Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung

Sicheres Arbeiten in Laboratorien

Grundlagen und Handlungshilfen



BGI/GUV-I 850-0 Dezember 2008

Sicheres Arbeiten in Laboratorien –
Grundlagen und Handlungshilfen

BGI/GUV-I 850-0

1. Auflage 12/2008
ISBN: 978-3-86825-140-1

Herausgeber:
Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV)
Mittelstraße 51, 10117 Berlin
Telefon 030 288763-800
Telefax 030 288763-808
www.dguv.de

Erstellt im Arbeitskreis „Laboratorien" des
Fachausschusses „Chemie" der DGUV bei der
Berufsgenossenschaft der chemischen Industrie
Postfach 10 14 80, 69004 Heidelberg
www.bgchemie.de

Copyright: Fachausschuss „Chemie" der DGUV
unter Federführung der Berufsgenossenschaft
der chemischen Industrie

BGI/GUV-I 850-0
zu beziehen bei Ihrem zuständigen Unfallversicherungsträger,
die Adressen finden Sie unter www.dguv.de,
oder beim

Jedermann-Verlag
Dr. Otto Pfeffer Nachf.
Postfach 10 31 40, 69021 Heidelberg

Herstellung:
M+M Druck GmbH
Postfach 11 02 43, 69071 Heidelberg

Sicheres Arbeiten in Laboratorien

Grundlagen und Handlungshilfen

Inhalt

Einleitung ... 11

1 Anwendungsbereich ... 13

2 Allgemeines ... 15

3 Gefährdungsbeurteilung und Substitutionsprüfung ... 17
3.1 Vorgehensweise ... 17
3.2 Informationsermittlung ... 23
3.3 Expositionsermittlung ... 24
3.3.1 Allgemeines ... 24
3.3.2 Qualifikation des Laborpersonals ... 25
3.3.3 Laorübliche Bedingungen ... 25
3.3.4 Einsatz größerer Mengen ... 26
3.4 Besonderheiten für Laboratorien ... 27
3.4.1 Notfälle und Störungen ... 27
3.4.2 Gefahrstoffaufnahme durch Verletzungen ... 27
3.4.3 Tätigkeiten Dritter in Laboratorien ... 27
3.4.4 Berücksichtigung spezieller Tätigkeiten ... 28
3.5 Berücksichtigung von Reaktionsverlauf und neuen Stoffen ... 28
3.6 Substitution von Gefahrstoffen ... 29
3.7 Beschäftigungsbeschränkungen ... 31
3.8 Dokumentation ... 31

4 Übergreifende Betriebsbestimmungen ... 33
4.1 Betriebsanweisungen ... 33
4.2 Unterweisung ... 34
4.3 Allgemeine Grundsätze für das Arbeiten im Laboratorium ... 36
4.3.1 Vermeiden von Gefährdungen ... 36
4.3.2 Übertragung von Arbeiten ... 36
4.3.3 Alleinarbeit ... 37
4.3.4 Mängelmeldung ... 38
4.3.5 Überwachung und Sicherung ... 38
4.3.6 Wirksamkeit von Schutzmaßnahmen ... 39
4.3.7 Gegenseitige Information ... 39
4.3.8 Unterrichtung des Vorgesetzten bei Gesundheitsschäden ... 40
4.3.9 Notfallmaßnahmen ... 40
4.4 Kleidung und Schuhwerk ... 41
4.4.1 Arbeits- und Schutzkleidung ... 41
4.4.2 Schuhwerk ... 42
4.5 Persönliche Schutzausrüstungen ... 42
4.5.1 Allgemeines ... 42
4.5.2 Augenschutz ... 42

4.5.3 Handschutz ... 44
4.5.4 Atemschutz ... 45
4.5.5 Schutzkleidung ... 46
4.6 Hygiene ... 46
4.6.1 Allgemeine Maßnahmen ... 46
4.6.2 Nahrungs- und Genussmittel und Kosmetika ... 46
4.6.3 Hautschutz ... 47
4.6.4 Aufbewahrung von Arbeits- und Schutzkleidung ... 47
4.6.5 Reinigung von Arbeits- und Schutzkleidung ... 48
4.6.6 Hygiene bei Atemschutzgeräten ... 48
4.7 Erste Hilfe und Arbeitsmedizin ... 48
4.7.1 Erste Hilfe ... 48
4.7.1.1 Allgemeines ... 48
4.7.1.2 Informationspflicht ... 50
4.7.1.3 Erste-Hilfe-Einrichtungen ... 50
4.7.1.4 Maßnahmen ... 50
4.7.2 Arbeitsmedizin ... 51
4.8 Brandschutz ... 53
4.8.1 Feuerlöscheinrichtungen ... 53
4.8.2 Löschübungen ... 54
4.8.3 Verhalten im Brandfall ... 54
4.8.4 Brandbekämpfung ... 54
4.8.5 Druckgasflaschen im Brandfall ... 55
4.9 Aufbewahren und Bereithalten von Gefahrstoffen ... 55
4.9.1 Allgemeine Vorgaben ... 55
4.9.2 Sicheres Abstellen ... 58
4.9.3 Zugang ... 58
4.9.4 Bestandsüberprüfung ... 59
4.10 Umfüllen und Transport von Gefahrstoffen ... 60
4.10.1 Umfüllen ... 60
4.10.2 Entleeren mit Überdruck ... 60
4.10.3 Transport ... 61
4.11 Freiwerden von Gasen, Dämpfen und Schwebstoffen ... 62
4.11.1 Tätigkeiten im Abzug ... 62
4.11.2 Unbeabsichtigte Stofffreisetzungen und Havarien ... 63
4.12 Tätigkeiten mit brennbaren Stoffen ... 65
4.12.1 Explosionsschutzmaßnahmen ... 65
4.12.2 Zündgefahren durch elektrostatische Aufladung ... 66
4.13 Tätigkeiten mit größeren Gefahrstoffmengen ... 67
4.14 Offenes Verdampfen ... 67
4.15 Aufbewahren, Bereithalten und Lagern von brennbaren Flüssigkeiten ... 68
4.15.1 Mengenbegrenzung am Arbeitsplatz ... 68
4.15.2 Spülflüssigkeiten ... 69
4.15.3 Handhabung von entleerten Behältern ... 69
4.16 Umgang mit Abfällen ... 69

4.16.1 Sammlung und Transport ... 69
4.16.1.1 Sammlung ... 69
4.16.1.2 Chemisch verunreinigte Betriebsmittel ... 70
4.16.1.3 Abfallsammelbehälter ... 70
4.16.2 Beseitigung von Abfällen ... 71
4.17 Reinigung ... 72
4.18 Sicherheitseinrichtungen ... 72
4.18.1 Betrieb von Sicherheitseinrichtungen ... 72
4.18.2 Arbeiten an Sicherheitseinrichtungen ... 73
4.19 Herstellungs- und Verwendungsverbote ... 73
4.20 Ergonomie ... 74
4.20.1 Allgemeine Anforderungen ... 74
4.20.2 Beleuchtung ... 74
4.20.3 Raumklima ... 75
4.20.4 Arbeitsplätze mit Bildschirmen ... 75
4.21 Tätigkeiten fremder Personen im Labor ... 76
4.22 Unterrichtung der Behörde ... 76

5 Spezielle Betriebsbestimmungen ... 78
5.1 Tätigkeiten im Labor ... 78
5.1.1 Tätigkeiten mit selbstentzündlichen Stoffen ... 78
5.1.2 Tätigkeiten mit Peroxide bildenden Flüssigkeiten ... 78
5.1.3 Tätigkeiten mit explosionsgefährlichen Stoffen ... 79
5.1.3.1 Schutzmaßnahmen ... 79
5.1.3.2 Ammoniakalische Silbersalzlösungen ... 80
5.1.3.3 Acetylide ... 81
5.1.3.4 Perchlorate ... 81
5.1.3.5 Alkalimetalle und Alkalimetallamide ... 81
5.1.4 Umgang mit ionisierender Strahlung ... 82
5.1.5 Trocknen von Lösemitteln ... 83
5.1.6 Arbeiten mit Vakuum ... 83
5.1.6.1 Dünnwandige Glasgefäße ... 83
5.1.6.2 Vakuumdestillationen ... 84
5.1.7 Tätigkeiten mit krebserzeugenden, erbgutverändernden und fruchtbarkeitsgefährdenden Stoffen der Kategorien 1 und 2 ... 84
5.2 Betrieb von Apparaturen und Geräten ... 87
5.2.1 Aufbau von Apparaturen ... 87
5.2.1.1 Spannungsfreiheit ... 87
5.2.1.2 Strömungsverhältnisse ... 87
5.2.1.3 Hohe Apparaturen ... 88
5.2.2 Umgang mit zylindrischen Glasteilen ... 88
5.2.2.1 Glasbläserarbeiten ... 89
5.2.2.2 Zulässige Glastemperaturen ... 89
5.2.3 Verbindungen und Stopfen ... 89
5.2.4 Schläuche und Armaturen ... 90
5.2.4.1 Auswahl ... 90

5.2.5 Gasbrenner ... 92
5.2.6 Betrieb von Apparaturen ... 93
5.2.6.1 Explosionsgefahren ... 93
5.2.6.2 Erhöhte Gefahren bei Stromausfall ... 93
5.2.6.3 Trockenröhrchen und Absorptionsgefäße ... 94
5.2.6.4 Wärmeisolation heißer Teile ... 94
5.2.6.5 Zwischengefäße ... 94
5.2.6.6 Destillationsapparaturen ... 95
5.2.6.7 Ortsveränderliche Elektrogeräte ... 96
5.2.7 Heizbäder und Beheizung ... 98
5.2.7.1 Beheizen von Flüssigkeitsheizbädern ... 98
5.2.7.2 Maximale Betriebstemperatur der Wärmeträger ... 98
5.2.7.3 Temperaturregelung ... 99
5.2.7.4 Standfestigkeit ... 99
5.2.7.5 Wärmeträger ... 100
5.2.8 Trocknen in Wärmeschränken ... 101
5.2.8.1 Explosionsschutz ... 101
5.2.8.2 Entlüftung ... 101
5.2.8.3 Thermisch instabile Stoffe ... 101
5.2.9 Kühlgeräte ... 102
5.2.9.1 Kühlschränke und Kühltruhen ... 102
5.2.9.2 Hinweiszeichen auf Kühlschränken ... 103
5.2.10 Tiefkühlung ... 103
5.2.10.1 Brand- und Reaktionsgefahren ... 103
5.2.10.2 Abdeckung der Tiefkühlbäder ... 104
5.2.10.3 Dewargefäße ... 104
5.2.10.4 Flüssiger Stickstoff ... 104
5.2.10.5 Tieftemperatur-Kühlbäder ... 105
5.2.10.6 Tätigkeiten mit verflüssigten Gasen ... 105
5.2.11 Druckgasflaschen und Armaturen ... 106
5.2.11.1 Brandschutz ... 106
5.2.11.2 Warnzeichen ... 107
5.2.11.3 Sicherung gegen äußere Einwirkungen ... 107
5.2.11.4 Schutz vor toxischen Gasen ... 108
5.2.11.5 Kennzeichnung von Druckgasflaschen ... 108
5.2.11.6 Volumenbegrenzung ... 110
5.2.11.7 Oxidierende Druckgase ... 110
5.2.11.8 Umfüllen von Gasen ... 110
5.2.11.9 Gasschläuche ... 111
5.2.11.10 Ventile ... 111
5.2.11.11 Einleiten von Gasen ... 112
5.2.11.12 Druckminderer ... 112
5.2.11.13 Dichtheitsprüfung ... 113
5.2.11.14 Transport ... 114
5.2.11.15 Prüfdatum ... 114

5.2.12 Druckgeräte ... 114
5.2.12.1 Druckgeräte ... 114
5.2.12.2 Versuchsautoklaven ... 115
5.2.13 Bombenrohre und Schießöfen ... 115
5.2.13.1 Bombenrohre ... 115
5.2.13.2 Schießöfen ... 116
5.2.14 Labor- und Ultrazentrifugen ... 116
5.2.14.1 Aufstellung ... 116
5.2.14.2 Betrieb von Zentrifugen ... 117
5.2.15 Laserstrahlung ... 117
5.2.16 UV-Strahlung ... 119
5.2.17 Rotationsverdampfer ... 120
5.2.18 Heißluftgebläse ... 121
5.2.19 Thermostaten ... 122
5.2.20 Kompressoren und Vakuumpumpen ... 122
5.2.21 Ultraschall ... 123
5.2.22 Mikrowellen ... 123
5.2.22.1 Allgemeines ... 123
5.2.22.2 Siedeverzüge ... 123
5.2.22.3 Reaktionen in Mikrowellengeräten ... 124
5.2.23 Chromatographie ... 125
5.2.24 Roboter und automatisierte Laborgeräte ... 125
5.2.25 Elektromagnetische und magnetische Felder ... 126
5.2.26 Nadeln und Kanülen ... 127

