Verletzten richtig lagern und beruhigen und damit zusätzliche Schäden verhindern.
6. Über Notruf Rettungsdienst alarmieren: Telefon 0-112 oder 0-19222.
7. Ständig Atmung und Kreislauf überwachen.
8. Bei Bewusstsein ggf. Schocklage erstellen; Beine nur leicht (max. 10 cm) über Herzhöhe mit entlasteten Gelenken lagern.
9. Bei Bewusstlosigkeit und vorhandener Atmung Person in die stabile Seitenlage bringen.
10. Bei Atemstillstand besteht in aller Regel auch Herzstillstand. Deshalb sofort mit der Herz-Lungen-Wiederbelebung beginnen. Bei einsetzender Atmung Person in die stabile Seitenlage bringen.
11. Bei Herzstillstand sofort mit der Herz-Lungen-Wiederbelebung beginnen.

Der Verletzte ist unverzüglich dem Arzt vorzustellen (ggf. Notruf!), auch wenn nur der Verdacht auf Einwirkung gesundheitsgefährdender Stoffe besteht. Der Arzt ist über die Art der Einwirkung der Stoffe zu unterrichten, insbesondere durch sachkundige Begleitpersonen und Begleitzettel.

### 12.3.3 Körperkontakt mit Gefahrstoffen

Mit Gefahrstoffen in Berührung gekommene Körperstellen sind sofort gründlich mit Wasser und gegebenenfalls Seife abzuwaschen, keinesfalls dürfen hierfür Lösemittel oder andere Gefahrstoffe verwendet werden. Mit Gefahrstoffen verunreinigte Kleidungsstücke, auch Unterkleidung, Strümpfe, Schuhe sind sofort auszuziehen. Verunreinigte Kleidungsstücke sind so zu behandeln, dass keine weiteren Personen gefährdet werden.

Bei großflächigem Hautkontakt ist die sofortige und gründliche Benutzung einer Notdusche sinnvoll. Für das Entfernen von wasserunlöslichen, viskosen und fettartigen Gefahrstoffen von der Haut kann der Einsatz von Polyethylenglykol (zum Beispiel Lutrol®) als Waschlösung sinnvoll sein.

Bei Kontamination oder Inkorporation gesundheitsgefährlicher Stoffe oder Verdacht darauf sind die Betroffenen unverzüglich einem Arzt vorzustellen. Am besten ist der Notarzt über Telefon 0-112 zu alarmieren. Der Arbeitgeber ist in allen Fällen unverzüglich zu benachrichtigen.

Der Arzt ist über die Art der Einwirkung des Stoffes zu unterrichten, beispielsweise durch telefonische Auskunft, Begleitzettel oder sachkundige Begleitpersonen. Es kann zweckmäßig sein, den Betroffenen liegend zu transportieren. Nach Einatmen beispielsweise von Ammoniak, Chlor, nitrosen Gasen oder Phosgen ist liegender Transport auch bei scheinbar gefähigsten Personen wegen möglicher späterer Folgen erforderlich.

### 12.3.4 Reizungen und Verätzungen der Haut

Reizungen und Verätzungen der Haut treten relativ häufig auf. Verätzungen durch Laugen sind oft schwerwiegender als Verätzungen durch Säuren. Besonders gefährliche Säuren sind Flusssäure und Ameisensäure.

Benetzte Hautstellen sofort mit viel Wasser und anschließend mit Wasser und Seife abwaschen. Geeignete Reinigungsmittel sind oft auf dem Etikett des Chemikaliengebindes angegeben. Neutralisationsversuche sind verboten! Anschließend Wunde keimfrei bedecken und ggf. ärztlichen Rat einholen oder Notarzt alarmieren. Beschmutzte oder getränkte Kleidung sofort ausziehen! Verunreinigte Kleidungsstücke so aufbewahren und behandeln, dass keine weiteren Personen gefährdet werden.

### 12.3.5 Reizungen und Verätzungen der Augen

Auge sofort mit Wasser spülen. Augennotduschen, Wasserhahn oder Augenspülflaschen benutzen! Augen grundsätzlich von der Nase nach außen hin bei gespreizten Augenlidern spülen. Spült man von außen zur Nasenwurzel hin, können Schadstoffe auch in das andere, ggf. nicht verletzte Auge gelangen. Das Spülen muss mindestens 10 Minuten lang erfolgen. Die sofortige Spülung der Augen mit ausreichenden Mengen von Wasser kann später durch keine ärztliche Maßnahme nachgeholt werden. Anschließend Patienten zum Augenarzt bringen oder Notarzt rufen!

