
BGR 120 (bisher ZH 1/119)

Richtlinien für Laboratorien

Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften

Fachausschuß "Chemie"

Oktober 1993

Aktualisierte Fassung 1998

1 Anwendungsbereich

Diese Richtlinien finden Anwendung auf Laboratorien, in denen nach chemischen, physikalischen oder physikalisch-chemischen Methoden präparativ, analytisch oder anwendungstechnisch gearbeitet wird.

Diese Richtlinien behandeln nur Schutzmaßnahmen für allgemein bekannte Arbeiten in Laboratorien mit den dabei auftretenden Gefahren. Bei Arbeiten, die zu einer besonderen Gefährdung führen können, hat der Unternehmer zusätzliche Schutzmaßnahmen zu treffen und entsprechende Anweisungen zu geben; siehe Abschnitt 5 und Merkblatt M 006 "Besondere Schutzmaßnahmen in Laboratorien".

Laboratorien sind Arbeitsräume, in denen Fachleute oder unterwiesene Personen Versuche zur Erforschung oder Nutzung naturwissenschaftlicher Vorgänge durchführen. Hierzu zählen z.B. chemische, physikalische, medizinische, mikrobiologische und gentechnische Laboratorien.

Siehe auch Merkblatt "Sichere Biotechnologie; Laboratorien – Ausstattung und organisatorische Maßnahmen" (ZH 1/342).

Diese Richtlinien ergänzen einschlägige Unfallverhütungsvorschriften, insbesondere UVV "Allgemeine Vorschriften" (VBG 1), UVV "Biotechnologie" (VBG 102), UVV "Gesundheitsdienst" (VBG 103) sowie UVV "Umgang mit krebserzeugenden Gefahrstoffen" (VBG 113), die voraussichtlich zum 1. Oktober 1998 durch die UVV "Umgang mit Gefahrstoffen" (VBG 91) abgelöst wird.

Ferner sind einschlägige Rechtsnormen, z.B. die Gefahrstoffverordnung, Arbeitsstättenverordnung, Gentechnik-Sicherheitsverordnung, abfallrechtliche Vorschriften und die Strahlenschutzverordnung einzuhalten. Eine Zusammenstellung einschlägiger Rechtsnormen und Regeln der Technik enthält Anhang 2.

Siehe auch Technische Regeln für Gefahrstoffe TRGS 451 "Umgang mit Gefahrstoffen im Hochschulbereich" und "Regeln für Sicherheit und Gesundheitsschutz beim Umgang mit Gefahrstoffen im Unterricht" (GUV 19.16).

Auf die Beschäftigungsverbote des § 22 Jugendarbeitsschutzgesetz, der §§ 3, 4 und 6 Abs. 3 Mutterschutzgesetz und der jeweiligen Unfallverhütungsvorschriften wird hingewiesen.

Gefährlichkeitsmerkmale, z.B. giftig, brandfördernd, ätzend werden entsprechend Anhang I Nr. 1.1 der Gefahrstoffverordnung angewandt.

2 Allgemeine Anforderungen

2.1 Laboratorien müssen nach den Bestimmungen dieser Richtlinien und im übrigen den allgemein anerkannten Regeln der Technik entsprechend beschaffen sein und betrieben werden. Abweichungen sind zulässig, wenn die gleiche Sicherheit auf andere Weise gewährleistet ist.

Allgemein anerkannte Regeln der Technik sind z.B. die im Anhang 2 aufgeführten Technischen Regeln für Gefahrstoffe (TRGS), DIN-Normen und VDE-Bestimmungen in der jeweils gültigen Fassung.

- 2.2** Die in diesen Richtlinien enthaltenen technischen Regeln schließen andere, mindestens ebenso sichere Lösungen nicht aus, die auch in technischen Regeln anderer Mitgliedstaaten der Europäischen Union oder anderer Vertragsstaaten des Abkommens über den Europäischen Wirtschaftsraum ihren Niederschlag gefunden haben können.
- 2.3** Prüfberichte von Prüflaboratorien, die in anderen Mitgliedstaaten der Europäischen Union oder anderer Vertragsstaaten des Abkommens über den Europäischen Wirtschaftsraum zugelassen sind, werden in gleicher Weise wie deutsche Prüfberichte berücksichtigt, wenn die den Prüfberichten dieser Stellen zugrundeliegenden Prüfungen, Prüfverfahren und konstruktiven Anforderungen denen der deutschen Stelle gleichwertig sind. Um derartige Stellen handelt es sich vor allem dann, wenn diese die in der Normenreihe DIN EN 45 000 niedergelegten Anforderungen erfüllen.

3 Bau und Ausrüstung

3.1 Bauliche Anlagen

3.1.1 Bedien- und Verkehrsflächen

Bedien- und Verkehrsflächen müssen ausreichend bemessen sein. Die Mindestbreite an allen Stellen im Labor darf 1 m nicht unterschreiten.

Als Mindestmaße werden in DIN 12 926-1 "Laboreinrichtungen; Labortische, Labortische für allgemeinen Gebrauch, Außenmaße, Platzbedarf, Anforderungen und Prüfungen" für die Bedienfläche, d.h. die Breite des Arbeitsplatzes, z.B. vor dem Labortisch oder Abzug, 450 mm und für die Verkehrsfläche, d.h. die Breite des Verkehrsweges, z.B. zwischen den Bedienflächen, 550 mm angegeben. Hierbei handelt es sich um Mindestmaße.

Die Verkehrsfläche ist zu verbreitern, wenn z.B.

- der Raum zwischen zwei Arbeitsflächen nicht nur als Bewegungsraum der dort unmittelbar Tätigen, sondern auch als Verkehrsweg für andere Personen dient,
- besondere Arbeitsbedingungen vorliegen, z.B. bei erhöhter Brand- und Explosionsgefahr,
- die Arbeitsflächen länger als 6 m sind,
- zwischen den Arbeitsflächen mehr als 4 Personen arbeiten oder
- sich zwei Abzüge gegenüberstehen.

Die Bedienfläche ist entsprechend zu verbreitern, wenn sie z.B. durch Hocker, herausziehbare Schreibplatten, Gerätewagen oder Unterbauten dauerhaft eingengt wird. Die Bedienfläche braucht nur einmal vorgesehen werden, wenn zwischen zwei gegenüberstehenden Arbeitstischen bestimmungsgemäß nur eine Person arbeitet.

3.1.2 Rettungswege und Notausgänge

In Laboratorien müssen unter Berücksichtigung der örtlichen Gegebenheiten, der verwendeten Stoffe und Arbeitsverfahren Rettungswege und Ausgänge in ausreichender Zahl vorhanden sein. Rettungswege (Notausgänge) dürfen nur dann über einen benachbarten Raum führen, wenn dieser Raum auch im Gefahrfall während des Betriebes ein sicheres Verlassen ohne fremde Hilfe ermöglicht.

Siehe §§ 10 und 19 Arbeitsstättenverordnung und § 28 Abs. 1 und § 30 UVV "Allgemeine Vorschriften" (VBG 1).

3.1.3 Türen

Türen von Laboratorien müssen nach außen aufschlagen und aus Gründen des Personenschutzes mit einem Sichtfenster ausgerüstet sein.

Siehe § 10 Abs. 1 und Abs. 5 Arbeitsstättenverordnung mit zugehörigen Arbeitsstätten-Richtlinien ASR 10/1 "Türen, Tore", ASR 10/5 "Glastüren, Türen mit Glaseinsatz" und § 28 UVV "Allgemeine Vorschriften" (VBG 1).

Die erforderliche Laufbreite vorbeiführender Verkehrswege darf durch geöffnete Türen nicht eingeengt werden.

Das Sichtfenster soll eine ungehinderte Sicht von innen nach außen und umgekehrt ermöglichen.

3.1.4 Fußböden

Fußböden oder deren Beläge sowie hindurchgehende Leitungsdurchführungen müssen wasserdicht sein.

Siehe Arbeitsstätten-Richtlinie ASR 8/1 "Fußböden" und § 20 Abs. 1 UVV "Allgemeine Vorschriften" (VBG 1).

3.1.5 Lüftung

3.1.5.1 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. Es muß sichergestellt sein, daß Abluft mit gefährlicher Menge oder Konzentration von Gefahrstoffen nicht wieder in Arbeitsbereiche gelangen kann.

Lüftungsanlagen, die DIN 1946-7 "Raumluftechnik; Raumluftechnische Anlagen in Laboratorien (VDI-Lüftungsregeln)" entsprechen, sind ausreichend. Die zugeführte Luftmenge ist so zu bemessen, daß mindestens $25 \text{ m}^3/(\text{m}^2\text{h})$ erreicht werden; dies entspricht bei 3 m lichter Raumhöhe einem etwa 8fachen Luftwechsel.

Abzüge siehe DIN 12 924-1 "Laboreinrichtungen; Abzüge; Abzüge für allgemeinen Gebrauch, Arten, Hauptmaße, Anforderungen und Prüfungen".

3.1.5.2 Umluft ist zur Raumlüftung nur zulässig, wenn keine gefährliche Konzentration von Gefahrstoffen auftreten kann.

Siehe auch § 36 Abs. 7 Gefahrstoffverordnung sowie § 16 UVV "Umgang mit krebserzeugenden Gefahrstoffen" (VBG 113), die voraussichtlich zum 1. Oktober 1998 durch die UVV "Umgang mit Gefahrstoffen" (VBG 91) abgelöst wird.

Siehe auch Technische Regeln für Gefahrstoffe TRGS 560 "Luftrückführung beim Umgang mit krebserzeugenden Gefahrstoffen".

3.2 Absaugeinrichtungen

3.2.1 Abzüge

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

- Gase, Dämpfe oder Stäube in gefährlicher Konzentration oder Menge aus dem Abzugsinneren nicht in den Laborraum gelangen können,
 - sich im Abzugsinneren keine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre bilden kann
- und

- Versicherte – durch den geschlossenen Frontschieber – gegen verspritzende gefährliche Stoffe oder umherfliegende Glassplitter geschützt sind.

Abzüge siehe DIN 12 924-1 "Laboreinrichtungen; Abzüge; Abzüge für allgemeinen Gebrauch, Arten, Hauptmaße, Anforderungen und Prüfungen".

Für Abzüge zum Abrauchen von Perchlorsäure, von Schwefelsäure, für Arbeiten mit Flußsäure siehe DIN 12 924-2 "Laboreinrichtungen; Abzüge; Abzüge für offene Aufschlüsse bei hohen Temperaturen, Hauptmaße, Anforderungen und Prüfungen".

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

Siehe auch Abschnitt 5.3.1.

- 3.2.1.2** Abzüge müssen aus Werkstoffen bestehen, die den zu erwartenden mechanischen, chemischen und thermischen Beanspruchungen bei bestimmungsgemäßem Gebrauch standhalten.

Siehe DIN 12 924 Teile 1 und 2.

- 3.2.1.3** Abzugsrohre und -kanäle müssen so beschaffen und ausgelegt sein, daß sie nicht zur Brandübertragung beitragen können.

- 3.2.1.4** Fenster von Abzügen müssen mit Sicherheitsglas, vorzugsweise Verbund-Sicherheitsglas, oder geeignetem Kunststoff ausgerüstet sein.

Siehe DIN 12 924-1.

- 3.2.1.5** Abzüge müssen mit Einrichtungen ausgerüstet sein, die eine Druckentlastung ermöglichen.

Geeignete Druckentlastungseinrichtungen sind z.B. lose eingelegte Platten geringen Gewichtes, die gegen Fortfliegen gesichert sind.

Siehe DIN 12 924-1.

- 3.2.1.6** Vertikal verschiebbare Abzugsfenster, insbesondere Frontschieber, müssen gegen Herunterfallen gesichert sein. Der Abzug muß mit Eingriffsöffnungen ausgerüstet und schließbar sein. Am Frontschieber muß an gut sichtbarer Stelle ein Hinweiszeichen mit der Aufschrift "Frontschieber geschlossen halten" angebracht sein. Das Zeichen muß der UVV "Sicherheits- und Gesundheitsschutzkennzeichnung am Arbeitsplatz" (VBG 125) entsprechen.

Eingriffsöffnungen ermöglichen auch bei geschlossenem Frontschieber, daß im Abzug gearbeitet werden kann.

Für den Aufbau und die Bedienung hoher Apparaturen werden Eingriffsöffnungen auch im oberen Frontschieber empfohlen.

Für Frontschieber von Abrauchabzügen sind Eingriffsöffnungen nicht zwingend vorgeschrieben. Dies kann ihre Anwendung für andere Zwecke unter Umständen einschränken; siehe auch Abschnitt 5.3.1.

Hinsichtlich Kennzeichnung siehe auch DIN 4844 "Sicherheitskennzeichnung" und DIN 30 600 "Graphische Symbole; Registrierung, Bezeichnung".

Siehe auch Abschnitt 5.3.1.

- 3.2.1.7** Auch bei geschlossenem Frontschieber muß eine ausreichende Luftzufuhr erhalten bleiben. Das Schließen des Frontschiebers darf keine Verletzungsgefahr mit sich bringen können.

Solche Verletzungsgefahren entstehen z.B. durch Quetschstellen.

Siehe DIN EN 294 "Sicherheit von Maschinen; Sicherheitsabstände gegen das Erreichen von Gefahrstellen mit den oberen Gliedmaßen".

3.2.1.8 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. Eine Meldeleuchte für den Einschaltzustand des Lüftermotors 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 Versicherten bekannt ist.

Für mehrere Abzüge im Laborraum genügt eine gemeinsame akustische Signaleinrichtung.

3.2.1.9 In Abzügen fest installierte Entnahmestellen für flüssige oder gasförmige Stoffe müssen von außen zu betätigen sein. Die Zuordnung der Griffe von Armaturen muß eindeutig erkennbar sein.

Siehe DIN 12 920 "Laboreinrichtungen; Farbige Kennzeichnung der Stellteile von Laborarmaturen nach dem Durchflußstoff".

3.2.2 Umluftabsaugungen mit Filter

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 in Arbeitsbereiche gelangen können,
- sich im Inneren keine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre bilden kann und
- Versicherte durch den geschlossenen Frontschieber oder die geschlossene Klappe gegen verspritzende gefährliche Stoffe oder umherfliegende Glassplitter geschützt sind.

Siehe DIN 12 927 "Laboreinrichtungen; Absaugboxen mit Lufrückführung; Anforderungen und Prüfungen".

3.2.3 Örtliche Absaugungen

Zur Emissionsminderung werden örtliche Absaugungen empfohlen.

3.3 Arbeitstische und deren Stauräume

3.3.1 Arbeitstische

Arbeitstische 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 Griffhöhe (170 bis 175 cm) ein Spritzschutz erforderlich.

Siehe DIN 12 926-1.

3.3.2 Stauräume für Gefahrstoffabfälle

Sind Stauräume für die Bereithaltung von Sammelbehältnissen für Gefahrstoffabfälle vorhanden, müssen sie an eine ausreichend dimensionierte und jederzeit wirksame Ablufteinrichtung angeschlossen sein, die auch beim Befüllen der Sammelbehälter wirksam bleibt.

Der Innenraum dieser Stauräume muß mindestens mit schwer entflammbarem Material ausgekleidet sein. Bei flüssigen Gefahrstoffabfällen muß unterhalb der Sammelbehälter eine ausreichend dimensionierte Auffangwanne vorhanden sein.

Siehe auch Abschnitt 4.10.

3.4 Zuführungsleitungen, Armaturen und Gasbrenner

3.4.1 Zuführungsleitungen

3.4.1.1 Für die ständige Zuführung flüssiger und gasförmiger Stoffe zu den Labortischen und Abzügen müssen festverlegte, auf Dichtheit geprüfte Leitungen vorhanden sein.

Prüfung von Leitungen für Brenngas und Wasser siehe DVGW-Arbeitsblatt GW 3 "Technische Regeln für Bau und Prüfung von vorgefertigten Bauteilen mit Gas- und Wasserinstallationen".

Für Trinkwasserleitungen siehe DIN 1988 "Technische Regeln für Trinkwasser-Installationen (TRWI)", und DIN 18 381 "VOB Verdingungsordnung für Bauleistungen; Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV); Gas-, Wasser- und Abwasser-Installationsanlagen innerhalb von Gebäuden".

3.4.1.2 Können durch Verwechslung Gefahren entstehen, müssen fest verlegte Zuführleitungen eindeutig und dauerhaft gekennzeichnet sein.

Dies wird erreicht, wenn die Zuführungsleitungen durch Farbanstrich, Aufschrift oder Schilder nach DIN 2403 "Kennzeichnung von Rohrleitungen nach dem Durchflußstoff" gekennzeichnet sind.

Siehe auch § 49 UVV "Allgemeine Vorschriften" (VBG 1), Abschnitt 4.1 DVGW-Arbeitsblatt G 621 "Gasanlagen in Laboratorien und naturwissenschaftlich-technischen Unterrichtsräumen; Installation und Betrieb" und DIN 12 924-1.