6 Technische Schutzmaßnahmen ... 128
6.1 Vermeiden von Gefährdungen durch technische Schutzmaßnahmen ... 128
6.2 Arbeitsplatzgestaltung ... 128
6.2.1 Bedien- und Verkehrsflächen ... 128
6.2.2 Flucht- und Rettungswege ... 129
6.2.3 Türen ... 130
6.2.4 Fußböden ... 130
6.2.5 Lüftung ... 131
6.2.5.1 Lüftungsanlagen ... 131
6.2.5.2 Umluft ... 133
6.3 Absaugeinrichtungen ... 133
6.3.1 Abzüge ... 133
6.3.1.1 Schutzziele ... 133
6.3.1.2 Werkstoffe ... 134
6.3.1.3 Druckentlastung ... 135
6.3.1.4 Frontschieber ... 135
6.3.1.5 Überwachung der lufttechnischen Funktion ... 136
6.3.1.6 Entnahmestellen ... 137
6.3.2 Absaugboxen mit Luftrückführung ... 137
6.4 Arbeitstische und deren Stauräume ... 138
6.4.1 Arbeitstische ... 138
6.4.2 Stauräume für Gefahrstoffabfälle ... 138

6.5 Zuführungsleitungen und Armaturen ... 139
6.5.1 Zuführungsleitungen ... 139
6.5.2 Absperrarmaturen ... 140
6.5.3 Abflussleitungen ... 142
6.6 Notduschen ... 142
6.6.1 Körpernotduschen ... 142
6.6.1.1 Wasserdurchsatz und Standort ... 142
6.6.1.2 Kennzeichnung ... 143
6.6.2 Augennotduschen ... 143
6.6.2.1 Allgemeine Anforderungen ... 143
6.6.2.2 Standort und Kennzeichnung ... 144
6.7 Elektrische Anlagen und Betriebsmittel ... 145
6.7.1 Elektrische Energieversorgungseinrichtungen ... 145
6.7.2 Erdungsmaßnahmen ... 145
6.7.2.1 Maßnahmen zum Berührungsschutz und zum Ausgleich von Potentialen ... 145
6.7.2.2 Elektrostatische Ableitmaßnahmen ... 146
6.7.3 Schalter und Steckdosen ... 146
6.7.3.1 Schalter und Steckdosen ... 146
6.7.3.2 Spritzwasserschutz ... 147

7 Prüfungen ... 148
7.1 Prüfungen ... 148
7.2 Notduschen ... 148
7.3 Abzüge ... 149
7.4 Sicherheitsschränke für brennbare Flüssigkeiten ... 150

Anhang 1: Muster für Flucht- und Rettungsplan ... 151

Anhang 2: Muster für Hautschutzplan ... 152

Anhang 3: Prüfungen in Laboratorien ... 153
1 Allgemeines ... 153
2 Wiederkehrende Prüfungen im Labor ... 154
3 Wiederkehrende Prüfungen von Labor- und Analysengeräten ... 156
4 Dokumentation ... 157
5 Übersicht über die Prüfungen ... 157

Anhang 4: Literaturverzeichnis ... 158

Stichwortverzeichnis ... 166

Bildnachweis ... 173

„Sicheres Arbeiten in Laboratorien" (BGI/GUV-I 850-0) setzt die seit Jahrzehnten etablierten Laborrichtlinien in neuer und aktualisierter Form fort.

Diese Publikation enthält die vom Fachausschuss „Chemie" fortgeschriebenen Regelungen zur Arbeitssicherheit und zum Gesundheitsschutz in Laboratorien. Der fett gedruckte Text ist als TRGS 526 „Laboratorien", Ausgabe Februar 2008 vom AGS in das staatliche Regelwerk übernommen worden. Diese Bestimmungen werden im nachfolgenden, nicht fett gedruckten Text durch Hinweise für den Unternehmer und die Versicherten ergänzt und erläutert.

Es wird auf eine geschlechtsneutrale Schreibweise geachtet. Wo dieses nicht möglich ist, wird zugunsten der besseren Lesbarkeit das ursprüngliche grammatische Geschlecht als Klassifizierung von Wörtern (männlich, weiblich, sächlich und andere) verwendet. Es wird hier ausdrücklich darauf hingewiesen, dass damit auch jeweils das andere Geschlecht angesprochen ist.

Einleitung

Seit vielen Jahren haben sich die „Richtlinien für Laboratorien" (BGR/GUV-R 120, früher ZH 1/119 und GUV 16.17) in der täglichen Praxis bewährt. Infolgedessen wurde der Bestimmungstext der „Richtlinien für Laboratorien" im Jahr 2000 im Rahmen des Kooperationsmodells vom Ausschuss für Gefahrstoffe (AGS) als TRGS 526 „Laboratorien" in sein Technisches Regelwerk aufgenommen. Dabei obliegt die Fortschreibung dem Arbeitskreis „Laboratorien" des Fachausschusses Chemie der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung in Abstimmung mit dem Ausschuss für Gefahrstoffe.

Mit dieser BGI/GUV-I „Sicheres Arbeiten in Laboratorien", wird dem Stand der Labortechnik, neuen Erkenntnissen aus der Laborpraxis sowie der geänderten Vorschriftenlage, insbesondere der novellierten Gefahrstoffverordnung, Rechnung getragen.

„Sicheres Arbeiten in Laboratorien" wurde im Arbeitskreis „Laboratorien" des Fachausschusses „Chemie" der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung erarbeitet. In dem sozialpolitisch ausgewogenen Arbeitskreis waren an der Erarbeitung folgende Experten beteiligt:

Thomas H. Brock (Obmann, Korrespondenzautor, BG Chemie)*, Ursula Aich (Regierungspräsidium Darmstadt)*, Rudolf Ahrens (BG Gesundheitsdienst und Wohlfahrtspflege), Erika Althaus (BG Gesundheitsdienst und Wohlfahrtspflege)*, Albrecht Blob (Currenta)*, Astrid Brandis-Heep (Max-Planck-Gesellschaft)*, Wolfgang Bronner (Roche)*, Robert Crueger (Universität Bremen)*, Stefan Dreller (Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung), Horst Fischer (BDI)*, Klaus-Dieter Ginzel (VCI)*, Michael Glück (BG Chemie)*, Barbara von der Gracht (Amt für Arbeitsschutz, Wiesbaden), Herta Hartmann (Bayer), Heinz-Werner Hennig (Industriepark Wolfgang)*, Markus Hoffmann (Universität Heidelberg)*, Martin Holoch (Unfallkasse Baden-Württemberg)*, Wolfgang J. Hönle (MPI für chemische Physik fester Stoffe)*, Robert Kellner (Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung)*, Dieter Kleuser (BASF), Elke Laibacher (DGB), Erich Leidl (Bayerischer GUVV)*, Dirk Nass (Bayer Schering)*, Dominik Naumann (Infraserv)*, Adolf Nuber (BASF)*, Richard Ortmann (DGB)*, Kirsten Petitjean (Merck)*, Hermann Philipp (BASF)*, Klaus Pohl (Verwaltungs-BG)*, Dietrich Reichard (Universität Bonn), Bruno Rheinprecht (Infracor), Gert Richter (Waldner)*, Harald Schulze-Halberg (BG Chemie), Bruno Sigg (Waldner), Ralf Steinberg (MPI für Kohlenforschung), Markus Ullmann (Regierungspräsidium Darmstadt)*, Arno Weber (VDSI)*, Matthias Weigl (BG Nahrungsmittel und Gaststätten)*, Stefan Weis (IGBCE)*, Norbert Wiegand (Industriepark Wolfgang)*, Dr. Birgit Wimmer (Bayerischer GUVV), Burkhard Winter (DIN)*, Ullrich Zwernemann (Schering).

* Aktuelle Mitglieder im Arbeitskreis „Laboratorien"

Der Entwurf der fortgeschriebenen „Laborrichtlinien" wurde gemäß dem Vierten Kapitel, Nr. 2 des BG-Grundsatzes „Präventionsausschüsse des Hauptverbandes der gewerblichen Berufsgenossenschaften" (BGG 900) und gemäß der Nummer 6.5.3 der „Richtlinien für die Arbeit der Fachgruppen des Bundesverbandes der Unfallkassen" (GUV 60.1) den Mitgliedern des Fachausschusses „Chemie" sowie den Mitgliedern der DGUV zur Stellungnahme vorgelegt. Die eingegangenen Stellungnahmen wurden im Arbeitskreis „Laboratorien" beraten, das Ergebnis im Einvernehmen mit der Abteilung Sicherheit und Gesundheit der DGUV berücksichtigt. Die Schrift entspricht insofern der abgestimmten Meinung der Fachleute und beschreibt den allgemein anerkannten Stand der Technik.

Anfragen zu „Sicheres Arbeiten in Laboratorien" können gestellt werden an: ak-labor@bgchemie.de

Ergänzende Informationen finden Sie unter http://www.bgchemie.de/laboratorien.

1 Anwendungsbereich

Diese BGI/GUV-I findet Anwendung auf Laboratorien, in denen nach chemischen, physikalischen oder physikalisch-chemischen Methoden präparativ, analytisch oder anwendungstechnisch mit Gefahrstoffen gearbeitet wird. Für Gefährdungen, die aus Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen im Labor erwachsen, ist die Technische Regel für Biologische Arbeitsstoffe „Schutzmaßnahmen für gezielte und nicht gezielte Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen in Laboratorien" (TRBA 100) zusätzlich zu beachten.

Zu den Gefahrstoffen zählen nach § 3 Abs. 1 der Gefahrstoffverordnung

1. gefährliche Stoffe und Zubereitungen nach § 3a des Chemikaliengesetzes sowie Stoffe und Zubereitungen, die sonstige chronisch schädigende Eigenschaften besitzen,
2. Stoffe, Zubereitungen und Erzeugnisse, die explosionsfähig sind,
3. Stoffe, Zubereitungen und Erzeugnisse, aus denen bei der Herstellung oder Verwendung Stoffe oder Zubereitungen nach Nummer 1 oder 2 entstehen oder freigesetzt werden können,
4. sonstige gefährliche chemische Arbeitsstoffe im Sinne des Artikels 2 Buchstabe b in Verbindung mit Buchstabe a der Richtlinie 98/24/EG des Rates vom 7. April 1998 zum Schutz von Gesundheit und Sicherheit der Arbeitnehmer vor der Gefährdung durch chemische Arbeitsstoffe bei der Arbeit (ABl. EG Nr. L 131 S. 11).

Es handelt sich dabei zum einen um die typischen Laborchemikalien, beispielsweise Reinstoffe, Lösungen, Suspensionen oder Gase, die als Ausgangs- oder Hilfsstoffe, analytische Standards, Reagenzien oder Lösemittel eingesetzt werden. Zum anderen sind dies aber auch die erwünschten Reaktionsprodukte oder Nebenprodukte und Verunreinigungen. Auch unerwartete Reaktionsprodukte zählen hierzu. Auch bei Tätigkeiten mit nicht als gefährlich eingestuften Stoffen, Zubereitungen und Erzeugnissen können Gefahrstoffe freigesetzt werden, beispielsweise fest in eine Matrix eingeschlossene gefährliche Stoffe, wenn die Matrix durch einen Bearbeitungsschritt wie Auflösen oder Schleifen aufgebrochen wird. Zudem sind auch solche Stoffe Gefahrstoffe, die kein Gefährlichkeitsmerkmal aufweisen, jedoch aus ihren Eigenschaften Gefährdungen entstehen lassen können. Dies können beispielsweise instabile Stoffe sein oder Stoffe, die im Kontakt miteinander oder durch ihre Temperatur und Wärmekapazität zu einer Gefährdung führen können. Hierzu zählen beispielsweise heiße Salzschmelzen oder tiefkalte verflüssigte Gase. Auch die erstickende Wirkung vieler Gase ist eine solche Gefährdung. Auch auf den ersten Blick harmlose Stoffe können Gefahrstoffe sein, beispielsweise Cellulosepulver, das im Gemisch mit Luft zu einer Explosionsgefahr führen kann.