### 12.3.6 Vergiftungen

Vergiftungen werden durch folgende Einwirkungen verursacht:

1. Einatmen giftiger Gase, Dämpf, Stäube und Aerosole,
2. Hautkontakt mit giftigen Feststoffen und Flüssigkeiten, aber auch durch Aufnahme giftiger Gase durch die Haut,
3. Verschlucken von Giften, z. B.
  - bei verbotenen Pipettieren mit dem Mund,
  - beim Essen, wenn das Nahrungsmittel mit verschmutzten Händen angefasst wird..

Die Atemwege sind bei Einwirkung von Gasen, Dämpfen, Stäuben oder auch Aerosolen reizender und ätzender Stoffe stark gefährdet. Neben anderen Beeinträchtigungen besteht die Gefahr eines lebensgefährlichen Lungenödems (Flüssigkeitsansammlung in der Lunge). Bei anfänglich scheinbarer Beschwerdefreiheit tritt die Erkrankung unter Umständen erst nach Stunden auf (z. B. bei Phosgen, nitrosen Gasen). Aus diesen Gründen muss nach der Inhalation unbedingt ärztliche Hilfe in Anspruch genommen werden.

Beim Umgang mit giftigen und sehr giftigen Stoffen können Gegenmittel gegen mögliche Vergiftungen in Verbandkästen oder Verbandschränken bereitgehalten werden, soweit diese Mittel für Erste-Hilfe-Maßnahmen ohne ärztliche Mitwirkung verwendet werden dürfen. Mittel, die nur für die ärztliche Versorgung bereitgehalten werden, sind gesondert unter Verschluss aufzubewahren. Maßnahmen: nach Verschlucken:

Brechreiz auslösen durch Trinken von lauwarmer Kochsalzlösung (3-4 Teelöffel auf 1 Glas Wasser) oder Berühren der Rachenhinterwand (Finger in den Mund!). Erbrochenes sammeln und für den Arzt mitnehmen. Aber: ein Erbrechen darf nicht ausgelöst werden, wenn der Verletzte bewusstlos ist oder eine Vergiftung durch Säuren oder Laugen verursacht wurde. Keine Neutralisierungsversuche durchführen!

1. Nach Verschlucken: Bei Verätzungen der Speiseröhre oder des Magens reichlich Wasser in kleinen Schlucken trinken lassen bzw. bei Verätzungen des Mundes den Mund reichlich mit Wasser ausspülen und anschließend das Wasser ausspucken lassen, nicht verschlucken!
2. Nach Einatmen: Verletzten an die frische Luft bringen.
3. Nach Hautkontakt: Benetzte Stelle gründlich reinigen. Verunreinigte Kleidung, ggf. auch Unterwäsche, schnellstens ausziehen.

Bewusstlose Personen in die stabile Seitenlage bringen. Bei Atemstillstand und/oder Herzstillstand Herz-Lungen-Wiederbelebung durchführen.

Bei allen Vergiftungen, auch bei scheinbarem Wohlbefinden, den Patienten sofort nach den Erste-Hilfe-Maßnahmen in ärztliche Obhut geben. Rettungsdienst über Notruf 0-112 oder 0-19222 alarmieren. Die Klinik muss sofort über den Notfall unter Angabe der Vergiftungsart informiert werden.

Stoffe, die eine Vergiftung ausgelöst haben (könnten), dem Rettungsdienst nennen. Wenn möglich dem Rettungsdienst das Chemikaliengebinde, zumindest das Etikett, sowie Erbrochenes mitgeben.

### 12.3.7 Verbrennungen und Verbrühungen

1. Brennende Person aufhalten und Brand mit Notdusche, Löschdecke (ggf. auch Laborkittel, Handtücher) oder einem Feuerlöscher ablöschen.
2. Bekleidung, die mit heißen Stoffen getränkt ist, sofort entfernen oder mit der Notdusche kühlen!
3. Vorsicht: Heiße oder brennende Stoffe, die unmittelbar auf die Haut gelangt sind, nicht manuell entfernen.
4. Betroffene Gliedmaßen sofort in kaltes Wasser eintauchen oder unter fließendes kaltes Wasser halten, bis Schmerzlinderung eintritt. Keine Anwendung von Mehl, Puder, Salben o. ä.!
5. Brandwunden keimfrei bedecken und ggf. ärztlichen Rat einholen.