3.4.2 Absperrarmaturen

Jede Brenngasleitung, die zu einer oder mehreren nebeneinander liegenden Entnahmestellen führt, muß gesondert absperrbar sein. Die Absperrereinrichtung muß leicht erreichbar und jederzeit zugänglich sein. Zusätzlich muß eine Hauptabsperrereinrichtung vorhanden sein. Stellteile dieser Absperrereinrichtung müssen außerhalb des Laboratoriums, in dessen Nähe leicht erreichbar, eindeutig gekennzeichnet und jederzeit zugänglich sein. Als Entnahmestelle für Brenngase sind nur Armaturen zulässig, die gegen unbeabsichtigtes Öffnen gesichert sind.

Zwischenabsperrungen sind, sofern sie verwechselt werden können, z.B. durch einen Farbanstrich oder durch Beschriftung zu kennzeichnen.

Das Stellteil für die Hauptabsperrereinrichtung kann z.B. ein Schalter für eine Fernauslösung sein.

Siehe DIN 3537-3 "Gasabsperrarmaturen bis PN 4; Anforderungen und Anerkennungsprüfung für Laborarmaturen".

Siehe DVGW Arbeitsblatt G 621 "Gasanlagen in Laboratorien und naturwissenschaftlich-technischen Unterrichtsräumen; Installation und Betrieb", DIN 18 381 "VOB Verdingungsordnung für Bauleistungen; Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV); Gas-, Wasser- und Abwasser-Installationsanlagen innerhalb von Gebäuden".

3.4.3 Kennzeichnung von Absperrarmaturen

Stellteile von Laborarmaturen müssen nach dem Durchflußstoff gekennzeichnet sein.

Siehe E DIN 12 920.

Siehe auch § 40 UVV "Allgemeine Vorschriften" (VBG 1).

3.4.4 Abflußleitungen

Abflußleitungen in Laboratorien müssen mit Geruchsverschlüssen und leicht zugänglichen Reinigungsöffnungen ausgerüstet sein.

Siehe DIN 12 924-1, DIN 12 926-1 und DIN 19 541 "Geruchsverschlüsse für Entwässerungsanlagen; Funktionsgrundsätze".

3.4.5 Gasbrenner

3.4.5.1 Bunsenbrenner

An Bunsenbrennern sind absperrbare Einstellgeräte (Hähne, Ventile) für das Brenngas nicht zulässig.

Bunsenbrenner dürfen nicht vollständig absperrbar sein, da kein Gas unter Druck in dem Gasschlauch zwischen Absperrventil und Laborbrenner nach Abstellen des Brenners verbleiben soll; siehe DIN 30 665-1.

3.4.5.2 Kartuschenbrenner

Für Vorratskartuschen von Kartuschenbrennern müssen Aufbewahrungsmöglichkeiten vorhanden sein, so daß es im Brandfall nicht zu einer erhöhten Gefährdung kommen kann.

3.5 Notduschen

3.5.1 Körperduschen

3.5.1.1 In Laboratorien muß eine mit Wasser – möglichst von Trinkwasserqualität – gespeiste Körperdusche am Ausgang installiert sein. Sie soll alle Körperzonen sofort mit ausreichenden Wassermengen überfluten können.

Für die Überflutung aller Körperzonen sind mindestens 30 l/min erforderlich.

Siehe DIN 12 899-1 "Laboreinrichtungen; Notduschen-Einrichtungen; Körperduschen, Sicherheitstechnische Anforderungen, Prüfungen".

3.5.1.2 An Körperduschen muß das Stellteil des schnell öffnenden Ventils 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.

Funktionsprüfung von Körperduschen siehe Abschnitt 11.2.

Siehe auch Abschnitt 4.16.2.

3.5.1.3 Der Standort von Körperduschen muß durch das Rettungszeichen E 08 "Notdusche" gekennzeichnet sein. Das Zeichen muß der UVV "Sicherheits- und Gesundheitsschutzkennzeichnung am Arbeitsplatz" (VBG 125) entsprechen. Der Zugang ist ständig freizuhalten.

3.5.2 Augenduschen

3.5.2.1 In Laboratorien muß – möglichst im Bereich der Körperdusche oder Ausgußbecken – eine mit Trinkwasser gespeiste Augendusche installiert sein. Sie soll beide Augen sofort 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.

Siehe DIN 12 899-2 "Laboreinrichtungen; Notduschen-Einrichtungen; Augenduschen, Sicherheitstechnische Anforderungen, Prüfungen".

Funktionsprüfung der Augenduschen siehe Abschnitt 11.2.

Siehe auch Abschnitt 4.16.2.

3.5.2.2 Abweichend von Abschnitt 3.5.2.1 sind als Augenduschen auch

- bewegliche Augenduschen mit am Griff angebrachten selbsttätig schließenden Ventilen zulässig,
- Augenspülflaschen mit steriler Spülflüssigkeit zulässig, wenn kein fließendes Trinkwasser zur Verfügung steht.

3.5.2.3 Der Standort von Augenduschen muß durch das Rettungszeichen E 09 "Augenspüleinrichtung" gekennzeichnet sein. Das Zeichen muß der UVV "Sicherheits- und Gesundheitsschutzkennzeichnung am Arbeitsplatz" (VBG 125) entsprechen. Der Zugang ist ständig freizuhalten.

3.6 Elektrische Anlagen und Betriebsmittel

3.6.1 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.

Siehe DIN VDE 0789-100 "Unterrichtsräume und Laboratorien; Einrichtungsgegenstände, Sicherheitsbestimmungen für energieversorgte Baueinheiten".

Für das Abschalten der Energie wird empfohlen, an gut zugänglicher Stelle, z.B. am Ausgang des Laborraumes, einen Hauptschalter anzubringen.

3.6.2 Potentialausgleich

3.6.2.1 Elektrisch leitfähige Tischbeläge und andere berührbare leitfähige Konstruktionsteile der Laboreinrichtung müssen gut leitend miteinander verbunden sein. Für bewegbare Teile ist eine Einbeziehung in den Potentialausgleich nur erforderlich, wenn sie im Fehlerfalle Spannung aufnehmen können.

Bewegbare Teile sind z.B. Frontschieber.

3.6.2.2 An betriebsfertigen Abzügen muß eine Anschlußstelle vorhanden sein, mit der eine Verbindung mit dem örtlichen Potentialausgleich leicht möglich ist.

Schutzleiterprüfung siehe DIN VDE 0789-100.

3.6.3 Schalter und Steckdosen

3.6.3.1 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.

3.6.3.2 Steckdosen von Abzügen sollen außerhalb von Abzügen angebracht sein. Sind im Arbeitsraum des Abzuges Steckdosen erforderlich, müssen sie von außen einzeln und erkennbar zugeordnet abschaltbar sein.

Siehe DIN 12 924-1.

3.6.3.3 Schalter und Steckdosen im Spritzbereich von Notduschen müssen spritzwassergeschützt sein.

Siehe EN 60 529/DIN VDE 0470-1 "Schutzarten durch Gehäuse (IP-Code)".

3.7 Druckbehälter und Versuchsautoklaven

3.7.1 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.

Abnahmeprüfung vor Inbetriebnahme siehe Druckbehälterverordnung.

3.7.2 Versuchsautoklaven für Versuche mit unbekanntem Reaktions-, Druck- oder Temperaturverlauf müssen in besonderen Kammern oder hinter Schutzwänden aufgestellt sein. Diese müssen so gestaltet sein, daß Personen beim Versagen des Autoklaven geschützt sind. Die Beobachtung der Sicherheits- und Meßeinrichtung sowie deren Bedienung müssen von sicherer Stelle aus erfolgen können.

Siehe Nummer 38 "Versuchsautoklaven" der Technischen Regeln Druckbehälter TRB 801 "Besondere Druckbehälter nach Anhang II zu § 12 DruckbehV".

Siehe auch Abschnitte 5.4.1 und 11.4.

3.8 Kühlgeräte

3.8.1 Kühlschränke und Kühltruhen

In Innenräumen von Kühlschränken und Kühltruhen, in denen sich gefährliche explosionsfähige Atmosphäre entwickeln kann, dürfen keine Zündquellen vorhanden sein.

Gefährliche explosionsfähige Atmosphäre kann sich z.B. aus offenen oder undichten Gefäßen mit brennbaren Flüssigkeiten entwickeln.

Bei Kühlschränken und Kühltruhen in Normalausführung lassen sich Zündquellen vermeiden, wenn Leuchten und Lichtschalter abgeklemmt sind sowie Temperaturregler mit einem eigensicheren Stromkreis versehen sind. Die Abtauautomatik muß außer Betrieb gesetzt sein.

In Kühlschränken mit Abtauautomatik muß die abgetaute Flüssigkeit in ein Auffanggefäß im Innenraum umgeleitet werden. Das Auffanggefäß ist bei Bedarf zu entleeren. Arbeitet die Abschaltautomatik im Innenraum mit einer Heizung, muß diese außen abgeklemmt werden. Der Kühlschrank muß durch Abschalten und Türöffnen abgetaut werden. Wanddurchführungen sind mit Silicon oder ähnlichem zu verschließen.

- 3.8.2** Umgerüstete Kühltische und Kühltruhen müssen mit einem Hinweiszeichen mit der Aufschrift "Nur Innenraum frei von Zündquellen" gekennzeichnet sein. Das Zeichen muß der UVV "Sicherheits- und Gesundheitsschutzkennzeichnung am Arbeitsplatz" (VBG 125) entsprechen.

3.9 DewargefäÙe (VakuummantelgefäÙe)

DewargefäÙe aus Glas und andere GlasgefäÙe gleichen Wirkungsprinzips müssen mit einem Schutzmantel ausgerüstet oder auf andere Weise gegen die Folgen einer Implosion gesichert sein. Das Glas muß einen ausreichend kleinen Ausdehnungskoeffizienten haben.

Eine Sicherung gegen die Folgen einer Implosion kann z.B. durch Überziehen mit Kunststoff erfolgen.

Zu den Gläsern mit einem ausreichend kleinen Ausdehnungskoeffizienten gehört z.B. Borosilicatglas 3.3 nach DIN ISO 3585 "Borosilicatglas 3.3; Eigenschaften, identisch mit ISO 3585:1991".

4 Übergreifende Betriebsbestimmungen

4.1 Allgemeines

- 4.1.1** Versicherte haben in Laboratorien für Ordnung und Sauberkeit zu sorgen.
- 4.1.2** Versicherte dürfen nur mit Gefahrstoffen und Einrichtungen umgehen, die zur Durchführung ihrer Aufgaben erforderlich sind.
Siehe § 17 UVV "Allgemeine Vorschriften" (VBG 1).
- 4.1.3** Wird eine gefährliche Arbeit von einem Versicherten allein ausgeführt, hat der Unternehmer seine Überwachung sicherzustellen.
Siehe § 36 UVV "Allgemeine Vorschriften" (VBG 1).
Siehe auch Abschnitte 4.2 und 5.
- 4.1.4** Die Versicherten haben Mängel an sicherheitstechnischen Einrichtungen und gefahrbringende Zustände in Laboratorien unverzüglich zu beseitigen. Gehört dies nicht zu ihren Arbeitsaufgaben oder verfügen sie nicht über die notwendige Sachkunde, haben sie die Mängel dem Vorgesetzten umgehend zu melden.
Siehe § 16 UVV "Allgemeine Vorschriften" (VBG 1).
- 4.1.5** Versicherte dürfen ihren Arbeitsplatz nur dann verlassen, wenn eine dauernde Überwachung ihrer Versuche nicht erforderlich ist oder wenn ein anderer Versicherter, der über den Ablauf der Versuche unterwiesen ist, die Überwachung übernimmt.
- 4.1.6** Der Unternehmer hat durch organisatorische Maßnahmen dafür zu sorgen, daß bei Betriebsschluß die Laborarbeitsplätze gesichert werden.
Eine Sicherung erfolgt z.B. durch Schließen der Gas-, Wasser- und Dampfahne. Soweit möglich, sind auch die Haupthähne abzusperren, die Hauptschalter auszuschalten oder die Netzstecker von Geräten, die einen Brand verursachen könnten, zu ziehen.

- 4.1.7** Versuche, die mit dem Ende der normalen Arbeitszeit nicht unterbrochen werden können, dürfen nur dann ohne ständige Beaufsichtigung durchgeführt werden, wenn eine andere Zeiteinteilung für den Versuch nicht möglich ist und durch entsprechende Schutzmaßnahmen das Auftreten von gefährlichen Zuständen sicher verhindert wird.
Siehe Abschnitt 4.6.
- 4.1.8** Arbeiten von Betriebsfremden sind in Laboratorien nur zulässig, wenn vorher nach Anweisung des Laborleiters vom Laboratorium ausgehende Gefahren beseitigt oder geeignete Schutzmaßnahmen und Verhaltensweisen abgesprochen und durchgeführt worden sind.
Zu den Betriebsfremden in Laboratorien gehören z.B. das Reparatur- und Reinigungspersonal.
Siehe auch Abschnitt 4.10.5.
- 4.1.9** Die Frontschieber von Abzügen sind im Betrieb geschlossen zu halten. In begründeten Ausnahmefällen darf der Frontschieber – soweit wie erforderlich – geöffnet werden.
Bei geöffnetem Frontschieber ist der Schadstoffaustritt höher und der Benutzer des Abzuges nicht gegen verspritzende gefährliche Stoffe oder umherfliegende Glassplitter geschützt.
Siehe auch Abschnitt 3.2.1.6.

4.2 Betriebsanweisungen

- 4.2.1** Der Unternehmer hat eine Betriebsanweisung zu erstellen, in der die im Laboratorium auftretenden Gefahren für Mensch und Umwelt beschrieben sowie die allgemein erforderlichen Schutzmaßnahmen und Verhaltensregeln festgelegt sind. Die Betriebsanweisung ist in verständlicher Form abzufassen und im Laboratorium verfügbar zu halten. In der Betriebsanweisung sind auch Anweisungen über das Verhalten im Gefahrfall und über Erste-Hilfe-Maßnahmen zu treffen.
Siehe auch Abschnitte 4.3, 7, 8 und 10.
- 4.2.2** Für gefährliche Arbeiten, den Umgang mit Gefahrstoffen und die sachgerechte Entsorgung von Abfällen hat der Unternehmer gesonderte Betriebsanweisungen zu erstellen.
Siehe § 20 Gefahrstoffverordnung, Technische Regeln für Gefahrstoffe TRGS 555 "Betriebsanweisung und Unterweisung nach § 20 GefStoffV" und Merkblatt A 010 "Betriebsanweisungen".
Gefährliche Arbeiten siehe Abschnitt 5.
Umgang mit Abfällen siehe Abschnitt 6.

4.3 Unterweisung

- 4.3.1** Der Unternehmer hat die Versicherten in Laboratorien mit dem Inhalt dieser Richtlinien und mit den Betriebsanweisungen vertraut zu machen und mindestens einmal jährlich zu unterweisen. Er hat dafür zu sorgen, daß
- diese Richtlinien im Laboratorium ausgelegt oder den Versicherten ausgehändigt werden,
 - eine schriftliche Information über Maßnahmen für das sichere Arbeiten und den Schutz der Versicherten diesen ausgehändigt wird.

Die Versicherten haben diese Unterlagen bei ihrer Arbeit zu beachten.

Siehe § 14 UVV "Allgemeine Vorschriften" (VBG 1).

Siehe auch Abschnitt 4.2.

- 4.3.2** Die Versicherten sind vor der Aufnahme ihrer Beschäftigung und danach in angemessenen Zeitabständen, mindestens jedoch einmal jährlich, vom Laboratoriumsleiter oder seinem Beauftragten ausführlich und sachbezogen über allgemeine und tätigkeitsbezogene Gefahren im Laboratorium sowie über die Maßnahmen zu ihrer Abwendung mündlich und arbeitsplatzbezogen zu unterweisen. Neue Mitarbeiter sind entsprechend vor Arbeitsaufnahme zu unterweisen. Gebärfähige Arbeitnehmerinnen sind zusätzlich über die für werdende Mütter möglichen Gefahren und Beschäftigungsbeschränkungen zu unterrichten. Inhalt und Zeitpunkt der Unterweisung sind schriftlich festzuhalten und von den Unterwiesenen durch Unterschrift zu bestätigen.

Siehe § 20 Abs. 2 und § 26 Gefahrstoffverordnung, § 7 Abs. 2 UVV "Allgemeine Vorschriften" (VBG 1) und Abschnitt 4.2 dieser Richtlinien.

Als Grundlage für die Unterweisung dienen diese Richtlinien sowie die Betriebsanweisungen nach Abschnitt 4.2.

Siehe auch UVV "Umgang mit krebserzeugenden Gefahrstoffen" (VBG 113), die voraussichtlich zum 1. Oktober 1998 durch die UVV "Umgang mit Gefahrstoffen" (VBG 91) abgelöst wird, und Merkblatt M 006 "Besondere Schutzmaßnahmen in Laboratorien".