Laboratorien sind Arbeitsräume, in denen Fachleute oder unterwiesene Personen Versuche zur Erforschung oder Nutzung naturwissenschaftlicher Vorgänge durchführen. Die Begriffe Laboratorium und Labor werden in dieser BGI/GUV-I gleichwertig benutzt [1]. Hierzu zählen beispielsweise chemische, physikalische, medizinische, mikrobiologische und gentechnische Laboratorien. In solchen Laboratorien können weitere Methoden, beispielsweise molekularbiologischer Art, gleichzeitig zur Anwendung kommen. Für die aus solchen Methoden erwachsenden Gefährdungen sind die einschlägigen Vorschriften und Regeln zu beachten. Es können im Rahmen dieser BGI/GUV-I nur die wesentlichsten Methoden, Techniken und Verfahren berücksichtigt werden. Es wird häufig der Fall sein, dass weitere Gefährdungen – beispielsweise elektrische, mechanische oder solche durch biologische Arbeitsstoffe – beurteilt und Maßnahmen zu ihrer Abwehr getroffen werden müssen.

Diese BGI/GUV-I erläutert die Unfallverhütungsvorschrift „Grundsätze der Prävention" (BGV A 1/GUV-V A1) und die Gefahrstoffverordnung für Tätigkeiten in Laboratorien. Zudem sind weitere einschlägige Rechtsnormen, beispielsweise die Arbeitsstättenverordnung (ArbStättV), Biostoffverordnung (BioStoffV), Gentechnik-Sicherheitsverordnung (GenTSV), Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV), Strahlenschutzverordnung (StrlSchV) und abfallrechtliche Vorschriften sowie das Jugendarbeitsschutzgesetz (JArbSchG) und das Mutterschutzgesetz (MuSchG), einzuhalten. Eine Zusammenstellung einschlägiger Rechtsnormen und Regeln der Technik enthält das Literaturverzeichnis. Gefährlichkeitsmerkmale, wie beispielsweise giftig, brandfördernd, ätzend, werden entsprechend der Richtlinie 67/548/EWG in der jeweils aktuellen Fassung angewandt.

Hinweise zu weiteren Gefährdungen und Schutzmaßnahmen, siehe Abschnitt 5 sowie BG-Informationen „Gefährdungsbeurteilung – Wie? Warum? Wer?" (BGI 570) und „Gefährdungsbeurteilung – Gefährdungskatalog" (BGI 571) und M 006 „Besondere Schutzmaßnahmen in Laboratorien". Siehe ferner auch „Regeln für Sicherheit und Gesundheitsschutz – Umgang mit Gefahrstoffen im Unterricht" (GUV-SR 2003), „Regeln für Sicherheit und Gesundheitsschutz – Umgang mit Gefahrstoffen in Hochschulen" (GUV-SR 2005), „Sicheres Arbeiten in chemischen Laboratorien" (GUV-I 8553) sowie die BG-Information „Gefährdungsbeurteilung im Labor" (BGI 850-1).

Für Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen im Labor sind neben der Technischen Regel für Biologische Arbeitsstoffe „Schutzmaßnahmen für gezielte und nicht gezielte Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen in Laboratorien" (TRBA 100) weitere TRBA sowie die BG-Information „Sichere Biotechnologie – Ausstattung und organisatorische Maßnahmen: Laboratorien" (BGI 629) zu beachten.

2 Allgemeines

Laboratorien müssen nach den einschlägigen Vorschriften und im Übrigen nach dem Stand der Technik beschaffen sein und betrieben werden. Die spezifischen Tätigkeiten von Versicherten in Laboratorien, insbesondere mit Gefahrstoffen, erfordern spezifische Schutzmaßnahmen baulicher und technischer, organisatorischer oder persönlicher Art.

In Abhängigkeit der Ergebnisse der Gefährdungsbeurteilungen müssen insbesondere im Labor stets nur diejenigen Maßnahmen getroffen werden, die zur Beherrschung oder Beseitigung der ermittelten Gefährdungen erforderlich sind. Dabei haben gemäß der Rangfolge der Schutzmaßnahmen die technischen Maßnahmen Vorrang vor den organisatorischen sowie den persönlichen Schutzmaßnahmen. In Laboratorien kann aufgrund der häufig manuellen und wechselnden Tätigkeiten auf persönliche und organisatorische Schutzmaßnahmen (insbesondere Schutzbrille, Labormantel, Schutzhandschuhe) nicht verzichtet werden.

Diese BGI/GUV-I konkretisiert neben der Gefahrstoffverordnung auch andere Rechtsvorschriften, deren Erfüllung zum Schutz vor Gefahrstoffen in Laboratorien von erheblicher Bedeutung ist.

Abweichungen von Regeln der Technik sind zulässig, wenn die gleiche Sicherheit auf andere Weise gewährleistet ist. Dieses ist im Einzelfall nachzuweisen.

Allgemein anerkannte Regeln der Technik sind beispielsweise die im Literaturverzeichnis aufgeführten Technischen Regeln für Gefahrstoffe (TRGS), Regeln und Informationen der Träger der gesetzlichen Unfallversicherung, DIN-Normen und VDE-Bestimmungen in der jeweils gültigen Fassung.

Die in dieser BGI/GUV-I beschriebenen technischen Lösungen 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.

Prüfberichte von Prüflaboratorien, die in anderen Mitgliedstaaten der Europäischen Union oder anderen Vertragsstaaten des Abkommens über den Europäischen Wirtschaftsraum zugelassen sind, werden in gleicher Weise wie deutsche Prüfberichte berücksichtigt, wenn die den Prüfberichten dieser Stellen zugrunde liegenden 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 Norm DIN EN ISO/IEC 17025 „Allgemeine Anforderungen an die

Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien (ISO/IEC 17025:2005)" niedergelegten Anforderungen erfüllen.

Die Gefährdungsbeurteilung für Arbeiten im Laboratorium ergibt üblicherweise gewisse allgemein erforderliche Maßnahmen. Die baulich-technischen Maßnahmen sind in Abschnitt 6, die organisatorischen und persönlichen Maßnahmen in Abschnitt 4 beschrieben. Ferner werden zusätzliche Maßnahmen in Abhängigkeit von der spezifischen Nutzung des Labors notwendig sein, von denen einige in Abschnitt 5 beschrieben sind. Auf weiterführende Regeln und Informationen wird verwiesen (siehe Literaturverzeichnis).

Weitere Hilfestellungen werden vom Fachausschuss Chemie – Arbeitskreis Laboratorien im Internet angeboten [2].

3 Gefährdungsbeurteilung und Substitutionsprüfung

3.1 Vorgehensweise

Besonderheiten von Laboratorien

Die Gefährdungsbeurteilung für Tätigkeiten mit Gefahrstoffen ist im § 7 der GefStoffV in Verbindung mit § 5 ArbSchG grundsätzlich geregelt. Diese Regelungen werden in der TRGS 400 „Gefährdungsbeurteilung für Tätigkeiten mit Gefahrstoffen" allgemeingültig konkretisiert. In diesem Abschnitt wird daher im Wesentlichen auf Besonderheiten und die spezielle Situation von Laboratorien eingegangen.

Grundsätzlich sollte bei der Gefährdungsbeurteilung der Schutz der Umwelt mit bedacht werden.

Faktoren für die Sicherheit

Wegen der unterschiedlichen Arten von Laboratorien (analytische Laboratorien mit Standarduntersuchungen, Forschungslaboratorien) sowie der in Laboratorien im Allgemeinen großen Vielzahl an Tätigkeiten mit unterschiedlichen Gefahrstoffen kann die sonst übliche Herangehensweise, anhand der Stoffeigenschaften und der Tätigkeiten die Schutzmaßnahmen fallbezogen festzulegen, oft nicht angewendet werden. Die Sicherheit in Laboratorien wird durch den Bau, die Einrichtung, die Verfahren, den Betrieb, die Geräte sowie die Qualifikation des Laborpersonals bestimmt. Durch die Kombination von Maßnahmen technischer, organisatorischer und persönlicher Art wird die Gefährdung bei Tätigkeiten in Laboratorien minimiert. Bau und Ausrüstung von Laboratorien bestimmen daher wesentlich die Tätigkeiten, die darin ausgeführt werden können.

Arbeiten im Abzug

Dem Arbeiten im Abzug kommt im Labor eine besondere Bedeutung zu, da der Abzug sowohl vor den Auswirkungen aufgrund von physikalisch-chemischen Eigenschaften, zum Beispiel Bildung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre oder Auswirkungen umhergeschleuderter Splitter, als auch vor den toxischen Gefährdungen einen wesentlichen Schutz bietet.

Neue Stoffe

Tätigkeiten mit neuen oder noch nicht ausreichend untersuchten Stoffen dürfen grundsätzlich nur in Abzügen oder in Einrichtungen mit vergleichbar hohem Schutzniveau durchgeführt werden.

Typische Gefährdungen im Labor

In Laboratorien ist typischerweise mit folgenden Gefährdungen durch Gefahrstoffe zu rechnen:

1. Brand- und Explosionsgefahr durch brennbare feste, flüssige und gasförmige Stoffe,
2. Gefahr von Gesundheitsschäden durch feste, flüssige und gasförmige Stoffe,

3. Gefahr durch unbekannte, heftige oder durchgehende Reaktionen sowie
4. Augen- und Hautgefährdung durch ätzende und reizende Stoffe.

Weitere Gefährdungen

Weiterhin werden die Arbeitnehmer bei Tätigkeiten in Laboratorien oftmals durch weitere, insbesondere folgende Einwirkungen belastet oder gefährdet:

1. mangelhafte oder der Sehaufgabe nicht angemessene Beleuchtung,
2. ungünstige raumklimatische Bedingungen,
3. Gefahr durch Behälter mit Überdruck oder Unterdruck,
4. Gefahr durch heiße oder kalte Oberflächen und Medien,
5. Lärm von Geräten und Anlagen,
6. mechanische Gefährdungen durch Geräte und Anlagen,
7. Hautgefährdung durch Feuchtarbeit, insbesondere durch das Tragen von Handschuhen,
8. Rutschgefahr durch Nässe, Stolpergefahr,
9. Belastungen des Bewegungsapparates durch repetitive Tätigkeiten oder Zwangshaltungen,
10. psychische Belastung durch repetitive Tätigkeiten, Zeitdruck, Isolation, hohe Anforderung an die Konzentration
    oder
11. Belastungen der Arbeitnehmer durch PSA.

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

Vermeiden von Gefahrstoffbelastungen

Maßnahmen zum Schutz vor Gefahrstoffen sind so festzulegen, dass durch diese nach Möglichkeit keine zusätzlichen Gefährdungen und Belastungen für die Versicherten entstehen. Ist dies nicht möglich, ist nach Prüfung von alternativen Maßnahmen die Tätigkeit so zu gestalten, dass die Gesamtgefährdung der Arbeitnehmer minimiert wird.

Spezielle Einwirkungen

Ebenso ist zu berücksichtigen, dass neben Tätigkeiten mit Gefahrstoffen auch Gefährdungen durch spezielle Einwirkungen auftreten können. Hierzu zählen zum Beispiel Gefährdungen durch

1. ionisierende Strahlung,
2. elektromagnetische Felder,
3. optische Strahlung (UV, Laser, IR)
   und
4. biologische Arbeitsstoffe.

Wechselwirkung von Gefährdungen

Bei der Gefährdungsbeurteilung ist daher auch zu überprüfen, ob bei der Tätigkeit Wechselwirkungen von Gefahrstoffen mit diesen Einwirkungen auftreten können, die zu einer Gefahrerhöhung führen (zum Beispiel Zündung von brennbaren Luft-Dampf-Gemischen durch Laserstrahlung). Ebenso ist sicherzustellen, dass Maßnahmen, die dem Schutz der Arbeitnehmer vor Gefahrstoffen dienen, mit den Schutzmaßnahmen gegen andere Einwirkungen kompatibel sind. Aus diesem Grunde ist es gegebenenfalls sinnvoll, bei der Durchführung der Gefährdungsbeurteilung entsprechende Experten anderer Fachgebiete hinzuzuziehen (zum Beispiel Strahlenschutzbeauftragte).

Der Unternehmer darf eine Tätigkeit mit Gefahrstoffen erst aufnehmen lassen, nachdem eine Gefährdungsbeurteilung vorgenommen wurde und die erforderlichen Schutzmaßnahmen getroffen wurden.

Rahmenbedingungen für sicheres Arbeiten

Die für ein sicheres Arbeiten beim üblichen Laborbetrieb notwendigen Maßnahmen aufgrund der allgemeinen Gefährdungsbeurteilung nach Gefahrstoffverordnung können beim Vorliegen der folgenden Rahmenbedingungen grundsätzlich als gegeben angesehen werden:

- Bau und Ausrüstung gemäß dieser BGI/GUV-I und den einschlägigen Vorschriften,
- Einsatz von fachkundigem Personal,
- Arbeiten nach den einschlägigen Regeln und dem Stand der Technik,
- Arbeiten im Labormaßstab,
- Arbeiten nach dieser BGI/GUV-I.