### 12.3.8 Schnittwunden

Die häufigsten Verletzungen im Labor sind Schnittwunden an den Händen, die in der Regel durch zerbrechende Glasgeräte und scharfe Kanten an angebrochenen Glasgeräten verursacht werden. Maßnahmen:

Bei allen Maßnahmen selbst Einmalhandschuhe zum Schutz vor Infektionen tragen!

Jede Wunde keimfrei verbinden.

Blutungen stillen! Fast alle Blutungen können mit einem Pflaster, Verband oder Druckverband gestillt werden. Bei starkem Blutverlust oder Wunden, deren Blutung nicht gestillt werden kann, Notarzt rufen.

Bei Verdacht der Verletzung von Sehnen oder Nerven ärztliche Versorgung veranlassen.

### 12.3.9 Prellungen, Verstauchungen, Verdacht auf Knochenbrüche

Die meisten Ursachen für Unfälle dieser Art sind heftiges Anstoßen, Umknicken und Ausrutschen auf Treppen und feuchten Böden, oft verursacht durch ungeeignetes Schuhwerk. Maßnahmen:

1. Betroffenen Körperteil ruhig stellen.
2. Bei Verdacht auf Prellungen und Verstauchungen sollte gekühlt werden.
3. Bei Verdacht auf einen Knochenbruch den Verletzten zum Unfallarzt bringen bzw. Notarzt rufen.
4. Bei Verdacht auf Wirbelsäulenverletzungen Lage des Verletzten nicht verändern. Lage des Verletzten durch Decken und feste Gegenstände fixieren. Notarzt rufen.

### 12.3.10 Unfälle durch elektrischen Strom

Maßnahmen:

1. sofort Strom unterbrechen durch Ausschalten, Stecker ziehen, Sicherung herausnehmen oder NOT-AUS betätigen.
2. Ist das nicht sofort möglich, Verunglückten durch nicht leitenden Gegenstand, z. B. Holzhammer, Besenstiel, von den unter Spannung stehenden Teilen trennen.
3. Anschließend Atmung und Puls kontrollieren, ggf. Beatmung, Herz-Lungen-Wiederbelebung oder stabile Seitenlage bei Bewusstlosigkeit.
4. Immer mit dem Verletzten zum Arzt gehen oder Notarzt alarmieren. Stromschläge können noch nach 24 Stunden zu lebensgefährlichen Zuständen führen!

### 13 Besondere Vorschriften für Praktika

Der Arbeitgeber muss vor Beginn jeder neuen Lehrveranstaltung die Unterweisung der Studierenden in Gegenwart der Praktikumsassistenten selbst vornehmen. Wird diese Pflicht an Assistenten übertragen, so muss dieses schriftlich erfolgen. Die Delegation der Unterweisung an eine kompetente Person enthebt den Arbeitgeber im Übrigen nicht von seiner Verantwortung für die Einhaltung der Gefahrstoffverordnung. Der Arbeitgeber muss sich in seinen Praktika regelmäßig von deren sicherheitsgerechtem Verlauf überzeugen. Es wird empfohlen, Gegenstände der Unterweisung in praktikumsbezogenen Prüfungen abzufragen, um die Bedeutung der Arbeitssicherheit für Studium und Beruf hervorzuheben.

Im Verlauf der Unterweisung müssen den Studierenden im Praktikum im Praktikumsaal die Fluchtwege und alle wichtigen Rettungsgeräte wie z. B. Notduschen, Löschdecken, Feuerlöscher, Augennotduschen, Adsorbentien gezeigt werden. Studierende, die an der Unterweisung nicht teilgenommen haben, dürfen nicht am Praktikum teilnehmen.

Studienanfänger in den Fächern Chemie, Pharmazie und Biologie müssen zu Beginn ihrer praktischen Labortätigkeiten sowie bei besonders gefahrenträchtigen Versuchen über die formale Unterweisung nach der Gefahrstoffverordnung hinaus auch praktisch in das sichere Arbeiten in chemischen Laboratorien eingeführt werden. Dieses kann sowohl im Rahmen eines Vorkurses zum Praktikum als auch schwerpunktmäßig zu Beginn des Praktikums erfolgen.