- 4.3.3** Der Unternehmer hat dafür zu sorgen, daß die Versicherten anhand der Betriebsanleitung der Hersteller über die Funktionsweise der im Laboratorium verwendeten Einrichtungen vor dem erstmaligen Betrieb und danach mindestens einmal jährlich unterwiesen werden.
- 4.3.4** Vor der Durchführung gefährlicher Arbeiten sind die in unmittelbarer Nähe tätigen Versicherten über die besonderen Gefahren und Schutzmaßnahmen zu unterweisen. Dies gilt insbesondere, wenn mehrere Versicherte gleichzeitig an einem Abzug beschäftigt sind.

Siehe auch Abschnitt 5.

4.4 Besondere Schutzmaßnahmen

Der Unternehmer 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.

Siehe Abschnitt 4.3.

4.5 Glasgeräte

4.5.1 Schlauchanschlüsse, Schlauchverbindungen

Der Gebrauch von Glasgeräten mit bruchempfindlichen Schlauchanschlüssen (Glasoliven) sowie Schlauchverbindungen (Schlauchzwischenstücke) aus Glas ist möglichst zu vermeiden. Die Verwendung von Steck- oder Schraubkupplungen als Verbindungselemente für Schläuche ist vorzuziehen.

Dies gilt insbesondere für Exsikkatoren, Saugflaschen, Kühler und Gas-Waschflaschen.

Siehe

DIN 12 475 "Laborgeräte aus Glas; Saugflaschen, zylindrische Form",

DIN 12 476 "Laborgeräte aus Glas; Saugflaschen, konische Form",

DIN 12 491 "Laborgeräte aus Glas; Vakuumexsikkatoren",

DIN 12 596 "Laborgeräte aus Glas; Gas-Waschflaschen; Form nach Drechsel".

4.5.2 Umgang mit zylindrischen Glasteilen

Thermometer, Glasrohre oder -stäbe dürfen nicht mit bloßen Händen in Stopfen und Schläuche eingeführt oder herausgezogen werden.

Zum Schutz der Hände eignen sich z.B. ausreichend widerstandsfähige Handschuhe oder Tücher.

Zum gefahrlosen Einführen zylindrischer Glasteile in Stopfen sind etwa vorhandene Kanten vorher abzurunden. Die Teile sind mit geeigneten Gleitmitteln zu benetzen, möglichst dicht am Stopfen anzufassen und drehend, unter leichtem Druck, in gerader Richtung einzuführen, wobei sie nicht auf Unterlagen oder gar auf den Körper aufgesetzt werden dürfen.

Durch den Einsatz von Schraubverbindungen lassen sich Schnittverletzungen wesentlich verringern.

4.5.3 Glasbläserarbeiten

Vor Glasbläserarbeiten sind Geräte sorgfältig zu reinigen, zu trocknen und gegebenenfalls auszublasen.

4.5.4 Arbeiten mit leicht zerbrechlichen Gefäßen

Mit Gefahrstoffen darf nicht in dünnwandigen Glasgefäßen mit einer Menge von mehr als 5 Litern gearbeitet werden. Ausnahmen sind nur zulässig, wenn besondere Schutzmaßnahmen getroffen werden.

Hochentzündliche und leichtentzündliche Stoffe siehe Abschnitt 5.3.2.3.

Selbstentzündliche Stoffe siehe Abschnitt 5.3.2.4.

Als dünnwandige Glasgefäße gelten z.B. Rundkolben, Stehkolben, Erlenmeyerkolben.

4.5.5 Zulässige Glastemperaturen

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 Geräten aus Borosilicatglas 3.3 nach DIN ISO 3585 sind Temperaturdifferenzen bis 200 °C zulässig. Dieser Glastyp kann mit Maximal-Temperaturen von 500 °C beaufschlagt werden, wenn Abkühlgeschwindigkeiten nach Herstellerangabe beachtet werden.

4.6 Heizbäder und Beheizung

4.6.1 Zum Beheizen von Flüssigkeitsheizbädern und anderen Laboratoriumsapparaturen dürfen nur elektrische Heizeinrichtungen verwendet werden. Ist die Beheizung mit Gasflammen nicht zu vermeiden, darf sie nicht ohne Aufsicht erfolgen.

4.6.2 Für Flüssigkeitsheizbäder und Flüssigkeitsthermostate dürfen nur PCB-freie 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. Für höhere Temperaturen sind vorzugsweise Metallbäder zu verwenden.

Siehe DIN 12 879-1 "Elektrische Laborgeräte; Flüssigkeitsthermostate, Allgemeine und sicherheitstechnische Anforderungen und Prüfungen".

4.6.3 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.

Siehe DIN 12 879-1, DIN 12 880-1 "Elektrische Laborgeräte; Wärmeschränke, Sicherheitstechnische Anforderungen und Prüfungen, Allgemeine technische Anforderungen" und DIN 12 877 "Elektrische Laborgeräte; Heizbäder; Allgemeine und sicherheitstechnische Anforderungen und Prüfungen".

4.6.4 Flüssigkeitsheizbäder müssen so aufgestellt werden, daß sie standfest sind und ihre Höhe gefahrlos eingestellt werden kann. Stativringe sind zur Höheneinstellung ungeeignet.

Bewährt haben sich Labor-Hebebühnen.

Siehe DIN 12 897 "Laborgeräte aus Metall; Hebebühnen, Sicherheitstechnische Anforderungen, Prüfung".

Siehe auch Abschnitt 4.9.1.

4.6.5 Gefahren durch Volumenvergrößerung beim Erwärmen, durch Verunreinigungen und durch Tropfwasser ist wirksam zu begegnen.

4.6.6 Bei der Verwendung von Wärmeträgern ist folgendes zu beachten:

- Für Heizbäder sind wassermischbare Wärmeträger vorzuziehen.
- Nicht mit Wasser mischbare Wärmeträger müssen nach Verunreinigung mit Wasser erneuert oder ausreichend ausgeheizt werden.
- Wassermischbare und nicht mit Wasser mischbare Wärmeträger dürfen nicht miteinander vermischt werden.

Es empfiehlt sich, Wärmeträger nach jeder Verunreinigung zu kontrollieren und je nach Verunreinigung zu erneuern.

Siehe auch Abschnitt 5.4.

- 4.6.7** Sandbäder dürfen nur verwendet werden, wenn die bei ihnen auftretende ungleichmäßige, insbesondere auch durch das Nachheizen bedingte Temperaturverteilung zu keiner Gefährdung führen kann. Der als Wärmeträger verwendete Sand darf nicht scharfkantig sein.
- 4.6.8** Schmelzpunktbestimmungsapparate dürfen nicht mit Schwefelsäure gefüllt werden.
Als Badflüssigkeit eignen sich z.B. Silikonöle.
Zu empfehlen sind z.B. Metallblock- oder elektrisch beheizte Flüssigkeits-Schmelzpunktbestimmungsapparate.

4.7 Schläuche und Armaturen

- 4.7.1** Als Schläuche dürfen nur solche verwendet werden, die den zu erwartenden Drücken und anderen mechanischen, thermischen sowie chemischen Beanspruchungen standhalten.
Siehe auch UVV "Verwendung von Flüssiggas" (VBG 21).
- 4.7.2** Bunsenbrenner und ähnliche Verbrauchseinrichtungen dürfen nur mit DVGW-geprüften Schläuchen angeschlossen werden.
Siehe DIN 30 664-1 "Schläuche für Gasbrenner für Laboratorien; ohne Ummantelung und Armierung, Sicherheitstechnische Anforderungen und Prüfungen" sowie DIN 30 665-1 "Gasverbrauchseinrichtungen; Gasbrenner für Laboratorien (Laborbrenner); Sicherheitstechnische Anforderungen, Prüfung".
Siehe auch Abschnitt 4.7.3.
- 4.7.3** Schläuche müssen gegen Abrutschen gesichert werden. Sie sind gegen übermäßige Wärmeeinwirkung und anderweitige Zerstörung zu schützen.
Eine Sicherung gegen Abrutschen der Schläuche ist z.B. möglich durch
- Verwendung von Schlauchschellen oder Schlauchbindern
oder
 - Aufziehen von Gasschläuchen nach DIN 30 664-1 auf eine Schlauchtülle nach DIN 12 898 "Laborarmaturen; Schlauchtüllen" mit (Nenn Durchmesser) $d_2 = 9,5$ mm.
- 4.7.4** Schläuche und Armaturen an Gaszuleitungen und Gasbrennern müssen vor Gebrauch auf sichtbare Mängel überprüft werden. Schadhafte Schläuche sowie weich oder porös gewordene Schlauchenden müssen entfernt werden.

4.8 Verschlüsse

- 4.8.1** Beim Umgang mit Gefahrstoffen müssen Kegelschliff-, Kugelschliff-, Flansch- oder Schraubkappenverbindungen bzw. -verschlüsse eingesetzt werden.
Siehe auch Abschnitt 4.12.3.
- 4.8.2** Werden ausnahmsweise Kork- oder Gummistopfen benötigt, sind zum Durchbohren vorzugsweise Korkbohrmaschinen zu verwenden. Von Hand darf nur auf einer festen Unterlage gebohrt werden. Die Bohrer sind scharf zu halten.

4.9 Aufbau von Apparaturen

4.9.1 Apparaturen sind übersichtlich und mechanisch spannungsfrei aufzubauen. Sind hierzu Stative erforderlich – Stativgitter sind zu bevorzugen –, sind diese sicher zu befestigen oder zu beschweren.

Mechanisch spannungsfrei lassen sich Apparaturen z.B. durch Kugelschliffe, Schraubkappenverbindungen, PTFE-Faltenbälge aufbauen.

Siehe auch DIN 12 897.

4.9.2 Beim Aufbau von Apparaturen in Abzügen ist darauf zu achten, daß die Strömungsverhältnisse möglichst wenig beeinflusst werden.

Das kann z.B. dadurch erreicht werden, daß ein mindestens 10 mm hoher freier Raum für eine Luftströmung unter der Apparatur gelassen wird, z.B. bei Brandschutzwannen oder Sandbädern. Außerdem empfiehlt es sich, möglichst große Abstände zu den Abluftöffnungen einzuhalten.

4.9.3 Heizbäder, andere äußere Wärmequellen, gegebenenfalls auch Kühlbäder, müssen gefahrlos und ohne Veränderung der Apparatur entfernt werden können.

4.9.4 Schläuche und elektrische Leitungen sind so zu legen, daß sie zu keiner Gefährdung führen können.

4.9.5 Besteht beim Betrieb von Glasapparaturen die Gefahr einer Stoff- oder Wärmeexplosion oder eines Zerknalls infolge eines unbeabsichtigten Druckanstieges, dürfen diese nur im Abzug betrieben werden.

Ein unbeabsichtigter Druckanstieg kann z.B. durch Verstopfen von Absorptionsröhrchen eintreten; siehe auch Abschnitt 4.9.8.

Versuchsautoklaven aus Glas siehe Abschnitte 3.7 und 5.4.1.

Glasapparaturen unter Vakuum siehe Abschnitt 5.4.4.4.

Siehe auch Abschnitte 5.3.1 und 5.2.

4.9.6 Es ist darauf zu achten, daß Absorptionsgefäße mit Calciumchlorid, Phosphorpentoxid, Natronkalk oder ähnlichen Stoffen nicht verstopft sind oder während des Betriebes verstopfen können. Außerdem ist sicherzustellen, daß ein mögliches Eintropfen von Flüssigkeit aus dem Absorptionsgefäß in das Reaktionsgefäß verhindert wird.

Das Verstopfen kann z.B. durch Beimischung von inertem körnigem oder faserigem Material verhindert werden. Bei Verwendung von Calciumchlorid als Absorptionsmittel sind die Alkoholdämpfe vorher zu kondensieren oder zu adsorbieren.

4.9.7 Zur Wärmeisolation heißer Teile an Apparaturen dürfen keine leicht entflammbaren und keine asbesthaltigen Stoffe verwendet werden.

4.9.8 Beim Aufbau von Apparaturen sind zwischen Gefäßen mit Stoffen, deren Vermischung gefährlich werden kann, ausreichend bemessene Zwischengefäße einzubauen. Auf die richtige Durchflußrichtung ist zu achten.

Das zusätzliche Vorschalten von Rückschlagventilen kann zweckmäßig sein.

Gefährlich beim Vermischen sind z.B. konzentrierte Säuren mit Laugen oder Wasser, feste Alkalioxide oder -hydroxide, z.B. in Trockentürmen mit Wasser oder Säuren, Calciumchlorid mit Alkoholen.

Siehe auch Abschnitt 5.4.3.16.

4.9.9 Destillationsapparaturen sind in ihrer Größe der Menge und Art des Destillationsgutes anzupassen. Sie sind so auszuwählen, daß kein Stau von Dampf oder Kondensat auftreten kann. Der Kühler muß ausreichend wirksam sein. Der Kühlmitteldurchfluß ist am Ausgang des Kühlers zu überwachen. Zur Vermeidung von Siedeverzügen sind geeignete Maßnahmen erforderlich.

Bewährt haben sich z.B. Rührer, Siedesteine und Siedekapillaren. Siedesteine dürfen nicht in überhitzte Flüssigkeiten eingetragen werden.

Bei leicht erstarrendem Destillat besteht die Gefahr des Verstopfens und eines gefährlichen Druckanstieges in der Apparatur.

4.9.10 Destillationsvorlagen sind sicher zu befestigen und gegebenenfalls abzustützen.

4.9.11 Zum Aufbau von hohen Apparaturen und zum Arbeiten an außerhalb des Griffbereiches liegenden Teilen hoher Apparaturen sind Leitern oder Tritte zu benutzen.

Siehe UVV "Leitern und Tritte" (VBG 74).

4.9.12 Apparaturen für Verfahren, bei denen ein Stromausfall erhöhte Gefährdungen mit sich bringen kann, sind an einen eigenen Stromkreis anzuschließen.

Als Verfahren, bei denen ein Stromausfall erhöhte Gefährdungen mit sich bringen kann, gelten z.B. metallorganische Reaktionen.

Als eigener Stromkreis gilt z.B., wenn eine Steckdose nicht mit anderen zusammen über eine gemeinsame Schutzeinrichtung (z.B. Fehlerstromschutzschalter) abgesichert ist.

4.10 Aufbewahrung und Bereithalten von Chemikalien

4.10.1 Gefahrstoffe sind so aufzubewahren oder zu lagern, daß sie die menschliche Gesundheit und die Umwelt nicht gefährden.

Siehe auch § 24 Gefahrstoffverordnung.

4.10.2 Chemikalien dürfen nur in Behältern aufbewahrt werden,

- die aus Werkstoffen bestehen, die den zu erwartenden Beanspruchungen standhalten
- und
- entsprechend ihrem Inhalt gekennzeichnet sind.

Z.B. dürfen Aluminiumgefäße nicht für chlorkohlenwasserstoffhaltige und Glasgefäße nicht für flußsäurehaltige Stoffe bzw. Zubereitungen verwendet werden.

Auf die Gefahr der Versprödung, Diffusion und Verformung beim Aufbewahren von Chemikalien in Kunststoffbehältern wird hingewiesen.

Bewährt haben sich Standflaschen aus Glas mit einer Oberflächenbeschichtung aus Kunststoff.

4.10.3 In Laboratorien sind Standflaschen, in denen Gefahrstoffe in einer für den Handgebrauch erforderlichen Menge enthalten sind, mindestens mit der Bezeichnung des Stoffes, der Zubereitung und den Bestandteilen der Zubereitung sowie den Gefahrensymbolen mit den dazugehörigen Gefahrenbezeichnungen zu kennzeichnen.

Siehe § 23 Gefahrstoffverordnung und Abschnitt 9.2 der Technischen Regeln für Gefahrstoffe TRGS 200 "Einstufung von Stoffen, Zubereitungen und Erzeugnissen".

4.10.4 Behältnisse mit Gefahrstoffen dürfen in Regalen, Schränken und anderen Einrichtungen nur bis zu einer solchen Höhe aufbewahrt werden, daß sie noch sicher entnommen und abgestellt werden können.

Im allgemeinen sollen Behältnisse, die nur mit beiden Händen getragen werden können, nicht über Grifffhöhe (170 bis 175 cm) abgestellt und entnommen werden.

Siehe DIN EN 294 "Sicherheit von Maschinen; Sicherheitsabstände gegen das Erreichen von Gefahrstellen mit den oberen Gliedmaßen" und "Kleine ergonomische Datensammlung" der Bundesanstalt für Arbeitsschutz.

4.10.5 Sehr giftige und giftige Stoffe sowie Zubereitungen sind unter Verschuß oder so aufzubewahren oder zu lagern, daß nur sachkundige oder unterwiesene Personen Zugang haben.

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

Siehe auch Abschnitt 4.1.8.

Siehe § 24 Abs. 3 Gefahrstoffverordnung.

4.10.6 Der Unternehmer hat dafür zu sorgen, daß Stoffe, die dem Betäubungsmittelgesetz unterliegen, unter Verschuß aufbewahrt werden.

Siehe Betäubungsmittelgesetz.

4.10.7 Gefahrstoffe, die gesundheitsgefährliche Dämpfe abgeben, sind an dauerabgesaugten Orten aufzubewahren.

Empfohlen werden an das Entlüftungssystem angeschlossene Schränke mit korrosionsbeständigen Wannen; siehe auch Abschnitt 3.1.5.