Mit diesen Rahmenbedingungen ist ein Sicherheitskonzept für die üblichen Laborarbeiten erstellt, bei dessen Einhaltung weitere ständige Gefährdungsbeurteilungen für einzelne Versuche nicht mehr explizit durchgeführt werden müssen. Die Einhaltung dieses Kataloges stellt damit eine wesentliche Arbeitserleichterung dar. Diese BGI/GUV-I stellen damit eine vorgegebene Maßnahme im Sinne von Nr. 5 der TRGS 400 „Gefährdungsbeurteilung bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen" dar.

Wird dagegen auch nur eine dieser Rahmenbedingungen nicht eingehalten, ist in jedem Fall eine umfassende „Gefährdungsbeurteilung ohne vorgegebene Maßnahmen" nach Nr. 6 der TRGS 400 durchzuführen und es sind notwendige zusätzliche Maßnahmen festzulegen. Gefährdungen, die nicht im Rahmen dieser BGI/GUV-I behandelt werden, erfordern eine erweiterte Gefährdungsbeurteilung.

Intrinsisches Sicherheitskonzept für Laboratorien

Dies gilt über den Bereich der Gefahrstoffe hinaus auch für alle anderen Gefährdungen. Wegen der großen Vielfalt an verschiedenen Tätigkeiten mit verschiedensten Gefahrstoffen, wird im Labor ein intrinsisches Sicherheitskonzept durch den Bau, die Einrichtung, die Verfahren, den Betrieb und die Geräte verfolgt. Dieses Sicherheitskonzept basiert im Wesentlichen auf den Anforderungen der Abschnitte 2, 3, 4, 6 und 7

dieser BGI/GUV-I. Zusätzliche Maßnahmen können nach Bedarf gemäß Abschnitt 5 getroffen werden. Hierdurch wird eine Beherrschbarkeit von Ereignissen und Expositionen ermöglicht. Laboratorien werden demnach in der Regel so betrieben, dass auch Tätigkeiten mit giftigen Stoffen ohne Zusatzmaßnahmen durchgeführt werden können. In einem Labor können in der Regel unvorhergesehene Ereignisse nicht völlig ausgeschlossen werden, weshalb den technischen Maßnahmen insbesondere zur Schadensbegrenzung und -beherrschung von Ereignissen eine besondere Rolle zukommt. Nur wenn in einem Labor auf längere Sicht ausgeschlossen werden kann, dass Tätigkeiten mit hoher Gefährdung durchgeführt werden, ist ein geringeres intrinsisches Schutzniveau praxisgerecht.

Wegen der oft komplex zusammenhängenden verschiedenen Gefährdungsarten in Laboratorien dient eine Reihe von Maßnahmen technischer, organisatorischer und persönlicher Art dazu, gleichzeitig mehrere Gefährdungen zu beherrschen.

Auch bei Tätigkeiten mit Gefährdungen, die aus den physikalisch-chemischen Eigenschaften der Stoffe resultieren, müssen geeignete Maßnahmen ergriffen werden. Diese sind häufig die gleichen Maßnahmen, die die Gefährdungen durch die toxischen Eigenschaften reduzieren.

Tätigkeitsbezogene Einzel- und Gruppen-Beurteilungen

Die Beurteilung der Gefährdungen erfolgt tätigkeitsbezogen. Häufig lassen sich Tätigkeiten auch in Gruppen vergleichbarer Tätigkeiten zusammen beurteilen. Hierzu muss eine Vergleichbarkeit der möglichen Expositionen und der Stoffeigenschaften vorliegen. Ebenso müssen Art und Umfang möglicher Stoffaustritte vergleichbar sein. Die entsprechenden Schutzmaßnahmen werden dabei je nach Erfordernis und Praktikabilität für einzelne Tätigkeiten, einzelne Arbeitsplätze, Gruppen von Arbeitsplätzen, Arbeitsbereichen oder ganze Gebäude getroffen. Manche Schutzmaßnahmen können unmittelbar vor Ausführung der Tätigkeiten getroffen werden, beispielsweise durch Aufstellen eines Schutzschildes. Andere dagegen müssen sinnvoller Weise zu diesem Zeitpunkt bereits getroffen sein, da diese nur schwer und kaum rechtzeitig nachzurüsten sind, beispielsweise die Laborlüftung mit den Abzügen.

Berücksichtigung der Verfahrensbedingungen

Zur Beurteilung der Gefährdung sind immer auch die Verfahrensbedingungen, insbesondere die Expositionsverhältnisse, zu berücksichtigen. Die Gefährdungsbeurteilung muss neben der Gefährdung durch inhalative Expositionen auch diejenigen durch dermale und orale Expositionen sowie die durch physikalisch-chemische Stoffeigenschaften berücksichtigen. Es kann erforderlich sein, die mögliche Inkorporation von Gefahrstoffen nach mechanischen Verletzungen zu berücksichtigen, beispielsweise durch Stichverletzungen. Die in Laboratorien im Vergleich zum industriellen Betrieb typischerweise kleinen Mengen führen häufig nicht zu einem Einstieg in die Gefährdungsbeurteilung mit der Annahme einer geringen Gefährdung nach § 7 Abs. 9 der Gefahrstoffverordnung.

da die vielen manuell auszuführenden Arbeitsschritte und besonderen Verfahrensbedingungen viele Möglichkeiten der Exposition und von Havarien bieten. Durch das Konzept der Beherrschung von Gefährdungen im Labor und möglicherweise erforderlichen Zusatzmaßnahmen werden auch hohe Gefährdungen wirksam reduziert. Eine geringe Gefährdung kann beispielsweise angenommen werden, wenn eine Lösung mit einigen ml verdünnter Essigsäure angesäuert wird, dagegen ist dies bei einer Zugabe der gleichen Menge roter rauchender Salpetersäure nicht möglich. Geschieht dies mit der gleichen Menge 40%iger Flusssäure, so ist sogar von einer hohen Gefährdung auszugehen. Die jeweils zu ergreifenden Schutzmaßnahmen ermöglichen es jedoch, alle drei genannten Tätigkeiten sicher auszuführen.

Beurteilung des Havariefalls

Die Gefährdungsbeurteilung muss auch den Havariefall umfassen. Die Beherrschbarkeit von Ereignissen und die gegenseitige Beeinflussung von Arbeitsplätzen sind bei Großraumlaboratorien von besonderer Bedeutung. Das kann beispielsweise erfordern, zusätzliche Rückhaltesysteme in Abzügen für den Brandfall vorzusehen.

Flexible Nutzung

Die Schutzziele müssen auch bei zunehmender Flexibilisierung der Nutzung von Laborgebäuden und -einrichtungen erreicht werden. Dies betrifft insbesondere die Gestaltung der Arbeitsplätze. Maßnahmen können, wenn entsprechende Arbeiten nicht durchgeführt werden, unberücksichtigt bleiben, wenn die Gefährdungsbeurteilung ergibt, dass keine entsprechende Gefährdung vorliegt und der rechtliche Rahmen dies zulässt. Vor Nutzungsänderungen müssen dann gegebenenfalls Nachrüstungen vor Aufnahme entsprechender Arbeiten vorgenommen werden. Dies kann auch einzelne Arbeiten betreffen, für die ein solches Labor nicht ausgelegt ist und die daher so nicht durchgeführt werden können. Es empfiehlt sich daher, möglichst gut die – auch künftigen – Aufgaben des Labors abzuschätzen und die Möglichkeiten entsprechender Nachrüstungen zumindest vorzusehen.

Die Gefährdungsbeurteilung darf nur von fachkundigen Personen durchgeführt werden. Verfügt der Unternehmer nicht selbst über die entsprechenden Kenntnisse, so hat er sich fachkundig beraten zu lassen.

Standardprozeduren

Für die Gefährdungsbeurteilung können viele Labortätigkeiten Standardprozeduren zugeordnet werden, die beurteilt werden. Hierzu müssen aussagefähige Rahmenbedingungen angegeben werden, für die die jeweilige Beurteilung gilt. Dies sind insbesondere Angaben über die eingesetzten Mengen, die beurteilten Verfahren und die hier berücksichtigten Gefahrenmerkmale. Eine gesonderte Beurteilung ist dann nur erforderlich, wenn die Tätigkeit nicht zur entsprechenden Standardprozedur passt. Unbeschadet davon müssen die Gefährdungsbeurteilungen solcher Standardprozeduren aktuell gehalten werden.

Die Standardprozeduren (Cluster) können frei so gewählt werden, dass die einzelnen Labortätigkeiten hier möglichst sinnvoll zugeordnet werden können. Ein Beispiel kann eine Standardprozedur „Probenvorbereitung für die Gaschromatographie" sein. Hier lassen sich die meisten Tätigkeiten zusammenfassen. Kommen bei der Probenvorbereitung besondere Schritte hinzu, beispielsweise eine Derivatisierung mit einem besonders gefährlichen Reagenz, so muss dieser Aspekt zusätzlich beurteilt werden. Auf diese Weise lassen sich die Gefährdungsbeurteilungen sehr effizient durchführen, da nur noch geprüft werden muss, ob die gewählte Gefährdungsbeurteilung für die Standardprozedur zutreffend ist und nur noch im Bedarfsfall zusätzliche Arbeiten anfallen. Für Muster siehe [3].

Im Sinne der Gefahrstoffverordnung kann eine Menge von 2,5 l eine geringe Menge darstellen. Um zu der Beurteilung „geringe Gefährdung" kommen zu können, muss jedoch auch die Exposition nach Art und Umfang gering sein. Wird in Laboratorien nach den Regeln der Technik und den einschlägigen Vorschriften gearbeitet, wird in der Regel auch nur eine geringe Exposition vorliegen. Expositionsmöglichkeiten im Havariefall müssen jedoch berücksichtigt werden. Brand- und Explosionsgefahren bedingen jedoch in der Regel zusätzliche Maßnahmen.

Grundsätzlich ist es möglich, solche Maßnahmenkonzepte auf einzelne Tätigkeiten oder auch auf ganze Bereiche, beispielsweise auf ein ganzes Labor, anzuwenden. Hilfestellung bieten beispielsweise [4] und [5]. So sind viele technische Aspekte bereits bei der Planung für ganze Bereiche oder Gebäude – in Vorhaltung – zu berücksichtigen, beispielsweise Lüftungslagen. Andererseits lassen sich viele Maßnahmen – am aktuellen Bedarf orientiert – personen- oder arbeitsplatzbezogen realisieren.

Modulares Maßnahmenkonzept

Grundbausteine der Sicherheit in Laboratorien sind die grundlegenden Betriebsanforderungen in Abschnitt 4 und die technischen Maßnahmen nach Abschnitt 6. Erfüllen Laboratorien diese Anforderungen, so können in der Regel Tätigkeiten im Rahmen des § 10 der Gefahrstoffverordnung in dem oben erläuterten Mengenrahmen ohne Zusatzmaßnahmen durchgeführt werden. Sie erfüllen dabei zudem in der Regel auch die Anforderungen an die Schutzmaßnahmen nach § 12 der Gefahrstoffverordnung sowie an Maßnahmen gegen Gefährdungen durch dermale oder orale Exposition. Werden Tätigkeiten im Rahmen der §§ 8 oder 9 der Gefahrstoffverordnung durchgeführt, kann nach entsprechender Gefährdungsbeurteilung auf einzelne der Maßnahmen der Abschnitte 4 und 5 sowie 6 verzichtet werden, soweit diese in Gesetz, Verordnung oder Unfallverhütungsvorschrift nicht ausnahmslos gefordert werden. Tätigkeiten mit kanzerogenen, mutagenen und reproduktionstoxischen Stoffen (cmr-Stoffen) oder solche mit besonderen Apparaturen, Verfahren oder Gefahrstoffen erfordern weitergehende Schutzmaßnahmen, insbesondere solche aus Abschnitt 5. Sie ersetzen jedoch nicht die Gefährdungsbeurteilung, insbesondere hinsichtlich der dermalen und

oralen Exposition sowie der physikalisch-chemischen Stoffeigenschaften. Die jeweiligen formalen Anforderungen der Gefahrstoffverordnung sind zu erfüllen. Dies betrifft beispielsweise die Erfordernis zur Dokumentation einer Substitutionsprüfung. Innerhalb der zutreffenden Paragraphen 8–11 sind nach Möglichkeit und Erfordernis abgestufte technische, organisatorische oder persönliche Schutzmaßnahmen zu wählen.

Damit die Maßnahmen wirksam sind, haben die Versicherten die vom Unternehmer im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung festgelegten Maßnahmen bei der Durchführung ihrer Tätigkeiten zu befolgen.