Im weiteren Verlauf des Studiums müssen die Studierenden vor Beginn jeder neuen Lehrveranstaltung, soweit sie in dieser mit Gefahrstoffen umgehen, unterwiesen werden. Hierbei können bereits vermittelte Grundkenntnisse als bekannt vorausgesetzt werden. Studienanfänger sollten grundsätzlich von den Verantwortlichen alle notwendigen Informationen an Hand einer Betriebsanweisung im Rahmen einer Unterweisung erhalten.

Das Erlernen des sicheren Umgangs mit Gefahrstoffen durch die Studierenden ist ein Ausbildungsziel. Die Studierenden müssen entsprechend ihres Ausbildungsstandes im Laufe des Studiums an eigenständige Entscheidungen über Schutzmaßnahmen herangeführt werden.

Für jedes Praktikum ist eine Praktikums-Betriebsanweisung zu erstellen. Sie ist auf Grundlage dieser allgemeinen Betriebsanweisung für Laboratorien zu erstellen. Sie soll nur die für das entsprechende Praktikum notwendigen Punkte dieser Betriebsanweisung enthalten. Sie muss zusätzlich enthalten:

1. eine Liste aller im Praktikum benutzten und herzustellenden Gefahrstoffe einschließlich ihrer H- und P-Sätze (ausgenommen analytische Praktika, da dieses dem Praktikumsziel entgegensteht),
2. eine Bedienungsanleitung für alle zu benutzenden Geräte, soweit keine mündliche Unterweisung an diesen Geräten erfolgt,
3. genaue experimentelle Vorschriften und Arbeitsanweisungen, sofern nicht detaillierte Literaturangaben vorliegen.

Studierende müssen während experimenteller Arbeiten ständig von mindestens einem Praktikumsassistenten beaufsichtigt werden. Praktikumsassistenten müssen „fachkundig“ sein und eine abgeschlossene Ausbildung einer chemischen oder einer verwandten Fachrichtung besitzen (siehe Kapitel 2.3). Praktikumsassistenten müssen außerdem genügend Erfahrung und Zuverlässigkeit besitzen, um ein gefahrloses Arbeiten der Studierenden gewährleisten zu können.

Beaufsichtigen im Sinne dieser Betriebsanweisung heißt, dass sich der Praktikumsassistent im Praktikumsraum oder in einem Raum befindet, der unmittelbar an den Praktikumsraum angrenzt, um bei Unfällen sofort Hilfe leisten zu können. Von der Anwesenheitspflicht darf nur kurzzeitig z. B. für den Gang zu Toilette abgewichen werden. Bei zu erwartender längerer Abwesenheit muss der Praktikumsassistent durch eine Person vertreten werden, die mit ihrer Ausbildung ebenfalls die Voraussetzungen eines Praktikumsassistenten erfüllt.

Studentinnen, die schwanger sind, sollen ihre Schwangerschaft unverzüglich dem Praktikumsleiter (Arbeitgeber, in der Regel der zuständige Hochschullehrer) oder bei dessen Abwesenheit dem Praktikumsassistenten oder im Sekretariat des Institutes mitteilen. Es gelten die Beschäftigungsbeschränkungen für werdende Mütter. Alle Praktikumsversuche und Prüfungen, die die Schwangere im Verlauf des Praktikums bereits absolviert hat, sollen bei einer Fortsetzung des Praktikums in einem späteren Semester anerkannt werden, sie brauchen nicht wiederholt zu werden. Es ist die Aufgabe des Arbeitgebers

(Praktikumsleiters), dafür zu sorgen, dass die Schwangere auf eigenen Wunsch das Praktikum beenden kann, wobei gegen die Beschäftigungsbeschränkungen nicht verstoßen werden darf. Die fehlenden Versuche müssen so gestaltet werden, dass eine Gefährdung der Schwangeren und des ungeborenen Kindes nicht erfolgen kann. Dazu ist ggf. die Fortsetzung des Praktikums in einem gesonderten Labor notwendig, in dem kein Umgang mit sehr giftigen, giftigen, gesundheitsschädlichen, krebserzeugenden, fortpflanzungsgefährdenden, erbgutverändernden oder sensibilisierenden Stoffen stattfindet. Der Arbeitgeber hat zu entscheiden, ob fehlende Versuche durch das Anfertigen einer schriftlichen Arbeit abgegolten werden können. Ist aus didaktischen Gründen der Umgang mit solchen Gefahrstoffen notwendig, mit denen Schwangere nicht beschäftigt werden dürfen, muss die Schwangere das Praktikum unterbrechen.