4.10.8 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 Raumtemperatur bei Einwirken durch Luft oder Feuchtigkeit selbst entzünden können, sind z.B. Metallalkyle, Lithiumaluminiumhydrid.

4.10.9 Hochkonzentrierte Salpetersäure und Perchlorsäure sind so aufzubewahren, daß bei Flaschenbruch keine gefährlichen Reaktionen möglich sind.

Dies wird z.B. durch Einstellen in bruchsichere und resistente Übergefäße erreicht.

4.10.10 Brennbare Flüssigkeiten der Gefahrklassen A1, A2 und B dürfen an Arbeitsplätzen für den Handgebrauch nur in Behältnissen von höchstens 1 Liter Nennvolumen aufbewahrt werden. Die Anzahl der Behältnisse ist auf das unbedingt nötige Maß zu beschränken.

Siehe auch Abschnitt 4.10.2.

Siehe auch Technische Regeln für brennbare Flüssigkeiten TRbF 143 "Ortsbewegliche Gefäße".

4.10.11 Die Anzahl und das Fassungsvermögen der Behältnisse mit brennbaren Flüssigkeiten ist auf das unbedingt nötige Maß zu beschränken. Für Laboratorien, in denen ständig größere Mengen brennbarer Flüssigkeiten benötigt werden, ist das Bereithalten in nicht bruchsicheren Behältnissen bis zu 5 l bzw. in sonstigen Behältnissen bis zu 10 l Nennvolumen an geschützter Stelle zulässig.

Bewährt haben sich Schränke nach DIN 12 925-1 "Laboreinrichtungen und Betriebseinrichtungen; Sicherheitsschränke; Teil 1: Für brennbare Flüssigkeiten; Sicherheitstechnische Anforderungen, Prüfungen".

Ortsbewegliche Kunststoffbehälter mit einem Nennvolumen über 5 l dürfen für brennbare Flüssigkeiten mit einem Flammpunkt bis 35 °C nur verwendet werden, wenn sie elektrostatisch ausreichend ableitfähig sind, d.h. der Oberflächenwiderstand kleiner als 10^{11} Ohm ist; siehe Technische Regeln für brennbare Flüssigkeiten TRbF 143 "Ortsbewegliche Gefäße", Richtlinien "Statische Elektrizität" (ZH 1/200) und die Beispielsammlung der "Explosionsschutz-Richtlinien – (EX-RL)" (ZH 1/10) bzw. das Merkblatt T 033 "Beispielsammlung zu den Richtlinien 'Statische Elektrizität'".

Nicht bruchsichere Behältnisse sind z.B. Glasflaschen.

Bewährt haben sich handelsübliche Sicherheitsbehälter aus Edelstahl mit Flammenrückschlagsperre und Druckentlastung.

Siehe § 24 Abs. 1 Gefahrstoffverordnung und § 46 UVV "Allgemeine Vorschriften" (VBG 1).

4.10.12 Für die Lagerung von brennbaren Flüssigkeiten gilt die Verordnung über brennbare Flüssigkeiten.

Siehe insbesondere Technische Regeln für brennbare Flüssigkeiten TRbF 100 "Allgemeine Sicherheitsanforderungen", TRbF 110 "Läger" und TRbF 143 sowie Technische Regeln für Gefahrstoffe TRGS 514 "Lagern sehr giftiger und giftiger Stoffe in Verpackungen und ortsbeweglichen Behältern" und TRGS 515 "Lagern brandfördernder Stoffe in Verpackungen und ortsbeweglichen Behältern".

4.10.13 Für leichtentzündliche Spülflüssigkeiten im Handgebrauch dürfen grundsätzlich keine Behältnisse aus dünnwandigem Glas verwendet werden.

Geeignet sind Spritzflaschen aus Kunststoff; siehe auch Abschnitt 4.10.2.

Als Spülflüssigkeiten werden z.B. Aceton, Isopropanol verwendet.

4.10.14 Der Unternehmer hat dafür zu sorgen, daß alle im Laboratorium vorgehaltenen Chemikalien und Präparate mindestens einmal jährlich auf ihren ordnungsgemäßen Zustand geprüft werden.

Chemikalien bzw. Präparate in nicht mehr ordnungsgemäßen Behältnissen sind umzufüllen oder zu entsorgen.

Nicht mehr benötigte oder unbrauchbar gewordene Chemikalien sind zu entsorgen. Siehe auch Abschnitt 6.2.3.

4.10.15 Zum Pipettieren müssen mechanische Einrichtungen benutzt werden. Das Pipettieren mit dem Mund ist verboten.

4.11 Reinigung

4.11.1 Mit Spülarbeiten betraute Personen dürfen keinen Gefahren durch Rückstände ausgesetzt sein, insbesondere müssen Behältnisse und Geräte vom Benutzer vorgereinigt am Spülplatz abgestellt werden.

Siehe auch Abschnitt 6.2.2.

4.11.2 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 Arbeiten dürfen nur vom Laborpersonal – gegebenenfalls in einem Abzug – durchgeführt werden.

Stark reagierende Reinigungsmittel sind z.B. konzentrierte Salpetersäure, konzentrierte Schwefelsäure, Chromschwefelsäure.

Für den oxidativen Abbau hat sich alkalische Permanganatlösung bewährt. Hierzu wird gesättigte Kaliumpermanganatlösung in einem zu reinigenden Gefäß mit gleichem Volumen 20 %iger Natronlauge versetzt.

In vielen Fällen sind die genannten stark reagierenden Reinigungsmittel ersetzbar, z.B. durch handelsübliche Spezialdetergentien.

4.12 Umgang mit Stopfen

4.12.1 Bei Verwendung von Gummistopfen sind diese so auf die Apparaturen abzustimmen, daß bei Vakuum ein Einsaugen unmöglich ist.

4.12.2 Bei stark alkalischen oder schmierenden Substanzen sind die Stopfen gegen Herausgleiten zu sichern.

4.12.3 Festsitzende Glasstopfen sind durch geeignete Maßnahmen zu lösen.

Dies wird z.B. erreicht durch Klopfen mit einem Holzstiel an den Glasstopfen, durch vorsichtiges, aber rasches Anwärmen des Flaschenhalses mit Heißluft oder mit warmem Wasser. Dabei ist die Flasche mit einem Tuch abzudecken; bei größeren Flaschen ist über einer Auffangwanne zu arbeiten.

4.13 Speisen und Getränke

4.13.1 In Laboratorien, in denen mit giftigen, sehr giftigen, krebserzeugenden, fruchtschädigenden, erbgutverändernden Stoffen sowie infektiösen oder infektionsverdächtigen Materialien oder Agenzien umgegangen wird, darf nicht gegessen, getrunken oder geschnupft werden.

Siehe § 22 Gefahrstoffverordnung.

4.13.2 In Laboratorien, in denen mit sehr giftigen, krebserzeugenden, fruchtschädigenden, erbgutverändernden Stoffen sowie infektiösen oder infektionsverdächtigen Materialien oder Agenzien umgegangen wird, dürfen Lebens- und Genußmittel nicht hineingebracht werden.

Siehe Merkblatt M 006 "Besondere Schutzmaßnahmen in Laboratorien".

Umgang mit biologischen Agenzien siehe UVV "Biotechnologie" (VBG 102).

4.13.3 In Laboratorien, in denen nicht mit Stoffen nach Abschnitt 4.13.1 und 4.13.2 umgegangen wird, kann der Unternehmer Bereiche festlegen, in denen die Versicherten Speisen und Getränke abstellen sowie essen und trinken dürfen.

4.13.4 Speisen und Getränke dürfen nicht zusammen mit Chemikalien aufbewahrt werden.

4.13.5 Speisen und Getränke dürfen nicht in Chemikalien- oder Laboratoriumsgefäßen zubereitet oder aufbewahrt werden. Das Aufwärmen von Speisen und Getränken ist nur mit dafür vorgesehenen Geräten zulässig. Zum Kühlen von Lebensmitteln und Getränken dürfen nur dafür bestimmte und gekennzeichnete Kühlschränke benutzt werden.

4.13.6 Für Chemikalien dürfen keine Gefäße benutzt werden, die üblicherweise zur Aufnahme von Speisen oder Getränken bestimmt sind.

Siehe § 48 UVV "Allgemeine Vorschriften" (VBG 1).

4.14 Rauchen

In Laboratoriumsräumen darf nicht geraucht werden.

4.15 Lärmschutz

Vor der Beschaffung neuer Arbeitsmittel hat sich der Betreiber über die zu erwartende Geräuschemission des Arbeitsmittels zu informieren.

Werden Geräte, die einen Schalleistungspegel von mehr als 85 dB(A) erzeugen, länger als nur kurzfristig betrieben, können technische Lärmschutzmaßnahmen erforderlich sein.

Siehe auch UVV "Lärm" (VBG 121) und Dritte Verordnung zum Gerätesicherheitsgesetz.

4.16 Sicherheitseinrichtungen

4.16.1 Einrichtungen, die der Sicherheit dienen, dürfen nicht unwirksam gemacht werden.

Siehe §§ 14 bis 17 UVV "Allgemeine Vorschriften" (VBG 1).

4.16.2 Der Unternehmer hat dafür zu sorgen, daß Arbeiten an Sicherheitseinrichtungen und ihren Versorgungs- und Entsorgungsleitungen nur nach vorheriger Absprache mit dem Laborleiter erfolgen und für die Dauer der Arbeiten entsprechende Hinweise an den Sicherheitseinrichtungen angebracht werden. Er hat dafür zu sorgen, daß die Versicherten über die Arbeiten informiert werden.

Siehe auch Abschnitt 3.5.

5 Gefährliche Arbeiten

5.1 Gefährdungsermittlung

5.1.1 Bevor gefährliche Arbeiten durchgeführt werden, hat der Unternehmer die damit verbundenen Gefahren zu ermitteln, zu beurteilen und geeignete Maßnahmen zur Abwehr der Gefahren festzulegen. Dabei sind neben den eingesetzten Stoffen auch die Stoffe einzubeziehen, die bei normalem Reaktionsablauf entstehen oder bei unerwartetem Reaktionsverlauf entstehen können.

Neue Stoffe, für die es weder toxikologische Daten noch vergleichbare Verbindungen mit bekannten Eigenschaften gibt, sind mit erhöhter Vorsicht zu handhaben.

Siehe § 16 Abs. 4, § 28 und Anhang VI Gefahrstoffverordnung mit zugehörigen Technischen Regeln für Gefahrstoffe, insbesondere TRGS 402 "Ermittlung und Beurteilung der Konzentrationen gefährlicher Stoffe in der Luft in Arbeitsbereichen".

Beschäftigungsbeschränkungen bestehen z.B. für Jugendliche, werdende Mütter; siehe Jugendarbeitsschutzgesetz und Mutterschutzrichtlinienverordnung und Merkblatt M 039 "Fruchtschädigungen – Schutz am Arbeitsplatz".

5.1.2 Der Unternehmer darf gefährliche Arbeiten nur Fachleuten oder unterwiesenen Personen übertragen, denen die damit verbundenen Gefahren und Schutzmaßnahmen bekannt sind.

Als Fachleute 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 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 angelernt sowie über die notwendigen Schutzeinrichtungen und Schutzmaßnahmen belehrt wurde.

Gefährliche Arbeiten können z.B. sein:

Arbeiten mit Bombenrohren und Autoklaven, Druckgasflaschen, Druckgasen, Vakuum, brennbaren Flüssigkeiten sowie mit explosionsgefährlichen und gesundheitsgefährlichen Stoffen.

Siehe § 36 UVV "Allgemeine Vorschriften" (VBG 1) und Abschnitte 4.1.3 und 4.3.4 dieser Richtlinien.

Siehe auch DIN VDE 1000 "Allgemeine Leitsätze für das sicherheitsgerechte Gestalten technischer Erzeugnisse".

5.2 Besondere Schutzmaßnahmen

5.2.1 Gefährliche chemische Reaktionen müssen unter besonderen Schutzmaßnahmen durchgeführt werden.

Zu den gefährlichen chemischen Reaktionen gehören z.B. Nitrierungen, Oxidationen, Polymerisationen, Diazotierungen.

Siehe auch

L. Bretherick "Handbook of Chemicals" und "Manual of Hazardous Chemical Reactions" der National Fire Protection Association,

L. Roth und U. Weller "Gefährliche chemische Reaktionen".

Siehe auch Abschnitte 3.7, 4.4, 4.9.5 und 5.4.1.

5.3 Umgang mit Gefahrstoffen

5.3.1 Freiwerden von Gasen, Dämpfen oder Schwebstoffen

5.3.1.1 Arbeiten, bei denen Gase, Dämpfe oder Schwebstoffe in gefährlicher Konzentration oder Menge auftreten können, dürfen grundsätzlich nur in Abzügen ausgeführt werden. Die Frontschieber sind bei solchen Arbeiten geschlossen zu halten.

Bei geöffnetem Frontschieber darf nur in begründeten Ausnahmefällen gearbeitet werden, da bei geöffnetem Frontschieber der Schadstoffaustritt höher und der Benutzer des Abzuges nicht gegen verspritzende gefährliche Stoffe oder umherfliegende Glassplitter geschützt ist.

Geeignet sind Abzüge, wenn sie Abschnitt 3.2.1 und DIN 12 924-1 bzw. DIN 12 924-2 entsprechen.

Arbeiten, bei denen in der Raumluft Sauerstoff-Konzentrationen von mehr als 21 Vol.-% auftreten können; siehe Abschnitt 5.3.2 des Merkblattes "Umgang mit Sauerstoff" (ZH 1/307).

Siehe auch Abschnitte 5.3.1.2 und 5.3.1.3.

Zur Emissionsminderung sind möglichst auch im Abzug austretende Schadstoffe an ihrer Austritts- oder Entstehungsstelle zu erfassen und zu beseitigen.

5.3.1.2 Außerhalb der Abzüge dürfen Arbeiten, 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 Versicherten durch diese Stoffe ausgeschlossen ist.

Zu den geeigneten Maßnahmen gehören z.B. die Verwendung von geschlossenen Apparaturen, nachgeschaltete Kühlfallen, Gaswäscher, oder eine wirksame Quellenabsaugung (örtliche Absaugung).

5.3.1.3 Treten Gase, Dämpfe oder Schwebstoffe unerwartet und in möglicherweise gefährlicher Konzentration oder Menge aus, ist der gefährdete Bereich zu räumen und die betroffene Umgebung zu warnen.

Die Beseitigung des gefährlichen Zustandes darf nur unter geeigneten Schutzmaßnahmen erfolgen.

Siehe auch Abschnitt 4.3.4.

5.3.2 Arbeiten mit brennbaren Stoffen

5.3.2.1 Ist die Bildung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre bei Arbeiten mit brennbaren Flüssigkeiten, Gasen oder Stäuben nicht durch primäre Schutzmaßnahmen vermeidbar, sind Maßnahmen durchzuführen, welche eine Entzündung verhindern.

Zu den Maßnahmen, welche eine Bildung explosionsfähiger Atmosphäre verhindern, gehört z.B. der Ersatz von brennbaren durch nicht brennbare Lösemittel oder durch Lösemittel mit einem ausreichend sicher über Raum- und Verarbeitungstemperatur liegenden Flammpunkt.

Zu den Maßnahmen, welche eine Bildung explosionsfähiger Atmosphäre in gefahrdrohender Menge verhindern, gehört z.B. das Absaugen der brennbaren Gase, Dämpfe oder Stäube an der Entstehungs- oder Austrittsstelle, das Arbeiten in Abzügen nach DIN 12 924-1; siehe Abschnitt E 1 der "Explosionsschutz-Richtlinien (EX-RL)" (ZH 1/10).

Maßnahmen, welche eine Entzündung explosionsfähiger Atmosphäre verhindern, sind z.B. das Vermeiden offener Flammen, der Einsatz explosionsgeschützter elektrischer Betriebsmittel, das Vermeiden elektrostatischer Aufladung; siehe Abschnitt E 2 der "Explosionsschutz-Richtlinien (EX-RL)" (ZH 1/10) und Abschnitt 5.8.

Siehe auch § 44 UVV "Allgemeine Vorschriften" (VBG 1).

5.3.2.2 Das offene Verdampfen oder Erhitzen von brennbaren Flüssigkeiten ist nach Möglichkeit zu vermeiden. Müssen brennbare Flüssigkeiten offen verdampft oder erhitzt werden, darf dies nur in geschlossenem Abzug erfolgen.

Als zusätzliche Schutzmaßnahme empfiehlt sich das Vermeiden von Zündquellen.

Das offene Verdampfen oder Erhitzen von brennbaren Flüssigkeiten ist zulässig z.B. bei geringen Mengen im Reagenzglas, bei behördlich vorgeschriebenen, genormten oder ähnlich festgelegten Untersuchungsmethoden.

5.3.2.3 Bei Arbeiten mit mehr als drei Litern hochentzündlichen oder leichtentzündlichen Flüssigkeiten in dünnwandigen Glasgefäßen ist eine geeignete Auffangwanne mit einem Wabengittereinsatz oder einer geeigneten Spezialfüllung zu verwenden. Gegebenenfalls sind zusätzliche Schutzmaßnahmen erforderlich.