Siehe TRGS 402 „Ermittlung und Beurteilung der Konzentrationen gefährlicher Stoffe in der Luft in Arbeitsbereichen". Zu Tätigkeiten mit krebserzeugenden, erbgutverändernden und fortpflanzungsgefährdenden Stoffen, siehe Abschnitt 5.1.7.

Bezüglich der Brand- und Explosionsgefahren, siehe Abschnitt 4.12.

Labormitarbeiter können auch außerhalb des Laboratoriums tätig werden. In diesen Fällen können andere Maßnahmen als in dieser Regel beschrieben notwendig sein. Zum Beispiel kann eine erweiterte Gefährdungsbeurteilung erforderlich sein.

3.2 Informationsermittlung

Kriterien für Informationsquellen

Als Informationsquellen dienen zunächst die Kennzeichnung der Stoffe und das entsprechende Sicherheitsdatenblatt. Insbesondere im Bereich der Forschung und bei der Arbeit mit Stoffen, die dem Verwender unbekannt sind, die unzureichend untersucht sind oder die kommerziell nicht erhältlich sind, ist es notwendig, zusätzliche Informationen zu gewinnen. Als Informationsquelle können insbesondere Fachexperten, Fachliteratur sowie das Internet genutzt werden. Es ist zu berücksichtigen, dass solche Informationsquellen auch fehlerhafte Informationen übermitteln können. Bei einer Recherche sind daher Quellen zu bevorzugen, die erfahrungsgemäß valide Daten enthalten. Wird die Fachliteratur herangezogen, so sind neuere Befunde und solche aus renommierten, vorzugsweise qualitätsgesicherten Journalen und Büchern („peer reviewed") zu bevorzugen. Informationen aus Internetquellen sollten nur von vertrauenswürdigen Anbietern genutzt werden. Eine Plausibilitätsprüfung der Daten mittels des eigenen Sachverstandes bleibt für den Verwender der Daten verpflichtend. Siehe hierzu auch TRGS 400.

Schwerpunktgefährdung Gefahrstoffe

Der Schwerpunkt im Laborbereich liegt in der Einwirkung von Gefahrstoffen. Weitere Gefährdungen ergeben sich aus der Nutzung von Arbeitsmitteln, die ebenfalls zu beurteilen sind.

Die Nutzung von Stoffdatenbanken mit validen Daten wird empfohlen, beispielsweise die GESTIS-Stoffdatenbank des Berufsgenossenschaftlichen Instituts für Arbeitsschutz – BGIA [6] oder das Gefahrstoffinformationssystem Chemie GisChem [7].

Gefahrstoffverzeichnis

Bei der Führung eines Gefahrstoffverzeichnisses wird empfohlen, diejenigen Gefahrstoffe, deren Verwendung – momentan – nur zu einer geringen Gefährdung führt, nicht auszunehmen, da sonst bei Änderungen oder neuen Verwendungen das Verzeichnis gegebenenfalls ebenfalls unverzüglich anzupassen wäre. Zudem ermöglicht ein Gefahrstoffverzeichnis, das vorteilhaft die – wenigen – Laborchemikalien berücksichtigt, die keine Gefahrstoffe sind, einen raschen Überblick über die Bestände sowie Beschaffungs- und Entsorgungsnotwendigkeiten. Für Muster siehe [3].

Siehe BG-Information „Gefährdungsbeurteilung im Labor" (BGI 850-1).

3.3 Expositionsermittlung

3.3.1 Allgemeines

Gefährdungsminimierung durch TOP

Im Laboratorium wird durch Bau und technische Ausstattung sowie organisatorische und persönliche Schutzmaßnahmen eine Sicherheitsgrundlage geschaffen, um auch bei Tätigkeiten mit neuen oder noch nicht ausreichend untersuchten Stoffen die Gefährdung zu minimieren.

Vermutung nicht unzulässig hoher Expositionen

Der Unternehmer kann im Allgemeinen davon ausgehen, dass keine unzulässig hohe Exposition gegenüber Gefahrstoffen vorliegt, wenn

1. **fachkundiges und zuverlässiges Personal**
2. **nach den einschlägigen Vorschriften und dem Stand der Technik**
3. **und insbesondere nach dieser Regel und laborüblichen Bedingungen (siehe Abschnitt 3.3.3)**

arbeitet (siehe Eisenbarth, P., Kleuser, D., Bender, H.: Expositionssituation in Laboratorien der chemischen Industrie, Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft, Vol. 58, Nr. 10, 381 – 385, 1998).

Beurteilung von Expositionen

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

3.3.2 Qualifikation des Laborpersonals

Fachkunde des Laborpersonals

Das Laborpersonal muss für die durchzuführenden Tätigkeiten fachkundig sein. Die Fachkunde ist bestimmt durch die Art und Dauer einer einschlägigen Ausbildung, die allgemeine Berufserfahrung im jeweiligen Bereich sowie durch die Erfahrung in den durchzuführenden Tätigkeiten. Die Anforderungen an die Fachkunde sind abhängig von

1. den verwendeten Gefahrstoffen,
2. den Gefahrstoffmengen,
3. den Stoffeigenschaften,
4. Art und Anzahl der Tätigkeiten,
5. Art und Anzahl der Arbeitsmittel (zum Beispiel Apparaturen, Geräte und Anlagen)
   sowie
6. der Reaktionsführung (zum Beispiel Möglichkeit durchgehender Reaktionen, Druckaufbau).

Fluktuationen im Kreis der Labornutzer

Häufige Änderungen im Kreis der Labornutzer, beispielsweise in einem studentischen Praktikum, lassen erwarten, dass von Personen und deren Handlungen abhängige Schutzmaßnahmen weniger wirksam sind, als wenn diese von fachkundigen und erfahrenen Personen im Labor ergriffen werden. Die Häufigkeit und Intensität von Unterweisungen ist dem anzupassen. Gegebenenfalls müssen automatisch wirkende Schutzmaßnahmen an die Stelle von personenbezogenen Maßnahmen treten, um sicher zu wirken. So ist zum Beispiel von einer Handschaltung der Lüftungsstufen in einem Studentenpraktikum abzuraten, um die Wirksamkeit der Schutzmaßnahme nicht zu gefährden.

3.3.3 Laborübliche Bedingungen

Randbedingungen für den Stoffeinsatz

Als laborübliche Bedingungen im Sinne dieser BGI/GUV-I für Arbeitsverfahren und Mengen für den Einsatz von giftigen, sehr giftigen, krebserzeugenden, erbgutverändernden oder fruchtbarkeitsgefährdenden Gefahrstoffen gelten die folgenden Randbedingungen:

1. Tätigkeiten mit Gefahrstoffen, bei denen Gefahrstoffe in gefährlichen Konzentrationen oder Mengen in der Luft am Arbeitsplatz auftreten können, werden in geeigneten und in ihrer Wirksamkeit überprüften Abzügen oder in Einrichtungen, die eine vergleichbare Sicherheit bieten, beispielsweise Vakuumapparaturen, durchgeführt.
2. Die jeweils eingesetzte maximale Menge wird dem Gefahrenpotential des einzelnen Gefahrstoffs angepasst:
   - Flüssigkeiten werden in Mengen von jeweils nicht mehr als 2,5 l eingesetzt.
   - Giftige, krebserzeugende, erbgutverändernde oder fruchtbarkeitsgefährdende Flüssigkeiten werden in Mengen von jeweils nicht mehr als 0,5 l eingesetzt.

- Sehr giftige Flüssigkeiten werden in Mengen von jeweils nicht mehr als 0,1 l eingesetzt.
- Feststoffe werden in Mengen von jeweils nicht mehr als 1 kg eingesetzt.
- Giftige, krebserzeugende, erbgutverändernde oder fruchtbarkeitsgefährdende Feststoffe werden in Mengen von jeweils nicht mehr als 0,5 kg eingesetzt.
- Sehr giftige Feststoffe werden in Mengen von jeweils nicht mehr als 0,1 kg eingesetzt.
- Ist für Gase, zum Beispiel Stickstoff, Argon, Wasserstoff oder Propan, keine zentrale Gasversorgung vorhanden, wird die kleinste mögliche Gebindegröße (maximal 50-l-Druckgasflasche) benutzt. Bei sehr giftigen, krebserzeugenden, erbgutverändernden oder fruchtbarkeitsgefährdenden Gasen werden lecture bottles oder Kleinstahlflaschen eingesetzt; ist dies nicht möglich, so werden keine größeren als 10-l-Druckgasflaschen verwendet. Ersatzflaschen werden außerhalb des Labors bereitgehalten.

Zusatzmaßnahmen

Wenn Tätigkeiten mit besonders gefährlichen Gefahrstoffen innerhalb der hier angegebenen Mengengrenzen durchgeführt werden, sind Zusatzmaßnahmen erforderlich. Dieses kann beispielsweise eine Tätigkeit mit einem sehr instabilen oder explosionsgefährlichen Stoff wie Nitroglycerin oder der Einsatz einer großen Menge eines krebserzeugenden Alkylierungsmittels wie Dimethylsulfat in einer Glasapparatur sein.

Die Erfahrung zeigt, dass in typischen Laborapparaturen Ansatzgrößen in den oben genannten Mengen sicher verarbeitet werden können.

Eine allgemeine Begrenzung der Flüssigkeitsmengen auf 2,5 l und 1 kg für Feststoffe pro Apparatur dient deshalb der Beherrschbarkeit von Stoffen auch unterhalb des Gefahrenniveaus der giftigen Stoffe innerhalb des Maßnahmensystems dieser BGI/GUV-I.

Es hat sich daher bewährt, die in diesem Abschnitt genannten Grenzen auf alle Gefahrstoffe anzuwenden, also auch solche, die die oben genannten Gefahrenmerkmale nicht tragen.

Siehe auch Abschnitte 4.13 und 4.15.1.

3.3.4 Einsatz größerer Mengen

Zusatzmaßnahmen

Werden in Laboratorien Tätigkeiten mit größeren Mengen an Gefahrstoffen als den hier genannten durchgeführt, ist dieses in der Gefährdungsbeurteilung gesondert zu berücksichtigen, da hier eine Beherrschbarkeit von Ereignissen oder Expositionen durch die in dieser BGI/GUV-I

beschriebenen Maßnahmen nicht ohne weitergehende Beurteilung angenommen werden kann. Häufig werden hierdurch Zusatzmaßnahmen erforderlich, die über die in dieser BGI/GUV-I enthaltenen hinausgehen. Die Gefährdungsbeurteilung ergibt, ob und mit welchen Zusatzmaßnahmen die Tätigkeiten im Labor ausgeführt werden können oder ob eine Durchführung im Labor nicht möglich ist und beispielsweise aus Explosionsschutzgründen in einem entsprechend ausgestatteten Technikum gearbeitet werden muss.

Siehe auch Abschnitt 4.13.

3.4 Besonderheiten für Laboratorien

3.4.1 Notfälle und Störungen

Großraumlaboratorien

Die Gefährdungsbeurteilung muss auch Notfälle und Störungen umfassen. Die Beherrschbarkeit von Ereignissen und die gegenseitige Beeinflussung von Arbeitsplätzen sind bei Großraumlaboratorien von besonderer Bedeutung. Das kann beispielsweise erfordern, zusätzliche Rückhaltesysteme in Abzügen für den Brandfall vorzusehen.

Siehe auch § 13 GefStoffV.

3.4.2 Gefahrstoffaufnahme durch Verletzungen

Geringe Gefährdung in Laboratorien

Es kann erforderlich sein, die mögliche Inkorporation von Gefahrstoffen nach mechanischen Verletzungen zu berücksichtigen, beispielsweise durch Stechen oder bei Verletzungen durch Glasbruch. Die in Laboratorien im Vergleich zum gewerblichen Bereich typischerweise kleinen Mengen führen häufig nicht zu einem Einstieg in die Gefährdungsbeurteilung mit der Annahme einer geringen Gefährdung nach § 7 Abs. 9 der Gefahrstoffverordnung, da die vielen händisch auszuführenden Arbeitsschritte und besonderen Verfahrensbedingungen zu einer erhöhten Expositionsgefährdung führen.

3.4.3 Tätigkeiten Dritter in Laboratorien

Reinigungs- und Wartungspersonal, Besucher

Tätigkeiten von Fremdfirmen und anderen Personen, die nicht zum unterwiesenen Kreis der Labormitarbeiter gehören, sind in der Gefährdungsbeurteilung zu berücksichtigen. Hierbei ist insbesondere an Reinigungspersonal, Mitarbeiter der Haustechnik oder von Wartungsfirmen und Besucher zu denken. Es kann erforderlich sein, für solche Tätigkeiten

besondere Maßnahmen zu ergreifen, zum Beispiel diese gesondert einzuweisen oder bestimmte Tätigkeiten im Labor zu unterbrechen.