In den Praktika ist grundsätzlich auf krebserzeugende, erbgutverändernde und fortpflanzungsgefährdende Gefahrstoffe zu verzichten. Diese Gefahrstoffe sind durch weniger gefährliche zu ersetzen, wenn dadurch ein gleichwertiger didaktischer, inhaltlicher oder methodischer Zweck erreicht wird. Ausnahmen von der Ersatzpflicht sind nur zulässig, wenn sie für die Praxis des betreffenden Faches von besonderer Bedeutung sind. In den Praktika im Grundstudium sollten entsprechende Versuche, falls erforderlich, erst gegen Ende der Praktika durchgeführt werden, wenn die Studierenden eine hinreichende experimentelle Geschicklichkeit erworben haben und ausführlich unterwiesen worden sind.

Für eine Verbesserung der Arbeitssicherheit an Hochschulen besonders sinnvoll sind versuchsbezogene Betriebsanweisungen mit der Ermittlung von Gefahrstoffeigenschaften, Beschreibungen von Schutzmaßnahmen, Entsorgung etc., die möglichst jeder Studierende aus der Literatur selbst ermittelt, mit dem Versuchsbetreuer durchspricht und nachprüfbar protokollmäßig festhält. Protokolle für Versuche, bei denen Studierende Umgang mit Gefahrstoffen haben, sollten Angaben über die Gefahrstoffe enthalten, mindestens deren Namen und deren H- und P-Sätze.

## 14 regelmäßige Prüfungen von Sicherheitseinrichtungen

### Prüfungen

Aufgrund der Gefährdungsbeurteilung sind Art und Umfang der Prüfung sowie Prüffristen vom Arbeitgeber festzulegen. Die Funktion und die Wirksamkeit der technischen Schutzmaßnahmen sind regelmäßig, mindestens jedoch jedes dritte Jahr, zu überprüfen. Das Ergebnis der Prüfungen ist aufzuzeichnen und aufzubewahren. Die sicherheitstechnische Überprüfung fest eingebauter Laboreinrichtungen wird grundsätzlich vom Geschäftsbereich 3 durchgeführt. Ausnahmen sind gesondert genannt. Für die in Laboratorien verwendeten Arbeitsmittel gelten zudem die Bestimmungen der Betriebssicherheitsverordnung (z. B. für Autoklaven) und können sich aus anderen Rechtsbereichen ergeben, insbesondere bezüglich der Prüfungen elektrischer Betriebsmittel.

### Notduschen und Augenduschen

Der Arbeitgeber hat dafür zu sorgen, dass Körper- und Augennotduschen mindestens einmal monatlich durch eine von ihm beauftragte Person auf Funktionsfähigkeit geprüft werden. Bei der Prüfung sind neben dem Volumenstrom das Bild der Wasserverteilung des Kopfes und die Qualität des Wassers durch Inaugenscheinnahme zu beurteilen. Ansonsten ist nicht gewährleistet, dass das Betätigungsventil leichtgängig bleibt und der Duschkopf durchgängig ist. Durch häufigen Wasserwechsel lassen sich zudem Verunreinigungen und Verkeimungen der Wasserleitung vermeiden. Es wird empfohlen, Augennotduschen häufiger zu betätigen.

Die monatlichen Prüfungen sind von den Beschäftigten im Labor durchzuführen. Zusätzlich werden die Körper- und Augennotduschen einmal jährlich vom Geschäftsbereich 3 überprüft.