Zusätzliche Schutzmaßnahmen können sein:

- Arbeiten in Abzügen,
- Automatische Löschanlagen,
- Explosionsgeschützte Geräte,
- Verwendung dickwandiger Glasgefäße.

Siehe Abschnitt 4.5.4.

Maßnahmen gegen Siedeverzüge siehe Abschnitte 4.9.9 und 5.4.4.5.

5.3.2.4 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.

Zu den selbstentzündlichen Stoffen gehören z.B. Metallalkyle, Lithium-Aluminiumhydrid, Silane, weißer Phosphor.

Geeignete Löschmittel siehe Anhang 1.

5.3.2.5 Zeigen sich im Verlauf einer chemischen Umsetzung oder einer Destillation durch plötzliches Schäumen 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.

Hauptabsperrvorrichtung für Brenngase siehe Abschnitt 3.4.2.

5.3.2.6 Flüssigkeiten, die zur Bildung organischer Peroxide neigen, müssen vor der Destillation und dem Abdampfen auf Anwesenheit von Peroxiden untersucht und die Peroxide entfernt werden.

Zur Bildung von Peroxiden neigen zahlreiche organische Verbindungen, z.B. Dekalin, Diethylether, Dioxan, Tetrahydrofuran, ferner ungesättigte Kohlenwasserstoffe, wie Tetralin, Diene, Cumol sowie Aldehyde, Ketone und Lösungen dieser Stoffe.

Siehe auch D. Bernabei "Sicherheit – Handbuch für das Labor".

In den Destillations- und Abdampfrückständen dieser Flüssigkeiten und Lösungen können sich organische Peroxide anreichern und explosionsartig zersetzen.

5.3.2.7 Flüssigkeiten, die zur Bildung organischer Peroxide neigen, sind vor Licht – insbesondere UV-Strahlung – geschützt aufzubewahren.

Die Peroxidbildung wird hierdurch jedoch nicht sicher verhindert.

5.3.2.8 Bei Arbeiten, bei denen Zündgefahren durch elektrostatische Aufladungen bestehen, sind geeignete Schutzmaßnahmen zu treffen.

Zündgefahren durch elektrostatische Aufladungen können bestehen

- bei brennbaren Flüssigkeiten, z.B. beim Umfüllen, durch schnelles Strömen in Schläuchen oder Versprühen,
- bei brennbaren Stäuben und Granulaten, z.B. beim Aufwirbeln, Mahlen, Mischen, Fördern, Sieben (insbesondere in der Anwendungstechnik).

Geeignete Schutzmaßnahmen sind z.B.:

- Die Erdung leitfähiger Gefäße und Geräte (z.B. Trichter, Heber, Schläuche).
- Beim Umfüllen elektrostatisch aufladbarer (nichtleitfähiger) Flüssigkeiten (z.B. Benzin, Toluol, Ether, Schwefelkohlenstoff) sollen jeweils Geräte und Behälter kombiniert werden, die entweder nur leitfähig oder nur nichtleitfähig sind. In Behälter aus elektrostatisch aufladbaren (nichtleitfähigen) Stoffen, z.B. Kunststoffbehälter, dürfen grundsätzlich keine elektrostatisch aufladbaren (nichtleitfähigen) brennbaren Flüssigkeiten eingefüllt werden. Hiervon ausgenommen sind Kunststoffbehälter mit einem Nennvolumen bis 5 Liter.
- Elektrostatisch aufladbare (nichtleitfähige) Flüssigkeiten langsam und nicht im freien Fall ausgießen, den Trichter bis dicht auf den Boden führen, um ein Verspritzen der einlaufenden Flüssigkeit weitgehend zu vermeiden.

Siehe "Richtlinien für die Vermeidung von Zündgefahren infolge elektrostatischer Aufladungen" (ZH 1/200) sowie die Merkblätter T 025 "Sicherer Umgang mit Flüssigkeiten; Teil 1: Umfüllen" und T 033 "Beispielsammlung zu den Richtlinien 'Statische Elektrizität'".

5.3.3 Umgang mit explosionsgefährlichen Stoffen

5.3.3.1 Beim Arbeiten mit explosionsgefährlichen Stoffen und deren Gemischen sind die einschlägigen Vorschriften zu beachten.

Explosionsgefährliche Stoffe sind unter anderem zahlreiche organische Nitroso- und Nitroverbindungen, Salpetersäureester, Diazoverbindungen, Stickstoffwasserstoffsäure, ihre Salze und Ester, Salze der Knallsäure, des Acetylen und seiner Derivate, Schwermetallperchlorate, Chlorstickstoff, organische Peroxide und Persäuren.

Mischungen oxidierender Verbindungen, z.B. Nitrate, Chromate, Chlorate, Perchlorate, rauchende Salpetersäure, konzentrierte Perchlorsäure und Wasserstoffperoxidlösungen (> 30 %) mit brennbaren oder reduzierenden Stoffen können die Eigenschaften von explosionsgefährlichen Stoffen haben, z.B. reagiert rauchende Salpetersäure explosionsartig mit Aceton, Ethern, Alkoholen, Terpentinöl.

Siehe

§ 2 der Ersten Verordnung zum Sprengstoffgesetz,

§ 19 Abs. 2 UVV "Explosivstoffe – Allgemeine Vorschrift" (VBG 55a),

UVV "Organische Peroxide" (VBG 58).

5.3.3.2 Explosionsgefährliche Stoffe und Gemische sind in möglichst kleinen Mengen und nur an ausreichend abgeschirmten Arbeitsplätzen zu handhaben. Überhitzung, Flammennähe, Funkenbildung, Schlag, Reibung und gefährlicher Einschluß (Verdämmung) sind zu vermeiden.

5.3.3.3 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.

5.3.3.4 Ammoniakalische silbersalzhaltige Lösungen müssen nach ihrer Herstellung sofort weiterverarbeitet werden.

Beim Arbeiten mit ammoniakalischen silbersalzhaltigen Lösungen ist zu beachten, daß sich nach einiger Zeit ein schwarzer Niederschlag abscheidet, der teilweise aus Knallsilber besteht und beim Berühren, Umrühren oder Schütteln heftig explodieren kann.

5.3.3.5 Acetylen darf auf keinen Fall mit Kupfer oder Kupferlegierungen mit mehr als 70 % Cu in Berührung kommen. Apparateile, die bei chemischen Reaktionen mit Acetylen in Berührung kommen, dürfen auch nicht aus Legierungen mit geringerem Kupfergehalt bestehen.

Beim Arbeiten mit Acetylen ist zu beachten, daß das Acetylen mit zahlreichen Schwermetallen Acetylide bildet, die sehr leicht explodieren können.

Siehe Technische Regeln für Acetylenanlagen und Calciumcarbidlager TRAC 204 "Acetylenleitungen".

Hinsichtlich persönlicher Schutzausrüstungen siehe Abschnitt 8.

5.3.3.6 Beim Umgang mit Perchlorsäure muß sichergestellt sein, daß sich nicht unkontrolliert explosionsgefährliche Perchlorate bilden können.

Dies ist z.B. bei einer Einwirkung von Perchlorsäure auf Holz (Labormöbel) möglich.

Das Abrauchen von Perchlorsäure kann z.B. den Einsatz von Abzügen nach DIN 12924-2 erfordern.

5.3.4 Abfüllen und Transport gefährlicher Stoffe

5.3.4.1 Beim Umfüllen gefährlicher Stoffe aus Fässern, Ballons, Kanistern und anderen Behältern sind geeignete Einrichtungen zu benutzen.

Damit soll ein Verspritzen oder Verschütten von gefährlichen Stoffen vermieden werden.

Geeignete Vorrichtungen sind z.B. Pumpen, Ballonkipper, Sicherheitsheber und selbstschließende Ventile.

Siehe auch Abschnitte 5.3.1.3, 5.3.2.1 und 5.3.2.8.

5.3.4.2 Behälter in Faß- oder Ballonkippern müssen gegen das Herausgleiten beim Kippen gesichert werden.

5.3.4.3 Beim Abfüllen in enghalsige Gefäße sind Trichter zu benutzen, wobei darauf zu achten ist, daß die Luft beim Eingießen ungehindert entweichen kann.

Siehe auch Abschnitt 5.3.2.8.

5.3.4.4 Fässer und Kannen für 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 befindet,
2. die Druckzuleitung bei Anwendung eines Überdruckes bis 0,2 bar mit einem Manometer und einem Sicherheitsventil oder einer anderen Sicherheitseinrichtung ausgerüstet ist.

5.3.4.5 Zur Erzeugung des Überdrucks zum Abfüllen brennbarer Flüssigkeiten dürfen nur Inertgase verwendet werden.

Zu den Inertgasen gehören z.B. Stickstoff und die Edelgase.

Siehe auch Abschnitte 4.7.1, 4.7.3, 5.3.2.1 und 5.3.2.8.

5.3.4.6 Nicht bruchsichere Behältnisse müssen beim Tragen am Behälterboden unterstützt werden.

Behältnisse, die aus Kühlgeräten oder kalten Räumen entnommen werden, können infolge Beschlagens sehr glatt oder rutschig sein.

5.3.4.7 Nicht bruchsichere Behältnisse dürfen in andere Räume nur mit Hilfsmitteln befördert werden, die ein sicheres Halten und Tragen ermöglichen.

Dies sind z.B. Eimer oder Tragkästen.

5.4 Umgang mit Apparaturen

5.4.1 Versuchsautoklaven

5.4.1.1 Werden Versuchsautoklaven aus Glas mit nichtbrennbaren Flüssigkeiten oder Gasen außerhalb von besonderen Kammern (Autoklavenräumen) oder nicht hinter Schutzwänden betrieben, ist ein geeigneter Splitterschutz zu verwenden.

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.

Siehe auch Abschnitte 3.7.2 und 11.4.

5.4.1.2 Mit brennbaren Flüssigkeiten oder Gasen dürfen Versuchsautoklaven aus Glas nur in besonderen Kammern (Autoklavenräumen) betrieben werden.

Bei Versuchen mit brennbaren Flüssigkeiten oder Gasen können beim Zerknall von Autoklaven schlagartig größere Mengen explosionsfähiger Atmosphäre entstehen.

Siehe auch Abschnitte 3.7.2 und 11.4.

5.4.2 Bombenrohre, Schießöfen

5.4.2.1 Bombenrohre dürfen nur dann verwendet werden, wenn sie nicht durch andere, weniger gefährliche Apparaturen ersetzt werden können.

Weniger gefährliche Apparaturen sind z.B. verschraubbare Aufschlußbomben.

5.4.2.2 Beim Zuschmelzen von Bombenrohren sind geeignete Schutzmaßnahmen zu treffen.

Als Schutzmaßnahmen gelten z.B. das Kühlen der Proben, Evakuieren oder Inertisieren des Bombenrohres.

5.4.2.3 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.

5.4.2.4 Bombenrohre dürfen erst aus der Schutzhülse genommen werden, wenn sie drucklos gemacht sind.

Dies erfolgt z.B. durch Aufschmelzen, Abschlagen oder Abkneifen der Spitze.

5.4.2.5 Schießöfen sind so aufzustellen, daß im Falle des Zerknalls eines Bombenrohres keine Gefährdung der Versicherten eintreten kann.

5.4.3 Druckgasflaschen und Armaturen

5.4.3.1 Druckgasflaschen sind zur Vermeidung von Gefahren möglichst außerhalb der Laboratorien aufzustellen und die Gase den Arbeitsplätzen durch festverlegte 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 gebracht werden.

Gefahren bestehen z.B. bei Bränden durch Zerknall oder beim Flaschentransport.

Druckgasflaschen sind in Abhängigkeit von der möglichen Brandlast z.B. geschützt durch

- Unterbringen in Schränken nach DIN 12 925-2 "Laboreinrichtungen; Schränke für Druckgasflaschen; Sicherheitstechnische Anforderungen, Prüfung",
- Unterbringen in dauerbelüfteten Flaschenschränken nach den Technischen Regeln Druckgase TRG 280 "Allgemeine Anforderungen an Druckgasbehälter; Betreiben von Druckgasbehältern",
- Einrichtungen, die Druckgasflaschen selbsttätig mit Wasser berieseln (z.B. nach DIN 14 494 "Sprühwasser-Löschanlagen, ortsfest, mit offenen Düsen"),
- Aufstellen der Druckgasflaschen hinter feuerhemmender Abtrennung.

5.4.3.2 Laboratorien, in denen Druckgasflaschen aufgestellt sind, müssen mit dem Warnzeichen W 19 "Warnung vor Gasflaschen" gekennzeichnet sein. Das Zeichen muß der UVV "Sicherheits- und Gesundheitsschutzkennzeichnung am Arbeitsplatz" (VBG 125) entsprechen.

Siehe auch DIN 12 001-1 "Sicherheitszeichen im Labor; Warnung vor Gasflaschen".

5.4.3.3 Druckgasflaschen sind gegen Umstürzen zu sichern und vor starker Erwärmung zu schützen.

Druckgasflaschen können z.B. durch Ketten, Rohrschellen oder Einstellvorrichtungen gesichert werden.

Siehe auch Technische Regeln Druckgase TRG 280 "Allgemeine Anforderungen an Druckgasbehälter; Betreiben von Druckgasbehältern".

Siehe auch Abschnitt 5.4.3.8.

5.4.3.4 Druckgasflaschen mit sehr giftigen, giftigen oder krebserzeugenden Gasen müssen, sofern sie im Labor aufgestellt werden, dauerhaft abgesaugt werden.

Dies wird z.B. erreicht durch Aufstellen in Abzügen oder in belüfteten Flaschenschränken.

Siehe Anhang "Giftige Gase" der UVV "Gase" (VBG 61).

5.4.3.5 Für sehr giftige, giftige und krebserzeugende Gase müssen möglichst kleine Druckgasflaschen verwendet werden.

Bewährt haben sich sogenannte "Lecture bottles".

5.4.3.6 Armaturen, Manometer, Dichtungen und andere Teile für stark oxidierende Druckgase müssen frei von Öl, Fett und Glycerin gehalten werden. Sie dürfen auch nicht mit ölhaltigen Putzlappen oder mit fettigen Fingern berührt werden. Reste von Lösemitteln, die zum Entfetten verwendet werden, müssen durch Abblasen mit ölfreier Luft entfernt werden.

Stark oxidierende Druckgase sind z.B. Sauerstoff, Distickstoffmonoxid.

Siehe § 12 UVV "Sauerstoff" (VBG 62).

5.4.3.7 Für Sauerstoff dürfen nur Manometer verwendet werden, die blau gekennzeichnet sind und die Aufschrift "Sauerstoff! Öl- und fettfrei halten" tragen.

5.4.3.8 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 erfolgen z.B. durch feuchte, heiße Tücher, temperaturgeregelte Wasserbäder, Berieselung mit warmem Wasser.

5.4.3.9 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.

Ist dies z.B. bei einer Probenahme nicht möglich, ist ein Teil des verflüssigten Gases nach der Füllung in eine Abgasleitung abzulassen.

Siehe Technische Regeln Druckgase TRG 402 "Füllanlagen; Betreiben von Füllanlagen" mit Anlage 1 "Volumetrisches Füllen von Handwerkerflaschen mit Flüssiggas"

und

Merkblatt "Füllen von Druckbehältern mit Gasen" (ZH 1/308).

5.4.3.10 Druckgasschläuche 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 kann z.B. mit einer geeigneten Detergenzlösung erfolgen.

Siehe

DIN 4815-2 "Schläuche für Flüssiggas; Schlauchleitungen",

DIN 3017-1 "Schlauchschellen; Teil 1: Schellen mit Schneckentrieb; Form A",

DIN 32 620 "Schlauchbinder; Spanner und Band",

DIN EN 560 "Gasschweißgeräte; Schlauchanschlüsse für Geräte und Anlagen für Schweißen, Schneiden und verwandte Verfahren".

5.4.3.11 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. Ventilbrände vermieden werden.

5.4.3.12 Zum Öffnen der Ventile von Druckgasflaschen dürfen keine drehmomenterhöhenden Werkzeuge verwendet werden.

5.4.3.13 Druckgasflaschen, deren Ventile sich nicht von Hand öffnen lassen, sind außer Betrieb zu nehmen, entsprechend zu kennzeichnen und dem Füllbetrieb zuzustellen.

5.4.3.14 Ventile von Druckgasflaschen sind nach Gebrauch und auch nach dem Entleeren zu schließen.

Entleerte Druckgasflaschen enthalten einen Restüberdruck, der zur Gasentnahme nicht mehr ausreicht. Dieser Restüberdruck muß durch Schließen des Ventiles bis zur Anlieferung im Füllwerk erhalten bleiben. Bei offenem Ventil kann durch Temperatur- oder Luftdruckänderungen unkontrolliert Luft in die Flasche gelangen.

5.4.3.15 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 z.B. aufbauen bei der Verwendung von Nadelventilen, da diese nur "Strömungsbegrenzer", jedoch keine Druckminderer sind.