Siehe § 17 GefStoffV.

3.4.4 Berücksichtigung spezieller Tätigkeiten

Exposition trotz technischer Maßnahmen

Bei der Gefährdungsbeurteilung sind auch Tätigkeiten zu berücksichtigen, bei denen anzunehmen ist, dass auch nach Ausschöpfung sämtlicher technischer Maßnahmen die Möglichkeit einer Exposition besteht. Diese können zum Beispiel Wartungsarbeiten an Geräten sein oder Reinigungsarbeiten an kontaminierten lüftungstechnischen Einrichtungen oder Laborgeräten. Darüber hinaus sind auch andere Tätigkeiten, wie zum Beispiel Bedien- und Überwachungstätigkeiten, zu berücksichtigen, sofern diese zu einer Gefährdung von Versicherten durch Gefahrstoffe führen können.

3.5 Berücksichtigung von Reaktionsverlauf und neuen Stoffen

Nebenprodukte und Verunreinigungen

In die Gefährdungsbeurteilung sind neben den eingesetzten Stoffen auch die Stoffe einzubeziehen, die bei normalem oder unerwartetem Reaktionsverlauf entstehen können, soweit sie bekannt sind oder vermutet werden können. Auch bei erwartetem Reaktionsverlauf entstehen neben dem Hauptprodukt Nebenprodukte, die berücksichtigt werden müssen. Entsprechende Schutzmaßnahmen müssen getroffen werden.

Arbeiten mit neuen Stoffen

Neue Stoffe, bei denen die Eigenschaften nur unzureichend bekannt sind (akut und chronisch-toxische sowie physikalisch-chemische Eigenschaften), sind mit erhöhter Vorsicht zu handhaben. In der Regel werden für die Festlegung der Schutzmaßnahmen mindestens akute giftige und ätzende und gegebenenfalls chronisch-toxische Wirkungen anzunehmen sein. Ebenfalls können diese Stoffe brennbar oder gar selbstentzündlich sein und explosionsfähige Gemische bilden. Hautkontakt, Einatmen und jede andere Form der Aufnahme sind gewissenhaft zu vermeiden. Vergleichbares gilt auch für nicht vollständig geprüfte Gefahrstoffe.

Besonders gefährliche Reaktionsverläufe mit Freisetzungs- oder Explosionsgefahr sind beispielsweise bei Nitrierungen, Oxidationen, Synthesen von instabilen oder metastabilen Verbindungen, Polymerisationen, Diazotierungen und allgemein exothermen Reaktionen zu erwarten.

Die inhalative Aufnahme kann vorzugsweise durch Arbeiten im Abzug verhindert werden. Arbeiten im geschlossenen System oder in einer Glovebox verhindern zudem den Hautkontakt.

Gefährdungsinformationen in Publikationen

In wissenschaftlichen Publikationen wird in der Regel nur bei auffällig gewordenen gefährlichen Eigenschaften neuer Stoffe gelegentlich auf diese hingewiesen. Hier werden dann nur ein niedriger Flammpunkt, eine Empfindlichkeit gegen Luft, Wasser, Temperatur oder Stoß, Selbstentzündlichkeit oder explosive Eigenschaften erwähnt. In älteren Publikationen sind auch solche Angaben fast nie vorhanden. Gefährliche Eigenschaften von Edukten werden ebenfalls in der Regel nicht genannt. Für die bezogenen Chemikalien müssen die Sicherheitsdatenblätter, die Informationen auf den Etiketten und Datensammlungen zur Informationsbeschaffung herangezogen werden.

Nanomaterialien

Auch Tätigkeiten mit Nanomaterialien, deren Eigenschaften nicht hinreichend bekannt sind, werden im Laboratorium vorsorglich bei der Festlegung von Schutzmaßnahmen wie Tätigkeiten mit neuen Stoffen behandelt. Dies gilt auch, wenn Nanopartikel erst bei der Bearbeitung freigesetzt werden können.

3.6 Substitution von Gefahrstoffen

Ersatzstoffe und Ersatzverfahren

Im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung ist zu prüfen, ob eine Substitution von Gefahrstoffen oder Verfahren eine Verringerung der Gefährdungen ermöglicht. Bei der Entscheidung der Substitution ist stets die resultierende Gesamtgefährdung zu beurteilen, die sich aus den Stoffeigenschaften, dem Verfahren und der Expositionsmöglichkeit ergibt. Siehe auch TRGS 600.

Beispiele für den Ersatz von gefährlicheren Stoffen durch weniger gefährliche sind die Verwendung von Cyclohexan oder Toluol anstelle von Benzol zum Ausschleppen von Wasser oder von tert.-Butylmethylether, der nicht zur Bildung von Peroxiden neigt, anstelle von Diethylether, oder von Aceton durch Butanon-2 oder von n-Hexan durch Cyclohexan, Heptan oder Octan.

In der Ausbildung müssen die Stoffe mit der jeweils geringsten Gefährdung, die dem Lehrzweck genügen, eingesetzt werden.

Nicht substituierbare Stoffe und Verfahren

Dienen Gefahrstoffe als Einsatzstoffe in chemischen Reaktionen oder Prozessen, können diese in der Regel nicht ersetzt werden. Dies gilt auch für analytische Standards zur Bestimmung von Gefahrstoffen. Sollen alternative Analysenverfahren eingesetzt werden, erfordert dies in aller Regel umfangreiche Entwicklungsarbeiten, einschließlich aufwändiger

Validierungen, gegebenenfalls sind Zulassungsverfahren oder Normungsarbeit zur Umstellung des Analysenverfahrens notwendig.

Vor einer Substitution ist neben den Stoffeigenschaften zu prüfen, welche Gefährdungen im konkreten Arbeitsverfahren mit einem Ersatzstoff gegenüber dem zu substituierenden Stoff bestehen. Neben den toxischen Eigenschaften sind auch physikalisch-chemische Eigenschaften zu bewerten. Die Substitution eines Stoffes durch einen Stoff mit zwar geringerer Toxizität, jedoch höherem Dampfdruck oder mit zusätzlichen Brand- und Explosionsgefahren kann das Gesamtrisiko erhöhen.

Im Gegensatz zu Tätigkeiten mit häufig wechselnden Aufgaben, wie beispielsweise im Forschungsbereich, ist eine Substitution bei Routinetätigkeiten einfacher möglich und hat bevorzugt zu erfolgen.

Eine schon seit Jahren praktizierte Substitution ist der Ersatz von Benzol als Schleppmittel für Wasser oder auch als Lösemittel beim Umkristallisieren durch Cyclohexan und Toluol. Ein aktueller Forschungsschwerpunkt ist die Übertragung von organisch-chemischen Reaktionen in wässrige Systeme. Extraktionen mit heißen Lösemitteln können oft in geschlossenen Apparaturen durchgeführt werden. Andere Beispiele für Substitutionen im Labor sind die Verwendung von Benzylbromid anstelle von Benzylchlorid, der Ersatz von Blaugel durch Orangegel, von Chrom(VI)-oxid-Oxidationen durch andere Literaturverfahren oder die Verwendung von Trimethylsilyldiazomethan anstelle von Diazomethan. Anstelle der Schwefelsäureester lassen sich andere Alkylierungsmittel verwenden wie Iodmethan, Alkylsulfonsäureester oder Dimethylcarbonat. Hexamethylphosphorsäuretriamid ist in verschiedenen Reaktionen durch 1,3-Dimethyl-2-imidazolidinon, 1,3-Dimethyltetrahydro-2(1H)-pyrimidinon, Dimethylsulfoxid, 1-Methyl-2-pyrrolidon oder Tetrahydrothiophen-1,1-dioxid ersetzbar. Während Bis(chlormethyl)ether nur noch in ganz wenigen Fällen eingesetzt wird, dient Chlormethyl-methylether als Schutzgruppenreagenz. Muss dieser hergestellt werden, so sollte ein Verfahren gewählt werden, das keinen Bis(chlormethyl)ether als Nebenprodukt bildet. Als Ersatz können unter Umständen (2-Chlormethoxyethyl)-methylchlorid mit einem deutlich geringeren Dampfdruck und (2-Chlormethoxyethyl)-trimethylsilan dienen. Der Einsatz von *N*-Nitroso-*N*-methylharnstoff ist zur Darstellung von Diazomethan verzichtbar durch Verwendung von *N*-Methyl-*N*-nitroso-4-toluolsulfonsäureamid, *N*-[(Nitrosomethylamino) methyl]benzamid oder 1-Methyl-3-nitro-1-nitrosoguanidin. Detaillierte Hinweise und Literatur finden sich in [8].

Auch in der Analytik sind Substitutionen möglich, beispielsweise lässt sich das photometrische Verfahren zur Bestimmung von Formaldehyd mit Pararosanilin vorteilhaft durch ein HPLC-Verfahren ersetzen.

Die zu Lehrzwecken gerne durchgeführte Synthese von Kristallviolett lässt sich durch die Synthese von Ethylviolett ersetzen, die das krebserzeugende Michlers Keton vermeidet.

Auch bei den Reinigungsmitteln lassen sich Alternativen finden.

Siehe auch Abschnitt 4.17.

Auch Verfahren können substituiert werden. So kann die Verwendung von Phosgen aus Druckgasflaschen gerade beim Verwenden von kleinen Mengen durch die gut steuerbare und jederzeit zu unterbrechende Phosgenentwicklung aus Di- oder Triphosgen ersetzt werden.

Produktentwicklung

Bei der Produktentwicklung sollte bereits im Labor berücksichtigt werden, ob nicht Gefahrstoffe eingesetzt werden, die in späteren Stadien der Entwicklung, Produktion oder Vermarktung problematisch sein können.

3.7 Beschäftigungsbeschränkungen

Jugendliche, Frauen, Mütter

Beschäftigungsbeschränkungen für Jugendliche, Frauen im gebärfähigen Alter, werdende und stillende Mütter müssen beachtet werden. Auf die Beschäftigungsverbote des § 22 Jugendarbeitsschutzgesetz, der §§ 4 und 6 Mutterschutzgesetz und §§ 3 bis 5 der Verordnung zum Schutze der Mütter am Arbeitsplatz wird verwiesen.

Siehe auch die BG-Information „Fruchtschädigungen – Schutz am Arbeitsplatz" (BGI 537).

3.8 Dokumentation

Dokumentation und Aktualisierung der Gefährdungsbeurteilung

Der Unternehmer hat die Gefährdungsbeurteilung unabhängig von der Zahl der Versicherten und vor Aufnahme der Tätigkeit zu dokumentieren. In der Dokumentation ist anzugeben, welche Gefährdungen am Arbeitsplatz auftreten können und welche Maßnahmen gemäß dem Dritten und Vierten Abschnitt der Gefahrstoffverordnung durchgeführt werden müssen. Im Falle von Tätigkeiten mit geringer Gefährdung nach § 7 Abs. 9 der Gefahrstoffverordnung ist keine detaillierte Dokumentation erforderlich. In allen anderen Fällen ist nachvollziehbar zu begründen, wenn auf eine detaillierte Dokumentation verzichtet wird. Die Gefährdungsbeurteilung ist zu aktualisieren, wenn maßgebliche Veränderungen dies erforderlich machen oder wenn sich eine Aktualisierung aufgrund der Ergebnisse der arbeitsmedizinischen Vorsorge als notwendig erweist.

Liegt eine mehr als geringe Gefährdung vor, so ist das Ergebnis der Substitutionsprüfung zu dokumentieren. Ergibt diese Prüfung bei Tätigkeiten, für die ergänzende Schutzmaßnahmen nach § 10 GefStoffV zu treffen sind, dass sich eine Substitution nach Maßgabe der TRGS 400 und 600 nicht durchführen lässt, so sind auch die bei der Prüfung zu Grunde gelegten Erwägungen nachprüfbar zu dokumentieren.

Dokumentation im Gefahrstoffverzeichnis

Die Dokumentation der Substitutionsprüfung kann im Gefahrstoffverzeichnis als Anlage zur Gefährdungsbeurteilung erfolgen, das um einen Vermerk zur Durchführung der Prüfung und um die Begründung bei Verzicht auf Substitution ergänzt wird. Handelt es sich dabei um eine einfache und objektiv nachvollziehbare Begründung wie der Verwendung eines Stoffes als Ausgangsstoff, um an diesem Molekül chemische Reaktionen vorzunehmen, so genügt in der Regel ein pauschaler Verweis auf einen solchen Text bei dem jeweiligen Stoff. Es müssen dann nur noch gesonderte Ausführungen dort gemacht werden, wo die Begründung sich nicht auf einen so einfachen Sachverhalt zurückführen lässt.