### Abzüge

Abzüge sowie die Zu- und Abluftanlage des Labors müssen regelmäßig gewartet und ihre Funktionsfähigkeit geprüft und dokumentiert werden. Die Prüfung muss mindestens einmal jährlich durch eine befähigte Person durchgeführt werden. Diese Überprüfung wird vom Geschäftsbereich 3 durchgeführt. Nach Umbaumaßnahmen der lufttechnischen Anlage (zum Beispiel bei Beeinflussung der Volumenströme) kann eine erneute Prüfung erforderlich sein. Die regelmäßige Prüfung umfasst:

1. die allgemeine Sichtkontrolle des sicherheitstechnischen Zustandes des Abzuges,
2. die Kontrolle der Frontschiebermechanik auf Leichtgängigkeit, Verkantungen und Geräusche; gegebenenfalls sind je nach Einsatzbedingungen auch Aufhängevorrichtungen und Gewichte auf Schäden zu überprüfen,
3. die Prüfung der lufttechnischen Funktion anhand der Herstellerangaben.

Für Abzüge, die vor dem 1. Oktober 1993 in Betrieb genommen worden sind, gelten ersatzweise die folgenden Festlegungen:

1. Tischabzüge (Höhe der Arbeitsfläche 900 mm) benötigen 400 m<sup>3</sup>/h Luft-Volumenstrom pro laufendem Meter Frontlänge,
2. Tiefabzüge (Höhe der Arbeitsfläche 500 mm) benötigen 600 m<sup>3</sup>/h Luft-Volumenstrom pro laufendem Meter Frontlänge,
3. begehbare Abzüge (Höhe der Arbeitsfläche 0 mm) benötigen 700 m<sup>3</sup>/h Luft-Volumenstrom pro laufendem Meter Frontlänge,
4. Aufschlussabzüge (Höhe der Arbeitsfläche 900 mm) benötigen 700 m<sup>3</sup>/h Luft-Volumenstrom pro laufendem Meter Frontlänge.

### Sicherheitsschränke für brennbare Flüssigkeiten

Sicherheitsschränke für brennbare Flüssigkeiten werden regelmäßig einmal jährlich von einer Fachfirma im Auftrag des Geschäftsbereichs 3 geprüft. Dabei sind insbesondere die Schließeinrichtungen für Türen und Anschlüsse, die Dichtungen und der Luftwechsel zu prüfen. Die Prüfungen sollen im Abstand von nicht mehr als einem Jahr vorgenommen werden.

### Sicherheitswerkbänke, Zentrifugen, Autoklaven und sonstige prüfpflichtige Laborgeräte

Für diese Geräte ist eine regelmäßige Überprüfung vom Institut zu veranlassen. Die Prüfintervalle sind den Betriebsanweisungen dieser Geräte zu entnehmen.



## Literaturverzeichnis

BERNABEI, D. (1991): Sicherheit, Handbuch für das Labor – GIT-Verlag 1991

Gesetz zum Schutz vor gefährlichen Stoffen (**Chemikaliengesetz**) vom 02.07.2008, BGBl. I

Regeln für Sicherheit und Gesundheitsschutz beim Umgang mit Gefahrstoffen im Hochschulbereich (GUV 19.17) – Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung, November 1998

Sicheres Arbeiten in chemischen Laboratorien, Einführung für Studierende (GUV-I 8553) – Deutsche gesetzliche Unfallversicherung, März 2006

Sicheres Arbeiten in Laboratorien – Grundlagen und Handlungshilfen (**Laborrichtlinien**) – BGI/GUV-I 850-0, Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung, Dezember 2008

Unfallverhütungsvorschrift Laserstrahlung (GUV-V B2) - Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung, Januar 1997 und Durchführungsanweisungen zur BG-Vorschrift Laserstrahlung – Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung, April 2007

Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Dezember 2008 über die Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung von Stoffen und Gemischen, zur Änderung und Aufhebung der Richtlinien 67/548/EWG und 1999/45/EG und zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 (GHS- / CLP-Verordnung) vom 20. Januar 2009

Verordnung zum Schutz vor Gefahrstoffen (**Gefahrstoffverordnung**) vom 26.11.2010, BGBl. I

Verordnung über Verbote und Beschränkungen des Inverkehrbringens gefährlicher Stoffe Chemikalienverbotsverordnung, Zubereitungen und Erzeugnisse nach dem Chemikaliengesetz (**Chemikalienverbotsverordnung**) vom 26.11.2010, BGBl. I

Braunschweig, den 4. Mai 2020

gez. Prof. Dr. P. Winterhalter  
Geschäftsführender Leiter  
Institut für Lebensmittelchemie