Bewährt hat sich eine Sicherheitstauchung.

Siehe hierzu auch die Abschnitte 5.4.3.16, 5.3.1.2 und 5.3.1.3.

5.4.3.16 Beim Einleiten von Gasen in Flüssigkeiten müssen Einrichtungen verwendet werden, die ein Zurücksteigen von Flüssigkeiten in die Leitung oder in das Entnahmegefäß sicher verhindern.

Das Zurücksteigen von Flüssigkeit kann z.B. durch ausreichend bemessene Zwischengefäße verhindert werden. Beim Einbau der Zwischengefäße ist auf die richtige Durchflußrichtung zu achten.

5.4.3.17 Druckgasflaschen müssen, soweit dies möglich ist, mit geeigneten Druckminderern betrieben werden.

Druckminderer (Druckminder-, Druckreduzierventile) sind nicht für alle Gase erhältlich.

Nadelventile sind keine Druckminderer; siehe Erläuterungen zu Abschnitt 5.4.3.15.

5.4.3.18 Manometer dürfen an Druckminderern nur von Fachleuten ausgewechselt werden. Undichte Verschraubungen der Druckminderer dürfen nur angezogen werden, wenn das Flaschenventil geschlossen ist.

Als Fachleute 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 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 angelernt sowie über die notwendigen Schutzeinrichtungen und Schutzmaßnahmen belehrt wurde.

Siehe auch Druckbehälterverordnung.

5.4.3.19 Vor Arbeiten mit gefährlichen Gasen ist die Apparatur dahingehend zu überprüfen, ob überschüssiges Gas nur an der dafür vorgesehenen Stelle entweichen kann.

Siehe Abschnitte 5.3.1.2 und 5.3.1.3.

5.4.3.20 Druckgasflaschen dürfen nur mit geeigneten Hilfsmitteln und grundsätzlich nur mit Schutzkappe transportiert werden.

Geeignete Hilfsmittel sind z.B. Flaschentransportwagen.

5.4.3.21 Bei Druckgasflaschen ist das Datum der nächst fälligen Prüfung zu beachten.

Ist das Prüfdatum überschritten und befinden sich die Druckgasflaschen in einem augenscheinlich einwandfreien Zustand, so dürfen sie zum Zwecke der Entleerung am Arbeitsplatz weiter betrieben werden.

Sind Druckgasflaschen mit gefährlichen Gasen nach Ablauf der Prüffrist nicht entleert und sollen sie z.B. zum Füllwerk transportiert werden, ist für den Transport eine Ausnahmegenehmigung erforderlich.

Siehe auch Gefahrgutverordnung Straße (GGVS).

5.4.4 Arbeiten mit Vakuum

5.4.4.1 Dünnwandige Glasgefäße dürfen nur evakuiert werden, wenn sie von der Form her dafür geeignet sind.

Geeignet sind z.B. Rundkolben, Spitzkolben und Kühler.

Nicht geeignet sind z.B. Erlenmeyer- und Stehkolben.

5.4.4.2 Evakuierte Glasgefäße dürfen nicht einseitig erhitzt werden.

Durch gleichmäßige Erhitzung kann Glasbruch infolge Spannungen im Glas verhindert werden.

5.4.4.3 Vor jedem Evakuieren von Glasgefäßen sind diese einer Sichtkontrolle auf festigkeitsgefährdende Beschädigungen zu unterziehen.

Festigkeitsgefährdende Beschädigungen sind z.B. sogenannte "Sternchen".

5.4.4.4 Zum Schutz gegen umherfliegende Glassplitter infolge Implosion sind geeignete Maßnahmen zu treffen.

Zu den geeigneten Maßnahmen gehört z.B. die Verwendung von Schutzscheiben, Schutzvorhängen – gegebenenfalls auch auf der Rückseite – sowie Schutzhauben oder das Arbeiten im Abzug. Das Beschichten mit Kunststoff oder das Bekleben mit Folien hat sich z.B. bei Exsikkatoren und Saugflaschen bewährt.

5.4.4.5 Bei Vakuumdestillationen muß dafür gesorgt werden, daß kein Siedeverzug auftritt.

Bewährt haben sich Kapillaren zum Durchsaugen von Luft oder inerten Gasen oder Röhren.

Siehe auch Abschnitt 4.9.9.

5.4.4.6 Bei Vakuumdestillationen müssen nicht kondensierte Dämpfe auskondensiert oder auf sonstige Weise gefahrlos abgeführt werden.

Verwendung von Kühlfallen siehe Abschnitt 5.4.6.

5.4.4.7 Bei Vakuumdestillationen sind die Apparaturen vor Beginn des Aufheizens zu evakuieren und erst nach dem Abkühlen zu belüften. Dies muß ohne Entfernen von Sicherheitseinrichtungen möglich sein.

Siehe auch Abschnitt 5.4.4.4.

5.4.4.8 Besteht die Gefahr, daß sich der Destillationsrückstand in Gegenwart von Sauerstoff zersetzt, darf nur Inertgas zum Entspannen eingelassen werden.

5.4.5 Trocknen in Wärmeschränken

5.4.5.1 Werden in Wärmeschränken Produkte getrocknet, aus denen sich gefährliche explosionsfähige Atmosphäre entwickeln kann, müssen Maßnahmen des Explosionsschutzes getroffen werden.

Siehe § 44 UVV "Allgemeine Vorschriften" (VBG 1), § 6 UVV "Trockner für Beschichtungsstoffe" (VBG 24) und DIN 12 880-1.

5.4.5.2 Wärmeschränke, aus denen Gase, Dämpfe oder Nebel in gefährlicher Konzentration oder Menge austreten können, müssen an eine ständig wirksame Entlüftung angeschlossen werden.

Sonderabsaugungen siehe DIN 1946-7 "Raumluftechnik; Raumluftechnische Anlagen in Laboratorien (VDI-Lüftungsregeln)".

5.4.5.3 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 soll, wenn die gewählte Einstelltemperatur (Arbeitstemperatur), z.B. bei Versagen der Temperaturregeleinrichtung, überschritten wird, die Heizung bleibend abschalten; siehe DIN 12 880-1.

Bei thermisch instabilen Stoffen sollen 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.

5.4.6 Tiefkühlung

5.4.6.1 Bei Verwendung eines Tiefkühlbades aus festem Kohlendioxid und organischen Lösemitteln ist zu verhindern, daß bei Bruch der zu kühlenden Glasgefäße deren Inhalt mit dem Kühlmittel gefährlich reagiert.

Es darf z.B. Aceton nicht als Tiefkühlmedium verwendet werden, wenn wasserstoffperoxidhaltige Flüssigkeiten gekühlt werden. Bei Bruch der Glasgefäße kann explosionsgefährliches Acetonperoxid entstehen, das stoßempfindlich ist.

5.4.6.2 Festes Kohlendioxid muß den Lösemitteln vorsichtig zugegeben werden.

Durch entweichendes Kohlendioxid kann das Lösemittel sehr leicht überschäumen. Dies kann bei brennbaren Lösemitteln zu Bränden führen.

5.4.6.3 Nach Gebrauch der Tiefkühlbäder sind diese umgehend abzudecken.

5.4.6.4 DewargefäÙe dürfen nur in trockenem und sauberem Zustand mit verflüssigten Gasen gefüllt werden.

5.4.6.5 Wird zur Tiefkühlung organischer Stoffe flüssiger Stickstoff verwendet, muß die Verweilzeit von flüssigem Stickstoff in offenen DewargefäÙen begrenzt werden. Sofern Sauerstoff in den flüssigen Stickstoff einkondensiert ist, muß das DewargefäÙ umgehend ausgeleert werden.

Eine kurze Verweilzeit verhindert, daß Sauerstoff nach einiger Zeit in den Stickstoff einkondensieren kann. Einkondensierter Sauerstoff kann an der leichten Blaufärbung des Flüssigstickstoffes erkannt werden.

5.4.6.6 Die Verwendung von flüssigem Sauerstoff oder flüssiger Luft zur Tiefkühlung ist nicht zulässig.

Flüssige Luft oder flüssiger Sauerstoff bilden mit organischen Stoffen ein explosionsgefährliches Gemisch.

5.4.6.7 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.

5.4.7 Zentrifugen

Für den Betrieb von Zentrifugen ist eine Betriebsanweisung zu erstellen. Zentrifugen dürfen nur von unterwiesenen Personen benutzt werden.

Für Ultrazentrifugen ist ein Betriebsbuch zu führen. Versicherte, die mit Ultrazentrifugen umgehen, sind namentlich festzuhalten.

Auf die besonderen Gefahren beim Umgang mit leicht- und hochentzündlichen Stoffen ist zu achten (Explosionsgefahr).

Siehe DIN 24 403 "Betriebsanleitungen für Zentrifugen; Hinweise für die Erstellung" und DIN EN 61 010-2/VDE 0411-2-020 "Sicherheitsbestimmungen für elektrische Meß-, Steuer-, Regel- und Laborgeräte; Teil 2-020: Besondere Anforderungen an Laborzentrifugen (IEC 61010-2-020:1992, modifiziert)" und UVV "Zentrifugen" (VBG 7z).

6 Umgang mit Abfällen

6.1 Sammlung, Kennzeichnung und Transport

6.1.1 Die einzelnen Abfallarten sind getrennt zu sammeln, damit gefährliche Reaktionen ausgeschlossen sind. Es sind Behälter bereitzustellen, die nach Größe und Bauart für die Sammlung der einzelnen Abfallarten geeignet sind und die von den Beschäftigten sicher transportiert werden können. Insbesondere müssen die Behälter den zu erwartenden chemischen und mechanischen Beanspruchungen durch die Füllgüter standhalten.

Siehe Abschnitt 4.10.11 und Nummer 1.9 der Technischen Regeln für brennbare Flüssigkeiten TRBF 143 "Ortsbewegliche GefäÙe".

6.1.2 Spitze, scharfe oder zerbrechliche Gegenstände dürfen nur in stich- und formfeste Behältnisse gegeben werden. Das Entleeren dieser Behältnisse darf nur durch Auskippen geschehen. Dabei sind geeignete Schutzhandschuhe zu tragen.

- 6.1.3** Sammelbehälter für Gefahrstoffabfälle sind innerhalb des Labors so aufzubewahren, daß sie die übliche Laborarbeit nicht beeinträchtigen.

Bei der Bereithaltung 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 Gefahrstoffabfälle der Trichter sowie der Sammelbehälter an einen Potentialausgleich angeschlossen sein. Dies gilt nicht für Behälter mit einem Nennvolumen bis zu 5 Litern.

Um ein sicheres Befüllen zu ermöglichen, sollte der Trichter beim Befüllen mit flüssigen Gefahrstoffabfällen fest mit dem Sammelbehälter verbunden sein.

Siehe Abschnitt 3.3.2.

- 6.1.4** Abfallbehälter sind nach den Technischen Regeln für Gefahrstoffe TRGS 201 "Kennzeichnung von Abfällen beim Umgang" zu kennzeichnen.
- 6.1.5** Abfallbehälter für den außerbetrieblichen Transport müssen den Vorschriften über den Transport von Gefahrgut entsprechen.

6.2 Beseitigung von Abfällen

- 6.2.1** Abfälle, die aufgrund ihrer chemischen Eigenschaften nicht durch Dritte entsorgt werden können, sind im Laboratorium gefahrlos zu vernichten oder in eine entsorgungsfähige Form umzuwandeln. Dafür sind spezielle Betriebsanweisungen zu erstellen.

Siehe z.B. D. Bernabei "Sicherheit/Handbuch für das Labor", D. Reichard, W. Ochterbeck "Abfälle aus chemischen Laboratorien und medizinischen Einrichtungen" und L. Roth "Gefahrstoff-Entsorgung".

- 6.2.2** Entleerte Behälter, die Gefahrstoffe, insbesondere brennbare Flüssigkeiten enthielten, sind vor ihrer Entsorgung oder anderweitiger Weiterverwendung ausreichend zu reinigen.

Siehe Abschnitt 4.11.1.

- 6.2.3** Die Beseitigung gefährlicher Abfälle ist in solchen Zeitabständen vorzunehmen, daß das Aufbewahren, der Transport und das Vernichten dieser Stoffe nicht zu einer Gefährdung führen kann. Die Arbeitsplätze sind mindestens einmal jährlich auf gefährliche Abfälle hin zu prüfen.

Siehe auch Abschnitt 4.10.14.

7 Kleidung und Schuhwerk

7.1 Arbeitskleidung

- 7.1.1** Bei Arbeiten in Laboratorien ist geeignete Arbeitskleidung zu tragen.

Geeignete Arbeitskleidung ist z.B. ein ausreichend langer Laborkittel mit langen Ärmeln.

Die Straßenkleidung gilt nicht als geeignete Arbeitskleidung.

Siehe auch "Regeln für den Einsatz von Schutzkleidung" (ZH 1/700) und Merkblatt M 006 "Besondere Schutzmaßnahmen in Laboratorien".

Bei Arbeiten mit biologischen Agenzien sowie bei Infektionsgefahr siehe UVV "Biotechnologie" (VBG 102), Merkblatt B 002 "Sichere Biotechnologie; Laboratorien – Ausstattung und organisatorische Maßnahmen" (ZH 1/342) und UVV "Gesundheitsdienst" (VBG 103).

Bei Arbeiten mit fruchtschädigenden Arbeitsstoffen siehe Merkblatt M 039 "Fruchtschädigungen – Schutz am Arbeitsplatz".

- 7.1.2** Arbeitskleidung aus handelsüblichen Geweben ist zulässig, sofern durch deren Brenn- oder Schmelzverhalten für die Versicherten im Brandfall keine erhöhte Gefährdung zu erwarten ist.

Es ist zweckmäßig, auch Bekleidung und Unterwäsche aus Textilien mit derartigem Verhalten zu tragen.

Schutzkleidung siehe Abschnitt 8.4.

7.2 Schuhwerk

In Laboratorien darf nur festes, geschlossenes und trittsicheres Schuhwerk getragen werden.

Siehe § 35 UVV "Allgemeine Vorschriften" (VBG 1).

8 Persönliche Schutzausrüstungen

8.1 Augenschutz

- 8.1.1** Der Unternehmer hat dafür zu sorgen, daß in Laboratorien alle Personen ständig eine Gestellbrille mit ausreichendem Seitenschutz tragen. Bei Arbeiten, die mit besonderen Gefahren für die Augen verbunden sind, müssen darüber hinaus andere geeignete Augenschutzgeräte getragen werden.

Gut bewährt haben sich Schutzbrillen mit zusätzlicher oberer Augenraumabdeckung.

Andere geeignete Augenschutzgeräte sind z.B. Korbbrillen, Gesichtsschutzschirme.

Siehe "Regeln für den Einsatz von Augen- und Gesichtsschutz" (ZH 1/703).

- 8.1.2** Ist beim Abfüllen von Flüssigkeiten mit einer Gefährdung zu rechnen, sind Korbbrillen zu tragen.

Als zusätzlicher Spritzschutz wird das Tragen eines Schutzschirmes empfohlen.

Zweckmäßig ist ferner das Tragen von geeigneten Schutzhandschuhen und Schutzkleidung.

Siehe Abschnitt 8.1.1 sowie "Regeln für den Einsatz von Augen- und Gesichtsschutz" (ZH 1/703), "Regeln für den Einsatz von Schutzhandschuhen" (ZH 1/706)

und

"Regeln für den Einsatz von Schutzkleidung" (ZH 1/700).

In Einzelfällen kann Atemschutz erforderlich sein; siehe "Regeln für den Einsatz von Atemschutzgeräten" (ZH 1/701) und Merkblatt "Ätzende und reizende Stoffe" (ZH 1/229).

Beim Abfüllen für den Handgebrauch, z.B. aus Standflaschen, ist im allgemeinen nicht mit einer Gefährdung zu rechnen.

8.1.3 Können beim Öffnen von Gebinden Verätzungen durch den Inhalt auftreten, sind zusätzlich zur Schutzbrille auch Gesichts- und Handschutz zu tragen.

Verätzungsgefahr besteht z.B. beim Öffnen von aufgewölbten Gebinden oder festsitzenden Verschlüssen – auch von Standflaschen für den Handgebrauch.

Siehe "Regeln für den Einsatz von Augen- und Gesichtsschutz" (ZH 1/703) sowie "Regeln für den Einsatz von Schutzhandschuhen" (ZH 1/706).

8.2 Handschutz

Bei Arbeiten, 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 unverzüglich zu ersetzen.

Gefahren für die Hände können auch bei Reinigungsarbeiten bestehen.

Viele Gefahrstoffe können in das Handschuhmaterial hineindiffundieren. Die Schutzhandschuhe sind daher gemäß den Beständigkeitsangaben des Herstellers auszuwählen.

Siehe "Regeln für den Einsatz von Schutzhandschuhen" (ZH 1/706).

Siehe auch § 14 UVV "Allgemeine Vorschriften" (VBG 1).