Siehe § 7 Abs. 6 Gefahrstoffverordnung.

4 Übergreifende Betriebsbestimmungen

4.1 Betriebsanweisungen

Betriebsanweisungen für Gefahrstoffe und Arbeitsmittel

Der Unternehmer hat Betriebsanweisungen unter Berücksichtigung der eingesetzten Gefahrstoffe und Arbeitsmittel zu erstellen, in denen die im Laboratorium auftretenden Gefahren für Mensch und Umwelt beschrieben sowie die allgemein erforderlichen Schutzmaßnahmen und Verhaltensregeln festgelegt sind. Betriebsanweisungen sind in einer für die Versicherten verständlichen Sprache und Form abzufassen und zu dokumentieren. Die Zugriffsmöglichkeit auf die Betriebsanweisungen im Laboratorium ist jederzeit sicherzustellen. In den Betriebsanweisungen sind auch Anweisungen über das Verhalten im Gefahrfall und über Erste-Hilfe-Maßnahmen zu treffen. Siehe § 14 GefStoffV und TRGS 555 „Betriebsanweisung und Information der Beschäftigten".

Laborordnung

Die allgemeine Betriebsanweisung („Laborordnung") enthält in übersichtlicher Form die grundlegenden, konkretisierten Festlegungen. Hierzu kann es erforderlich sein, neben dieser BGI/GUV-I auch andere relevante Rechtsvorschriften zu berücksichtigen.

Einzel- und Gruppenbetriebsanweisungen

Die Versicherten sind über die Gefahrstoff-Betriebsanweisungen hinaus mit den Methoden und Verfahren vertraut zu machen, die im Hinblick auf die Sicherheit und die Verwendung von Gefahrstoffen angewendet werden müssen. Solche können in Einzelbetriebsanweisungen beschrieben werden oder auch in der allgemeinen Betriebsanweisung enthalten sein.

Für besonders gefährliche Tätigkeiten mit Gefahrstoffen oder Apparaturen hat der Unternehmer gesonderte Betriebsanweisungen zu erstellen. Dies können beispielsweise Betriebsanweisungen für Abzüge, Zentrifugen oder Versuchsautoklaven sein, deren Fehlbedienung zu einer Gefährdung führen kann. Es hat sich bewährt, für Gefahrstoffe in Laboratorien Gruppenbetriebsanweisungen aufzustellen. Für besonders gefährliche Stoffe oder solche, deren Kombination von Gefahrenmerkmalen keine sinnvolle Zuordnung zu einer Gruppe zulässt, sind Einzelanweisungen erforderlich. Beispiele sind sehr giftige, krebserzeugende, erbgutverändernde, reproduktionstoxische, selbstentzündliche und explosive Stoffe.

Die gefährdungsbezogenen Inhalte der Betriebsanweisungen müssen auch nicht deutschsprachigen Personen im Labor, beispielsweise ausländischen Gastwissenschaftlern, zugänglich sein.

Dokumentation und Verfügbarkeit

Betriebsanweisungen und Sicherheitsdatenblätter stellen eine wichtige Informationsquelle dar und haben im staatsanwaltlichen Ermittlungsverfahren wichtige Beweisfunktionen. Eine dem gemäße Sorgfalt der Dokumentation muss daher walten. Betriebsanweisungen können in Ergänzung zu einem schriftlichen unterschriebenen Belegexemplar auch in elektronischer Form verfügbar gemacht werden, wenn sichergestellt ist, dass die Versicherten unmittelbaren Zugriff haben. Sicherheitsdatenblätter können in schriftlicher oder elektronischer Form bereitgehalten werden. Im Fall der elektronischen Form muss der Zugriff aller Mitarbeiter im Bedarfsfall darauf sichergestellt sein. Ist ein elektronisches Medium – temporär – nicht verfügbar, so muss eine andere Quelle herangezogen oder die Arbeit für diese Zeit aufgeschoben werden. Hilfen für die Unterweisung zu Gefahrstoffen finden sich beispielsweise in [9], eine web-basierte Hilfe für die Erstellung von Betriebsanweisungen bietet die BG Chemie an [10].

Siehe auch § 14 Gefahrstoffverordnung.

4.2 Unterweisung

Betriebsanweisungen und Unterweisungen

Der Unternehmer hat dafür zu sorgen, dass die Versicherten in Laboratorien unterwiesen werden. Er kann die Aufgabe der Unterweisung auf eine geeignete Person übertragen. Grundlage für die Unterweisung sind insbesondere diese Regel, die bestehenden Betriebsanweisungen und Betriebsanleitungen für Arbeitsmittel (Geräte und Apparaturen). Siehe hierzu TRGS 555.

Die Versicherten sind vor der Aufnahme ihrer Beschäftigung und danach in angemessenen Zeitabständen, mindestens jedoch einmal jährlich, sowie vor dem erstmaligen Verwenden von Gefahrstoffen, Einrichtungen und Arbeitsmitteln zu unterweisen.

Darüber hinaus sind die Versicherten ausführlich und sachbezogen über allgemeine und tätigkeitsbezogene Gefahren im Laboratorium sowie über die Maßnahmen zu ihrer Abwendung mündlich und arbeitsplatzbezogen zu unterweisen. Bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen ist hierbei auch eine allgemeine arbeitsmedizinisch-toxikologische Beratung durchzuführen. Zur gegebenenfalls erforderlichen Beteiligung des Arztes bei der Unterweisung, siehe Abschnitt 4.7.

Frauen im gebärfähigen Alter, werdende und stillende Mütter sowie Jugendliche sind zusätzlich über die möglichen Gefahren und Beschäftigungsbeschränkungen sowie -verbote zu unterrichten.

Wird Fremdpersonal, z. B. für Reparatur- und Reinigungsarbeiten, eingesetzt, ist vor Aufnahme der Tätigkeiten eine Unterweisung über die Gefahren und die notwendigen Schutzmaßnahmen sicher zu stellen. Hierzu ist die Fremdfirma entsprechend einzuweisen.

Dokumentation

Inhalt und Zeitpunkt der Unterweisung sind schriftlich festzuhalten und von den Unterwiesenen durch Unterschrift zu bestätigen.

Der Unternehmer hat dafür zu sorgen, dass diese BGI/GUV-I, die Sicherheitsdatenblätter und die Betriebsanweisungen im Laboratorium an geeigneter Stelle zugänglich gemacht oder den Versicherten ausgehändigt werden.

Elektronische Unterlagen

Diese BGI/GUV-I und Betriebsanweisungen können auch in elektronischer Form verfügbar gemacht werden, beispielsweise als Datei in einem Netzwerk, wenn alle Versicherten Zugang hierzu haben. Der Vorläufer der BGI/GUV-I 850-0 ist als „Guidelines for Laboratories" (BGR 120e) in englischer Sprache verfügbar. Eine Übersetzung der BGI/GUV-I 850-0 wird vorbereitet. Die Übertragung kann beispielsweise auf Laborleiter oder Hochschulassistenten erfolgen. Es empfiehlt sich, dies in Schriftform vorzunehmen.

Siehe auch §§ 4 und 12 der Unfallverhütungsvorschrift „Grundsätze der Prävention" (BGV A1/GUV-V A1) sowie § 14 Gefahrstoffverordnung.

Siehe auch Merkblatt M 006 „Besondere Schutzmaßnahmen in Laboratorien" sowie BG-Information „Fruchtschädigungen – Schutz am Arbeitsplatz" (BGI 537). Elektronische Form der BGI/GUV-I 850-0 siehe beispielsweise Kompendium Arbeitsschutz.

Art, Umfang und Wirksamkeitsprüfung der Unterweisung

Unterweisungen können anstelle von Blockveranstaltungen auch vorteilhaft an der konkreten Arbeit orientiert vorgenommen werden. Es ist wichtig, dass keine Mitarbeiter bei der Unterweisung, beispielsweise urlaubs- oder krankheitsbedingt, ausgelassen werden. In solchen Fällen ist die Unterweisung für diese zu wiederholen. Schriftliche Anweisungen können die Unterweisung nur unterstützen, nicht ersetzen. Wichtig ist ferner, die Inhalte der Unterweisung, deren Zeitpunkt und den Kreis der Unterwiesenen zu dokumentieren und unterschreiben zu lassen. Zudem ist es erforderlich, sich davon zu überzeugen, dass die Inhalte der Unterweisung verstanden und befolgt werden. Die Unterweisung findet eine höhere Akzeptanz, wenn sie sich an der Gefährdungsbeurteilung, an aktuellen Vorkommnissen und Unfällen sowie den Erfahrungen der Mitarbeiter orientiert.

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

Praktische Übungen

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

Auf weitere Unterrichtungs-, Unterweisungs- und Dokumentationspflichten des § 14 Gefahrstoffverordnung wird hingewiesen.

4.3 Allgemeine Grundsätze für das Arbeiten im Laboratorium

4.3.1 Vermeiden von Gefährdungen

Ordnung und Sauberkeit

Der Unternehmer hat die Arbeitsorganisation so zu gestalten, dass Gefährdungen vermieden oder auf ein Minimum reduziert werden. Er sorgt dafür, dass Versicherte in Laboratorien Ordnung halten. Dafür sind durch den Unternehmer ausreichend arbeitsplatznahe Aufbewahrungs- und Abstellmöglichkeiten vorzusehen.

Expositionsbegrenzung

Dauer und Ausmaß von Expositionen gegenüber Gefahrstoffen sind zu begrenzen, Arbeitsplatzgrenzwerte einzuhalten. Hautkontakt ist zu vermeiden.

Kennzeichnung

Sicherheits- und Gesundheitsschutzkennzeichnungen müssen der ASR A1.3 sowie der Unfallverhütungsvorschrift „Sicherheits- und Gesundheitsschutzkennzeichnung am Arbeitsplatz" (BGV A8, GUV-V A8) entsprechen.

Aufgeräumte Labortische, Abzüge, Schränke und Regale tragen wesentlich zum sicheren Arbeiten bei. Gefahrstoffe müssen übersichtlich geordnet aufbewahrt werden.

4.3.2 Übertragung von Arbeiten

Befähigung von Personen

Der Unternehmer darf Arbeiten nur unterwiesenen Personen übertragen, die befähigt sind, die für die Sicherheit und den Gesundheitsschutz zu beachtenden Bestimmungen und Maßnahmen einzuhalten. Versicherte dürfen Tätigkeiten nur mit den Gefahrstoffen und Einrichtungen ausführen, die zur Durchführung ihrer Aufgaben erforderlich sind. Die Zahl der gegenüber Gefahrstoffen exponierten Personen ist auf das notwendige Maß zu begrenzen.

Befähigt in diesem Sinne sind 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.

Arbeiten mit einem höheren Gefahrenpotential können beispielsweise sein: Arbeiten mit neuen Stoffen und solchen mit noch unbekannten Eigenschaften (nicht vollständig geprüft), Arbeiten mit Bombenrohren und Versuchsautoklaven, Druckgasflaschen, Druckgasen, Vakuum, tiefkalt verflüssigten Gasen, brennbaren Flüssigkeiten sowie mit explosionsgefährlichen und gesundheitsgefährlichen Stoffen. Die in diesem Abschnitt beschriebenen Arbeiten können unter besonderen Bedingungen auch gefährliche Alleinarbeiten darstellen.

Siehe §§ 8, 15 und 17 der Unfallverhütungsvorschrift „Grundsätze der Prävention" (BGV A1/GUV-V A1) und DIN VDE 1000 „Allgemeine Leitsätze für das sicherheitsgerechte Gestalten technischer Erzeugnisse".

4.3.3 Alleinarbeit

Zulässigkeit und Sicherung von Alleinarbeit

Bei der Gefährdungsbeurteilung ist zu prüfen, ob eine Alleinarbeit durchgeführt werden kann. Die Gefährdungsbeurteilung ergibt die gegebenenfalls zusätzlich zu treffenden organisatorischen und technischen Maßnahmen. Kann eine Alleinarbeit nicht ausreichend abgesichert werden, darf diese nicht durchgeführt werden.

Einzelarbeitsplatzsicherung

Die Überwachung muss so geregelt sein, dass im Gefahrfall eine ausreichend schnelle Hilfe sichergestellt ist. Die Art der Überwachung ergibt sich aus der Art der Gefährdung, die durch die Gefährdungsbeurteilung zu ermitteln ist. Zu berücksichtigen sind dabei insbesondere:

- Art, Menge oder Konzentration der Stoffe (zum Beispiel giftig, erstickend, tiefkalt),
- Eintrittswahrscheinlichkeit eines Unfalles,
- Art und Schwere der möglichen Verletzung,
- Handlungsfähigkeit nach Unfall,
- Verfügbarkeit und Einsatzbereitschaft der Hilfs- und Rettungskräfte.