8.3 Atemschutz

Können Gefahrstoffe in gefährlicher Konzentration unerwartet auftreten, sind geeignete Atemschutzgeräte bereitzuhalten. Das Tragen von Atemschutzgeräten darf keine ständige Maßnahme sein.

Mit dem unerwarteten Auftreten von Gefahrstoffen in gefährlicher Konzentration ist z.B. beim Verschütten von Gefahrstoffen zu rechnen.

Beim Umgang mit sehr giftigen Gasen kann es notwendig sein

- Fluchtgeräte (z.B. Filterfluchtgeräte), mitzuführen,
- Fluchtgeräte in der Nähe gefährdeter Stellen in ausreichender Anzahl bereitzustellen
- oder
- Atemschutzgeräte zu benutzen.

Siehe "Regeln für den Einsatz von Atemschutzgeräten" (ZH 1/701).

8.4 Schutzkleidung

Der Unternehmer hat entsprechend der jeweiligen Tätigkeit geeignete Schutzkleidung zur Verfügung zu stellen; die Versicherten haben diese zu benutzen.

Geeignete Schutzkleidung bei erhöhter Brandgefahr besteht z.B. aus schwer entflammaren Geweben oder ausreichend flammenhemmend ausgerüsteter Baumwolle.

Es ist notwendig, daß die unter der Schutzkleidung getragene Kleidung aus nicht schmelzenden Textilien besteht; siehe auch Abschnitt 7.1.

Geeignete Schutzkleidung beim Umgang mit größeren Mengen ätzender Flüssigkeiten besteht z.B. aus gummiertem oder PVC-beschichtetem Gewebe.

Geeignete Schutzkleidung in medizinischen Laboratorien siehe § 7 UVV "Gesundheitsdienst" (VBG 103).

Hinsichtlich Trageverpflichtung siehe § 14 UVV "Allgemeine Vorschriften" (VBG 1).

9 Brandschutz

9.1 Feuerlöscheinrichtungen

Der Unternehmer hat zum Löschen von Bränden in Laboratorien Einrichtungen nach Anhang 1 bereitzustellen. Die Stellen, an denen sich Feuerlöscheinrichtungen befinden, sind durch das Brandschutzzeichen F04 "Feuerlöschgerät" zu kennzeichnen. Das Zeichen muß der UVV "Sicherheits- und Gesundheitsschutzkennzeichnung am Arbeitsplatz" (VBG 125) entsprechen. Der Zugang zu den Feuerlöscheinrichtungen ist ständig freizuhalten.

Siehe auch § 43 UVV "Allgemeine Vorschriften" (VBG 1) und "Regeln für die Ausrüstung von Arbeitsstätten mit Feuerlöschern" (ZH 1/201).

9.2 Verhalten bei Bränden

9.2.1 Der Unternehmer hat für den Brandfall einen Alarmplan aufzustellen.

Siehe § 55 Arbeitsstättenverordnung und § 43 Abs. 6 UVV "Allgemeine Vorschriften" (VBG 1).

9.2.2 Die Versicherten sind im Rahmen wiederholter Belehrungen und praktischer Übungen mit der Handhabung der zur Verfügung stehenden Feuerlöscher vertraut zu machen.

Siehe § 43 Abs. 6 der UVV "Allgemeine Vorschriften" (VBG 1) und Abschnitt 4.3.

9.2.3 Im Brandfall ist unverzüglich die Feuerwehr zu benachrichtigen. Bei ihrem Eintreffen ist sie durch orts- und sachkundige Personen einzuweisen. Bis zum Eintreffen der Feuerwehr ist der Brand mit den vorhandenen Feuerlöschern zu bekämpfen, sofern dies gefahrlos möglich ist. Alle nicht für Löscharbeiten oder Rettungsmaßnahmen erforderlichen Personen haben den Gefahrenbereich zu verlassen.

Löschmittel für Brände siehe Anhang 1.

9.2.4 Kleiderbrände sind mit geeigneten Feuerlöschern oder Notduschen zu löschen. Im Brandfall ist der zuerst erreichbare Feuerlöscher zu benutzen.

Bewährt haben sich z.B. Pulver- und Kohlendioxidlöcher.

Bei allen Löschmaßnahmen ist zu beachten, daß in Brand geratene Personen zu panikartiger Flucht neigen.

10 Erste Hilfe

10.1 Erste-Hilfe-Maßnahmen müssen auf die in Laboratorien möglichen Verletzungen und Gesundheitsschädigungen ausgerichtet sein.

Dies sind z.B. Maßnahmen bei Augenverätzungen, Hautverätzungen, Schnittverletzungen, Verbrennungen und Verbrühungen.

Siehe auch UVV "Erste Hilfe" (VBG 109).

10.2 Der Unternehmer hat die von der Berufsgenossenschaft 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.

Siehe § 11 Abs. 2 UVV "Erste Hilfe" (VBG 109),
"Anleitung zur Ersten Hilfe bei Unfällen" (ZH 1/144),
"Merkblatt für die Erste Hilfe bei Einwirken gefährlicher chemischer Stoffe" (ZH 1/175)
sowie
"Merkblatt: Erste Hilfe bei erhöhter Einwirkung ionisierender Strahlen" (ZH 1/546).

- 10.3** Der Unternehmer hat dafür zu sorgen, daß ausreichend Verbandmaterial, erforderliche Geräte und beim Umgang mit sehr giftigen und giftigen Stoffen 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 Verschuß aufzubewahren.

Zum Inhalt von Verbandkästen siehe Durchführungsanweisungen zu § 5 UVV "Erste Hilfe" (VBG 109)

und

"Merkblatt für Erste-Hilfe-Material" (ZH 1/146).

Siehe auch Merkblätter der Berufsgenossenschaft der chemischen Industrie über gefährliche Arbeitsstoffe.

- 10.4** Mit Gefahrstoffen verunreinigte Kleidungsstücke, auch Unterkleidung, Strümpfe, Schuhe, sind sofort auszuziehen. Verunreinigte Kleidungsstücke sind so zu behandeln, daß keine weiteren Personen gefährdet werden.

Gegebenenfalls sind die Kleidungsstücke vorzureinigen oder zu entsorgen.

- 10.5** Mit Gefahrstoffen in Berührung gekommene Körperstellen sind sofort gründlich abzuwaschen.

Siehe Abschnitt 3.5.

- 10.6** Bei Einwirkung oder Verdacht auf eine Einwirkung gesundheitsgefährlicher Stoffe sind die Betroffenen unverzüglich dem Arzt vorzustellen; der Vorgesetzte ist in allen Fällen unverzüglich zu benachrichtigen.

Es kann zweckmäßig sein, den Betroffenen liegend zu transportieren; nach Einatmen z.B. von Ammoniak, Chlor, nitrosen Gasen, Phosgen, ist liegender Transport auch bei scheinbar gehfähigen Personen erforderlich. Der Arzt ist über die Art der Einwirkung des Stoffes zu unterrichten, z.B. durch telefonische Auskunft, Begleitzettel oder sachkundige Begleitpersonen.

Siehe auch §§ 14 und 15 UVV "Erste Hilfe" (VBG 109).

- 10.7** Bei wiederkehrenden Gesundheitsstörungen sowie beim Auftreten von Hautreizungen und Ausschlägen ist der Vorgesetzte zu informieren, wenn der Verdacht besteht, daß diese durch Einwirkung von Gefahrstoffen am Arbeitsplatz verursacht sein könnten.

11 Prüfungen

Siehe auch Abschnitt 2.3.

11.1 Gasarmaturen und -leitungen

Der Unternehmer hat die Gasarmaturen und -leitungen 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-Normen, VDE-Bestimmungen, technischen Regeln anderer Mitgliedstaaten der Europäischen Union oder anderer Vertragsstaaten des Abkommens über den Europäischen Wirtschaftsraum) soweit vertraut ist, daß er den arbeitssicheren Zustand der Gasarmaturen und -leitungen beurteilen kann.

Siehe DVGW Arbeitsblatt G 621 "Gasanlagen in Laboratorien und naturwissenschaftlich-technischen Unterrichtsräumen; Installation und Betrieb".

Verbrauchseinrichtungen mit Flüssiggas siehe UVV "Verwendung von Flüssiggas" (VBG 21).

11.2 Notduschen

Der Unternehmer hat dafür zu sorgen, daß Körper- und Augenduschen mindestens einmal monatlich durch eine von ihm beauftragte Person auf Funktionsfähigkeit geprüft werden.

Siehe auch § 39 UVV "Allgemeine Vorschriften" (VBG 1).

11.3 Elektrische Anlagen und Betriebsmittel

Der Unternehmer hat dafür zu sorgen, daß elektrische Betriebsmittel in Laboratorien in regelmäßigen Abständen geprüft werden.

Siehe auch § 5 UVV "Elektrische Anlagen und Betriebsmittel" (VBG 4).

11.4 Druckbehälter und Versuchsautoklaven (einschließlich Glas)

Druckbehälter müssen nach § 31 Druckbehälterverordnung durch den Sachverständigen bzw. nach § 32 Druckbehälterverordnung durch den Sachkundigen geprüft werden. Dabei sind die Sonderregelungen der Technischen Regeln Druckbehälter TRB 801 "Besondere Druckbehälter nach Anhang II zu § 12 DruckbehV", insbesondere Nummer 38 "Versuchsautoklaven" und Nummer 32 "Druckbehälter aus Glas" zu beachten.

Der Sachkundige muß nach § 32 Druckbehälterverordnung insbesondere eine Bescheinigung über die erfolgreiche Teilnahme an einem staatlichen oder staatlich anerkannten Lehrgang vorlegen können.

Prüfung von Rohrleitungen siehe Abschnitt 5 Druckbehälterverordnung.

11.5 Abzüge

Abzüge müssen regelmäßig gewartet und ihre Funktionsfähigkeit geprüft und dokumentiert werden. Die Prüfung muß mindestens einmal jährlich durch einen Sachkundigen durchgeführt werden. Die jährliche Prüfung der lufttechnischen Funktion kann entfallen, wenn durch eine Dauerüberwachung des einzelnen Abzugs sichergestellt ist, daß eine Unterschreitung des Mindestvolumenstroms optisch und akustisch angezeigt wird

Siehe § 53 Abs. 2 Arbeitsstättenverordnung und § 39 Abs. 3 UVV "Allgemeine Vorschriften" (VBG 1).

Sachkundiger ist, wer aufgrund seiner fachlichen Ausbildung und Erfahrung ausreichende Kenntnisse auf dem Gebiet der Abzugsprüfung hat und mit den einschlägigen staatlichen Arbeitsschutzvorschriften, Unfallverhütungsvorschriften, Richtlinien und allgemein anerkannten Regeln der Technik (z.B. DIN-Normen, VDE-Bestimmungen, technischen Regeln anderer Mitgliedstaaten der Europäischen Union oder anderer Vertragsstaaten des Abkommens über den Europäischen Wirtschaftsraum) soweit vertraut ist, daß er den arbeitssicheren Zustand von Abzügen beurteilen kann.

Eine verwendete technische Einrichtung zur Dauerüberwachung signalisiert z.B. bei Verschmutzung, Korrosion, Belastung durch Chemikalien, Alterung oder bei Fehlern in der Elektronik die Nichtverfügbarkeit der Überwachung durch Störungsmeldung optisch und akustisch.

Gegenenfalls kann nach Umbaumaßnahmen der lufttechnischen Anlage (z.B. bei Beeinflussung der Volumenströme) eine erneute Prüfung erforderlich sein.

Die regelmäßige Prüfung umfaßt

- die allgemeine Sichtkontrolle des sicherheitstechnischen Zustandes des Abzuges,
- die Kontrolle der Frontschiebermechanik auf Leichtgängigkeit, Verkantungen und Geräusche; gegebenenfalls sind je nach Einsatzbedingungen auch Seile und Gewichte auf Schäden zu überprüfen,
- 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:
 - Tischabzüge (Höhe der Arbeitsfläche 900 mm) benötigen 400 m³/h Luft-Volumenstrom pro laufendem Meter Frontlänge,
 - Tiefabzüge (Höhe der Arbeitsfläche 500 mm) benötigen 600 m³/h Luft-Volumenstrom pro laufendem Meter Frontlänge,
 - Begehbare Abzüge (Höhe der Arbeitsfläche 0 mm) benötigen 700 m³/h Luft-Volumenstrom pro laufendem Meter Frontlänge,
 - Aufschlußabzüge (Höhe der Arbeitsfläche 900 mm) benötigen 700 m³/h Luft-Volumenstrom pro laufendem Meter Frontlänge.

Die regelmäßige Prüfung der lufttechnischen Funktion kann als Differenzdruck- oder Geschwindigkeitsmessung im Lüftungsstutzen oberhalb des Abzugs oder an der Frontschieberöffnung erfolgen. Die Geschwindigkeitsmessung kann durch Ermittlung der Einstromgeschwindigkeit bei 100 mm hoch geöffnetem Frontschieber erfolgen. Geeignete Meßgeräte sind z.B. thermische oder Flügelradanemometer.

Die Prüfung der lufttechnischen Funktion von Abzügen mit Einbaudatum vor dem 1. Oktober 1993, die nach DIN 12 924-1 vom August 1991 oder DIN 12 924-2 vom Januar 1994 gefertigt wurden, erfolgt anhand der Herstellerangaben.

12 Zeitpunkt der Anwendung

- 12.1** Diese Richtlinien sind anzuwenden ab 1. Oktober 1993. Sie ersetzen die "Richtlinien für Laboratorien" (ZH 1/119) vom April 1982.
- 12.2** Abweichend von Abschnitt 12.1 sind die Bestimmungen der Abschnitte 3.2.1.3, 3.2.1.8, 3.3.1, 3.3.2 und 3.4.5.1 für Laboratorien, die vor dem 1. Oktober 1993 eingerichtet worden sind, nicht anzuwenden.
- 12.3** Abweichend von Abschnitt 12.1 sind die Bestimmungen der Abschnitte 3.2.2, 3.4.5.2, 3.5.1.1, 3.5.2 und 3.6.3.3 anzuwenden ab 1. Oktober 1996.
- 12.4** Abweichend von den Abschnitten 12.1 und 12.3 sind Türen von Laboratorien, die vor dem 1. April 1982 eingerichtet worden sind, auch ohne Sichtfenster zulässig (siehe Abschnitt 3.1.3).

Anhang 1

Löschmittel für Brände in Laboratorien

Für eine wirksame Brandbekämpfung in Laboratorien ist die richtige Wahl des Löschmittels von entscheidender Bedeutung. Sie hängt von der Art und den Eigenschaften der brennenden Stoffe ab. Die DIN EN 2 "Brandklassen" sowie DIN EN 3 "Tragbare Feuerlöscher" sind zu beachten.

1. In Laboratorien müssen zur Brandbekämpfung tragbare Feuerlöschgeräte vorhanden sein.
Außerdem kann die Bereitstellung von Feuerlöschdecken nach DIN 14 155 "Löschdecke", Löschsand, Speziallöschmittel und Gegenständen zum Abdecken erforderlich sein. Feuerlöschdecken reichen zur Personenbrandbekämpfung allein nicht aus. Siehe auch "Regeln für die Ausrüstung von Arbeitsstätten mit Feuerlöschern" (ZH 1/201).
2. In den meisten Fällen werden zur Brandbekämpfung im Laboratorium Kohlendioxid-Löcher ausreichen. Sie hinterlassen keine Rückstände und verursachen daher keine Verschmutzung des Raumes, keine Schäden an empfindlichen Geräten, sind chemisch nahezu indifferent und auch bei elektrischen Anlagen verwendbar.
3. Brände von Alkalimetallen, Metallalkylen, Lithiumaluminiumhydrid, Silanen und ähnlichen dürfen unter keinen Umständen mit Wasser oder Schaumlöschern bekämpft werden. Ein geeignetes Löschmittel ist z.B. bei Natriumbränden Löschsand oder Metallbrandpulver.
4. Für brennbare Flüssigkeiten ist Kohlendioxid oder Löschpulver, für unter Spannung stehende elektrische Anlagen Kohlendioxid einzusetzen.
5. Brände von verflüssigten und verdichteten Gasen, die aus Druckgasflaschen austreten, werden grundsätzlich durch Schließen der Flaschenventile (Unterbrechen der Gaszufuhr) gelöscht. Ist diese Sofortmaßnahme nicht gefahrlos durchführbar (z.B. bei Bränden im Bereich der Flaschenventile), wird die Brandbekämpfung mit Pulver- oder Kohlendioxidfeuerlöschern zu dem Zweck durchgeführt, die Flaschenventile unmittelbar nach dem Ablöschen zu schließen.

Achtung: Druckgasflaschen, die Brandeinwirkungen ausgesetzt waren, sind außer Betrieb zu nehmen, entsprechend zu kennzeichnen und dem Füllbetrieb zuzustellen.

Druckgasflaschen, die durch Brandeinwirkung erwärmt wurden, sind aus geschützter Stellung mit Wasser zu kühlen. Bei sehr warmen Flaschen (durch verdampfendes Wasser erkennbar!) ist die Umgebung wegen möglicher Explosionsgefahr unverzüglich zu räumen.

Anhang 2

Vorschriften und Regeln

Nachstehend sind die insbesondere zu beachtenden einschlägigen Vorschriften und Regeln zusammengestellt; siehe auch Abschnitt 2.2:

1. Gesetze/Verordnungen

(Bezugsquelle: Buchhandel oder
Carl Heymanns Verlag KG,
Luxemburger Straße 449, 50939 Köln)

Gesetz zum Schutz vor gefährlichen Stoffen (Chemikaliengesetz – ChemG),

Gesetz zur Neuordnung des Betäubungsmittelrechts,

Gesetz über technische Arbeitsmittel (Gerätesicherheitsgesetz),

Gesetz über explosionsgefährliche Stoffe (Sprengstoffgesetz – SprengG),

Gesetz zur Regelung von Fragen der Gentechnik (Gentechnikgesetz – GenTG),

Gesetz zum Schutz der arbeitenden Jugend (Jugendarbeitsschutzgesetz – JArbSchG),

Gesetz zum Schutze der erwerbstätigen Mutter (Mutterschutzgesetz – MuSchG),

Verordnung über die innerstaatliche und grenzüberschreitende Beförderung gefährlicher Güter auf Straßen (Gefahrgutverordnung Straße – GGVS),

Erste Verordnung zum Sprengstoffgesetz (1. SprengV),

Zweite Verordnung zum Sprengstoffgesetz (2. SprengV),

Verordnung über den Schutz vor Schäden durch ionisierende Strahlen (Strahlenschutzverordnung – StrlSchV),

Verordnung über Druckbehälter, Druckgasbehälter und Füllanlagen (Druckbehälterverordnung – DruckbehV) mit zugehörigen Technischen Regeln Druckbehälter TRB 801 "Besondere Druckbehälter nach Anhang II zu § 12 DruckbehV",

Technischen Regeln Druckgase (TRG), insbesondere

TRG 280 "Allgemeine Anforderungen an Druckgasbehälter; Betreiben von Druckgasbehältern",

TRG 402 "Füllanlagen; Betreiben von Füllanlagen" mit Anlage 1 "Volumetrisches Füllen von Handwerkerflaschen mit Flüssiggas",

Verordnung über Anlagen zur Lagerung, Abfüllung und Beförderung brennbarer Flüssigkeiten zu Lande (Verordnung über brennbare Flüssigkeiten – VbF) mit zugehörigen Technischen Regeln für brennbare Flüssigkeiten (TRbF), insbesondere

TRbF 100 "Allgemeine Sicherheitsanforderungen",

TRbF 110 "Läger",

TRbF 143 "Ortsbewegliche Gefäße",

Verordnung über Acetylenanlagen und Calciumcarbidlager (Acetylenverordnung – AcetV) mit zugehörigen Technischen Regeln für Acetylen und Calciumcarbidlager TRAC 204 "Acetylenleitungen",

Verordnung über Sicherheitsstufen und Sicherheitsmaßnahmen bei gentechnischen Arbeiten in gentechnischen Anlagen (Gentechnik-Sicherheitsverordnung – GenTSV),
Berufskrankheiten-Verordnung,
Dritte Verordnung zum Gerätesicherheitsgesetz (Maschinenlärminformations-Verordnung – 3. GSGV),
Verordnung über Arbeitsstätten (Arbeitsstättenverordnung – ArbStättV) mit zugehörigen Arbeitsstätten-Richtlinien (ASR); insbesondere
ASR 8/1 "Fußböden",
ASR 10/1 "Türen und Tore",
ASR 10/5 "Glastüren; Türen mit Glaseinsatz",
Verordnung über gefährliche Stoffe (Gefahrstoffverordnung – GefStoffV) mit zugehörigen Technischen Regeln für Gefahrstoffe (TRGS), insbesondere
TRGS 100 "Auslöseschwelle für gefährliche Stoffe",
TRGS 200 "Einstufung von Stoffen, Zubereitungen und Erzeugnissen",
TRGS 402 "Ermittlung und Beurteilung der Konzentrationen gefährlicher Stoffe in der Luft in Arbeitsbereichen",
TRGS 451 "Umgang mit Gefahrstoffen im Hochschulbereich",
TRGS 514 "Lagern sehr giftiger und giftiger Stoffe in Verpackungen und ortsbeweglichen Behältern",
TRGS 515 "Lagern brandfördernder Stoffe in Verpackungen und ortsbeweglichen Behältern",
TRGS 555 "Betriebsanweisung und Unterweisung nach § 20 GefStoffV",
TRGS 560 "Luftrückführung beim Umgang mit krebserzeugenden Gefahrstoffen",
TRGS 900 "Grenzwerte in der Luft am Arbeitsplatz; Luftgrenzwerte" (ZH 1/401).

2. Unfallverhütungsvorschriften

(Bezugsquelle: Berufsgenossenschaft oder
Carl Heymanns Verlag KG,
Luxemburger Straße 449, 50939 Köln)

Allgemeine Vorschriften (VBG 1),
Elektrische Anlagen und Betriebsmittel (VBG 4),
Zentrifugen (VBG 7z),
Verwendung von Flüssiggas (VBG 21),
Trockner für Beschichtungsstoffe (VBG 24),
Explosivstoffe – Allgemeine Vorschrift (VBG 55a),
Organische Peroxide (VBG 58),
Gase (VBG 61),
Sauerstoff (VBG 62),
Leitern und Tritte (VBG 74),

Biotechnologie (VBG 102),
Gesundheitsdienst (VBG 103),
Erste Hilfe (VBG 109),
Umgang mit krebserzeugenden Gefahrstoffen (VBG 113),
wird voraussichtlich zum 1. Oktober 1998 durch die UVV "Umgang mit Gefahrstoffen"
(VBG 91) abgelöst.
Lärm (VBG 121),
Sicherheits- und Gesundheitsschutzkennzeichnung am Arbeitsplatz (VBG 125).

3. Berufsgenossenschaftliche Regeln, Richtlinien, Sicherheitsregeln, Grundsätze, Merkblätter und andere Schriften

(Bezugsquelle: Berufsgenossenschaft oder
Carl Heymanns Verlag KG,
Luxemburger Straße 449, 50939 Köln)

Richtlinien für die Vermeidung der Gefahren durch explosionsfähige Atmosphäre mit
Beispielsammlung – Explosionsschutz-Richtlinien – (EX-RL) (ZH 1/10),

Richtlinien für die Vermeidung von Zündgefahren infolge elektrostatischer
Aufladungen (Richtlinien "Statische Elektrizität") (ZH 1/200),

Richtlinien für die Verwendung von Flüssiggas (ZH 1/455),

Regeln für die Ausrüstung von Arbeitsstätten mit Feuerlöschern (ZH 1/201),

Regeln für den Einsatz von Schutzkleidung (ZH 1/700),

Regeln für den Einsatz von Atemschutzgeräten (ZH 1/701),

Regeln für den Einsatz von Augen- und Gesichtsschutz (ZH 1/703),

Regeln für den Einsatz von Schutzhandschuhen (ZH 1/706),

Merkblatt: Betriebsanweisungen für den Umgang mit Gefahrstoffen (ZH 1/124),

Merkblatt: Quecksilber und seine Verbindungen (ZH 1/125),

Merkblatt: Dimethylsulfat (ZH 1/128),

Merkblatt: Cyanwasserstoff (Blausäure), Cyanide (ZH 1/129.1),

Merkblatt: Hautschutz (ZH 1/132),

Anleitung zur Ersten Hilfe bei Unfällen (ZH 1/144),

Merkblatt: Fluorwasserstoff, Flußsäure und anorganische Fluoride (ZH 1/161),

Merkblatt für die Erste Hilfe bei Einwirken gefährlicher chemischer Stoffe (ZH 1/175),

Merkblatt: Salpetersäure, Stickstoffoxide, Nitrose Gase (ZH 1/214),

Merkblatt: Reizende Stoffe/Ätzende Stoffe (ZH 1/229),

Merkblatt: Chlor (ZH 1/230),

Merkblatt: Arsen und seine Verbindungen (ausgenommen Arsenwasserstoff) (ZH
1/236),

Merkblatt: Phthalsäureanhydrid und Maleinsäureanhydrid (ZH 1/287),

Merkblatt: Formaldehyd (ZH 1/296),

Merkblatt: Organo-Zinnverbindungen (ZH 1/297),
Merkblatt: Phosgen (ZH 1/298),
Merkblatt: Acrylnitril (ZH 1/302),
Merkblatt: Umgang mit Sauerstoff (ZH 1/307),
Merkblatt: Füllen von Druckbehältern mit Gasen (ZH 1/308),
Merkblatt: Phenol, Kresole und Xylenole (ZH 1/314),
Merkblatt: Brom (ZH 1/334),
Merkblatt: Sichere Biotechnologie; Laboratorien – Ausstattung und organisatorische Maßnahmen (ZH 1/342),
Merkblatt: Erste Hilfe bei erhöhter Einwirkung ionisierender Strahlen (ZH 1/546),
(Bezugsquelle: Berufsgenossenschaft der chemischen Industrie,
Kurfürsten-Anlage 62, 69115 Heidelberg)
Merkblatt: Besondere Schutzmaßnahmen in Laboratorien (M 006),
Merkblatt: Betriebsanweisungen (A 010),
Merkblatt: Sicherer Umgang mit Flüssigkeiten; Teil 1: Umfüllen (T 025),
Merkblatt: Beispielsammlung zu den Richtlinien "Statische Elektrizität" (T 033),
Merkblatt: Fruchtschädigungen – Schutz am Arbeitsplatz (M 039).
(Bezugsquelle: Berufsgenossenschaft für Gesundheitsdienst und
Wohlfahrtspflege,
Pappelallee 35/37, 22089 Hamburg)
Merkblatt: Richtig pipettieren (M 651),
Merkblatt zur Verhütung von Erkrankungen durch Schwefelwasserstoff,
Merkblätter über Gesundheitsschutz.
(Bezugsquelle: Bundesverband der Unfallkassen e.V.,
Fockensteinstraße 1, 81539 München)
Regeln für Sicherheit und Gesundheitsschutz beim Umgang mit Gefahrstoffen im Unterricht (GUV 19.16).

4. DIN-Normen

(Bezugsquelle: Beuth Verlag GmbH,
Burggrafenstraße 6, 10787 Berlin)

DIN EN 2 Brandklassen,
DIN EN 3 Tragbare Feuerlöscher,
DIN EN 294 Sicherheit von Maschinen; Sicherheitsabstände gegen das Erreichen von Gefahrstellen mit den oberen Gliedmaßen,
DIN EN 560 Gasschweißgeräte; Schlauchanschlüsse für Geräte und Anlagen für Schweißen, Schneiden und verwandte Verfahren,
DIN 1946-7 Raumluftechnik; Raumluftechnische Anlagen in Laboratorien (VDI-Lüftungsregeln),
DIN 1988 Technische Regeln für Trinkwasser-Installationen (TRWI),

DIN 2403	Kennzeichnung von Rohrleitungen nach dem Durchflußstoff,
DIN 3017-1	Schlauschellen: Teil 1: Schellen mit Schneckentrieb,
DIN 3537-3	Gasabsperarmaturen bis PN 4; Anforderungen und Anerkennungsprüfung für Laborarmaturen,
DIN 4815-2	Schläuche für Flüssiggas; Schlauchleitungen,
DIN 4844	Sicherheitskennzeichnung,
DIN 12 001-1	Sicherheitszeichen im Labor; Warnung vor Gasflaschen,
DIN 12 475	Laborgeräte aus Glas; Saugflaschen, zylindrische Form,
DIN 12 476	Laborgeräte aus Glas; Saugflaschen, konische Form,
DIN 12 491	Laborgeräte aus Glas; Vakuum-Exsikkatoren,
DIN 12 596	Laborgeräte aus Glas; Gas-Waschflaschen; Form nach Drechsel,
DIN 12 877	Elektrische Laborgeräte; Heizbäder; Allgemeine und sicherheitstechnische Anforderungen und Prüfungen,
DIN 12 879-1	Elektrische Laborgeräte; Flüssigkeitsthermostate, Allgemeine und sicherheitstechnische Anforderungen und Prüfungen,
DIN 12 880-1	Elektrische Laborgeräte; Wärmeschränke, Sicherheitstechnische Anforderungen und Prüfungen, Allgemeine technische Anforderungen,
DIN 12 897	Laborgeräte aus Metall; Hebebühnen, Sicherheitstechnische Anforderungen, Prüfung,
DIN 12 898	Laborarmaturen; Schlauchtüllen,
DIN 12 899-1	Laboreinrichtungen; Notduschen-Einrichtungen; Körperduschen, Sicherheitstechnische Anforderungen, Prüfungen,
DIN 12 899-2	Laboreinrichtungen; Notduschen-Einrichtungen; Augenduschen, Sicherheitstechnische Anforderungen, Prüfungen,
DIN 12 920	Laboreinrichtungen; Farbige Kennzeichnung der Stellteile von Laborarmaturen nach dem Durchflußstoff,
DIN 12 924-1	Laboreinrichtungen; Abzüge; Abzüge für allgemeinen Gebrauch, Arten, Hauptmaße, Anforderungen und Prüfungen,
DIN 12 924-2	Laboreinrichtungen; Abzüge; Abzüge für offene Aufschlüsse bei hohen Temperaturen, Hauptmaße, Anforderungen und Prüfungen,
DIN 12 925-1	Laboreinrichtungen und Betriebseinrichtungen; Sicherheitsschränke; Teil 1: Für brennbare Flüssigkeiten; Sicherheitstechnische Anforderungen, Prüfungen,
DIN 12 925-2	Laboreinrichtungen; Schränke für Druckgasflaschen; Sicherheitstechnische Anforderungen, Prüfung,
DIN 12 926-1	Laboreinrichtungen; Labortische, Labortische für allgemeinen Gebrauch, Außenmaße, Platzbedarf, Anforderungen und Prüfungen,
DIN 12 927	Laboreinrichtungen; Absaugboxen mit Luftrückführung; Anforderungen und Prüfungen,
DIN 14 494	Sprühwasser-Löschanlagen, ortsfest, mit offenen Düsen,

DIN 18 381	VOB Verdingungsordnung für Bauleistungen, Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV); Gas-, Wasser- und Abwasser-Installationsanlagen innerhalb von Gebäuden,
DIN 19 541	Geruchsverschlüsse für Entwässerungsanlagen; Funktionsgrundsätze,
DIN 24 403	Betriebsanleitungen für Zentrifugen; Hinweise für die Erstellung,
DIN 30 600	Graphische Symbole; Registrierung, Bezeichnung,
DIN 30 664-1	Schläuche für Gasbrenner für Laboratorien; ohne Ummantelung und Armierung, Sicherheitstechnische Anforderungen und Prüfungen,
DIN 30 665-1	Gasverbrauchseinrichtungen; Gasbrenner für Laboratorien (Laborbrenner); Sicherheitstechnische Anforderungen, Prüfung,
DIN 32 620	Schlauchbinder; Spanner und Band,
DIN ISO 3585	Borosilicatglas 3.3; Eigenschaften, identisch mit ISO 3585:1991.

5. VDE-Bestimmungen

(Bezugsquelle:	VDE Verlag GmbH, Bismarckstraße 33, 10625 Berlin)
DIN VDE 0100-200	Errichten von Starkstromanlagen mit Nennspannungen bis 1000 V,
DIN EN 61010-2-020/ VDE 0411-2-020	Sicherheitsbestimmungen für elektrische Meß-, Steuer-, Regel- und Laborgeräte; Teil 2-020: Besondere Anforderungen an Laborzentrifugen (IEC 61010-2-020:1992, modifiziert),
DIN VDE 0789-100	Unterrichtsräume und Laboratorien; Einrichtungsgegenstände, Sicherheitsbestimmungen für energieverSORgte Baueinheiten,
DIN VDE 1000	Allgemeine Leitsätze für das sicherheitsgerechte Gestalten technischer Erzeugnisse.

6. DVGW-Arbeitsblätter

(Bezugsquelle:	Wirtschafts- und Verlagsgesellschaft Gas und Wasser mbH, Zur Degensmühle 3, 53347 Alfter)
GW 3	Technische Regeln für Bau und Prüfung von vorgefertigten Bauteilen mit Gas- und Wasserinstallationen,
G 621	Gasanlagen in Laboratorien und naturwissenschaftlich-technischen Unterrichtsräumen; Installation und Betrieb.

7. Andere Schriften

(Bezugsquelle: Buchhandel)

L. Bretherick: "Handbook of Chemicals",

National Fire Protection Association: "Manual of Hazardous Chemical Reactions".

(Bezugsquelle: Ecomed-Verlag,
86899 Landsberg)

L. Roth und U. Weller "Gefährliche chemische Reaktionen",

L. Roth "Gefahrstoff-Entsorgung",

D. Reichard, W. Ochterbeck "Abfälle aus chemischen Laboratorien und
medizinischen Einrichtungen".

(Bezugsquelle: GIT-Verlag,
Rößlerstraße 90, 64293 Darmstadt)

D. Bernabei "Sicherheit – Handbuch für das Labor".