Siehe § 8 der Unfallverhütungsvorschrift „Grundsätze der Prävention" (BGV A1/GUV-V A1) sowie BG-Regel „Einsatz von Personen-Notsignal-Anlagen" (BGR 139) und BG-Information „Prüfpflichten – Schutzzeiter – Alleinarbeit" (BGI 697).

Siehe auch [11].

4.3.4 Mängelmeldung

Beseitigung von Mängeln und gefährlichen Zuständen

Die Versicherten haben Mängel, Schäden und auftretende gefährliche Zustände und sonstige Gefährdungen in Laboratorien unverzüglich zu beseitigen. Gehört dies nicht zu ihren Arbeitsaufgaben oder verfügen sie nicht über die notwendige Befähigung, haben sie die Mängel dem Unternehmer oder dem Vorgesetzten umgehend zu melden.

Die Reparatur elektrischer Geräte darf nur durch qualifiziertes Personal durchgeführt werden.

Sicherheitstechnische Einrichtungen

Insbesondere an sicherheitstechnischen Einrichtungen dürfen keine Mängel vorhanden sein. Beispiele für solche Mängel oder gefahrbringende Zustände sind unzugängliche Feuerlöscher, blockierte Körper- und Augennotduschen, defekte Volumenstromüberwachungen an Abzügen, defekte elektrische Steckvorrichtungen und nicht gesicherte Druckgasflaschen.

Siehe § 16 der Unfallverhütungsvorschrift „Grundsätze der Prävention" (BGV A1/GUV-V A1).

4.3.5 Überwachung und Sicherung

Überwachung von laufenden Vesuchen

Versicherte dürfen außer in Notfällen ihren Arbeitsplatz nur dann verlassen, wenn eine dauernde Überwachung ihrer Versuche nicht erforderlich ist oder wenn ein anderer Versicherter, der über die notwendigen Kenntnisse und Fähigkeiten verfügt, die Überwachung übernimmt. 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.

„Nacht-Laboratorien"

Bei vielen Versuchen ist es erforderlich, zur Abwehr von sich abzeichnenden Gefahren rasch eingreifen zu können, beispielsweise bei durchgehenden Reaktionen oder Störungen. Wo dies nicht durch eine Person geschehen kann, hat es sich bewährt, solche Versuche in besonders abgesicherten Räumen („Nacht-Laboratorien") durchzuführen, bei denen

eine automatische Einrichtung zur Früherkennung oder Schadensbegrenzung vorhanden ist.

Sicherung von Medien und Energien

Eine Sicherung kann beispielsweise durch Schließen der Medien führenden Leitungen, etwa der Gas-, Wasser- und Dampfhähne, erfolgen. Soweit möglich, sind auch die Haupthähne abzusperren, die Hauptschalter auszuschalten oder die Netzstecker von Geräten, die einen Brand verursachen könnten, zu ziehen.

4.3.6 Wirksamkeit von Schutzmaßnahmen

Wirksamkeitskontrolle von Schutzmaßnahmen

Die Wirksamkeit von Schutzmaßnahmen kann nach den Vorgaben der TRGS 500 „Schutzmaßnahmen" und TRGS 402 „Ermittlung und Beurteilung der Konzentration gefährlicher Stoffe in der Luft in Arbeitsbereichen" beurteilt werden. In Laboratorien ist die Wirksamkeit der technischen Einrichtungen in der Regel gegeben, wenn diese die regelmäßigen sicherheitstechnischen Prüfungen bestehen. Die Beurteilung der Exposition gegenüber Gefahrstoffen kann im Einzelfall erforderlich sein, wenn Arbeitsbedingungen von den laborüblichen Techniken abweichen, beispielsweise bei Überschreitung der Mengengrenzen gemäß Abschnitt 3.3.3 oder wenn eine vom normalen Betrieb abweichende Verwendung von Geräten, Apparaturen oder Laboreinrichtungen vorliegt.

Müssen Abzüge aufgrund des Arbeitsverfahrens ausnahmsweise mit offen stehendem Frontschieber betrieben werden, muss diese Tätigkeit gesondert beurteilt werden.

Ist die Bewertung der Wirksamkeitsprüfung mittels anderer Methoden nicht möglich, sind geeignete Messverfahren heranzuziehen. Da für viele Gefahrstoffe in Laboratorien keine Grenzwerte oder Messverfahren verfügbar sind, wird die Messung und Bewertung auf Basis von Leitkomponenten empfohlen.

4.3.7 Gegenseitige Information

Berücksichtigung benachbarter Personen

Vor der Durchführung gefährlicher Tätigkeiten sind insbesondere die in unmittelbarer Nähe tätigen Versicherten über die besonderen Gefahren und Schutzmaßnahmen zu unterweisen. Dies gilt insbesondere, wenn mehrere Personen gleichzeitig an einem Abzug beschäftigt sind.

Wartungsarbeiten

Wartungsarbeiten sind rechtzeitig und inhaltlich so abzustimmen, dass eine ungehinderte und gefahrlose Durchführung möglich ist. Dies betrifft z. B. Wartungsarbeiten an Abzügen und Notduschen.

4.3.8 Unterrichtung des Vorgesetzten bei Gesundheitsschäden

Meldung und Anzeigepflicht

Bei Gesundheitsstörungen, z. B. beim Auftreten von Hautreizungen und Ausschlägen, ist der Unternehmer oder sein Beauftragter zu informieren, wenn der Verdacht besteht, dass diese durch Einwirkung von Gefahrstoffen am Arbeitsplatz verursacht sein könnten. Die Anzeigeverpflichtung nach Abschnitt 4.22 ist zu beachten.

4.3.9 Notfallmaßnahmen

Notfallmaßnahmen, Flucht- und Rettungsplan

Für den Fall einer Störung, eines Unfalles oder Notfalles sind Notfallmaßnahmen festzulegen. Hierzu zählt insbesondere ein Flucht- und Rettungsplan und ein Alarmplan für den Brandfall. In solchen Fällen dürfen nur die für die Wiederherstellung der normalen Betriebssituation erforderlichen Personen in den Bereichen tätig werden. Andere Personen haben den betroffenen Bereich unverzüglich zu verlassen. Für die dort tätig werdenden Personen sind die zur Gefahrenabwehr notwendigen Maßnahmen zu treffen. Insbesondere sind dies besondere Arbeitsmittel, spezielle Sicherheitseinrichtungen und persönliche Schutzausrüstungen. Der Unternehmer hat Warn- und sonstige Kommunikationssysteme einzurichten, die erforderlich sind, um eine erhöhte Gefährdung der Gesundheit und Sicherheit anzuzeigen, so dass eine angemessene Reaktion möglich ist. Entsprechende Sicherheitsübungen sind in regelmäßigen Abständen so durchzuführen, dass für den Notfall von einem Funktionieren des Systems ausgegangen werden kann. Nach den jeweiligen landesrechtlichen Vorgaben ist eine Brandschutzordnung zu erstellen.

Notfalldienste und Feuerwehr

Diese Informationen können den Unfall- und Notfalldiensten wie der Feuerwehr übergeben werden oder an einer geeigneten Stelle so bereitgehalten werden, dass eine unverzügliche Kenntnisnahme möglich ist. Es muss die Möglichkeit bestehen, dass die notwendigen Abhilfe- und Sicherheitsmaßnahmen rechtzeitig getroffen werden können.

Ein Beispiel für einen Flucht- und Rettungsplan ist in Anhang I sowie in [2] wiedergegeben. Der Plan ist an zentralen Stellen gut sichtbar aufzuhängen.

Siehe hierzu auch § 22 der Unfallverhütungsvorschrift „Grundsätze der Prävention" (BGV A1/GUV-V A1) und § 18 in Verbindung mit Anhang 2 der Unfallverhütungsvorschrift „Sicherheits- und Gesundheitsschutzkennzeichnung am Arbeitsplatz" (BGV A8/GUV-V A8).

4.4 Kleidung und Schuhwerk

4.4.1 Arbeits- und Schutzkleidung

Beschaffung und Beschaffenheit von Laborkleidung

Bei Tätigkeiten in Laboratorien ist geeignete Arbeits- und Schutzkleidung zu tragen. Grundausstattung ist in der Regel ein langer Labormantel mit langen, eng anliegenden Ärmeln mit einem Baumwollanteil im Gewebe von mindestens 35 %. Für Beschäftigte im Sinne von § 2 ArbSchG muss der Unternehmer diese den Versicherten zur Verfügung stellen.

Geeignete Arbeitskleidung mit ausreichender Schutzfunktion ist in der Regel ein langer Laborkittel mit langen, eng anliegenden Ärmeln. Damit wird gewährleistet, dass Gefahrstoffe so lange vom Kittelstoff aufgehalten werden, dass eine Berührung mit der Haut durch sofortiges Ausziehen des Kittels vermieden oder stark reduziert werden kann. Ferner wird eine Verschleppung von Kontaminationen durch den Verbleib des Kittels im Labor vermieden. Bei Personenbränden kann durch unverzügliches Ablegen des Kittels (Herunterreißen) häufig ein Übergreifen der Flammen auf die Kleidung vermieden werden. Kittel mit Baumwollanteil von mindestens 35 % sind in der Regel geeignet. Durch die Waschgänge sinkt allerdings der Baumwollanteil ab.

Straßenkleidung ist keine geeignete Kleidung für Laboratorien.

Siehe auch BG-/GUV-Regel „Benutzung von Schutzkleidung" (BGR 189/ GUV-R 189) und Merkblatt M 006 „Besondere Schutzmaßnahmen in Laboratorien".

Bei Arbeiten mit biologischen Agenzien sowie bei Infektionsgefahr, siehe Technische Regeln für Biologische Arbeitsstoffe „Schutzmaßnahmen für gezielte und nicht gezielte Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen in Laboratorien" (TRBA 100) und BG-Information „Sichere Biotechnologie – Ausstattung und organisatorische Maßnahmen: Laboratorien" (BGI 629). Bei Arbeiten mit fruchtschädigenden Arbeitsstoffen, siehe BG-Information „Fruchtschädigungen – Schutz am Arbeitsplatz" (BGI 537).

Sonstige Kleidung

Sonstige Arbeitskleidung (neben dem Laborkittel) kann aus handelsüblichen Geweben bestehen, 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 den Laborkitteln ähnlichen Eigenschaften zu tragen. Textilien aus reinem Synthetikmaterial zeigen in der Regel ein gefährliches Brenn- und Schmelzverhalten. Schutzkleidung, siehe Abschnitt 4.5.5.

4.4.2 Schuhwerk

Anforderungen an Schuhe

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

Darunter ist in der Regel ein geschlossener Straßenschuh oder Laborschuh (Abbildung 1) zu verstehen. Diese bieten neben dem festen Halt am Fuß und einem Schutz gegen das Ausgleiten auch einen Schutz gegen herabtropfende oder -fallende Gefahrstoffe.



Abbildung 1: Laborschuhe

4.5 Persönliche Schutzausrüstungen

4.5.1 Allgemeines

Beschaffung und Verwendung

Der Unternehmer hat den Versicherten entsprechend der jeweiligen Tätigkeit geeignete persönliche Schutzausrüstungen in ausreichender Zahl zur Verfügung zu stellen. Vor der Bereitstellung hat er die Versicherten anzuhören. Die Versicherten haben diese persönlichen Schutzausrüstungen bestimmungsgemäß zu benutzen.

4.5.2 Augenschutz

Tragepflicht für Schutzbrillen

Der Unternehmer hat dafür zu sorgen, dass in Laboratorien alle Personen ständig eine Gestellbrille mit ausreichendem Seitenschutz tragen.

Können aufgrund der Arbeitsprozesse und Tätigkeiten dauerhaft sicher Augengefährdungen ausgeschlossen werden, kann auf den Augenschutz ausnahmsweise verzichtet werden. Dies ist in der Gefährdungsbeurteilung zu dokumentieren.

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

Zusätzliche Maßnahmen zum Augenschutz

Ist beim Abfüllen von Flüssigkeiten mit einer Gefährdung zu rechnen, sind Korbbrillen zu tragen. Besteht beim Öffnen von Gebinden die Gefahr, dass Verätzungen durch den Inhalt auftreten, sind zusätzlich zur Schutzbrille auch Gesichtsschutzschirm und Handschutz zu tragen.

Gut bewährt haben sich Gestellbrillen mit Seitenschutz (Gestell-Schutzbrillen) mit zusätzlicher oberer Augenraumabdeckung. Andere Augenschutzgeräte sind beispielsweise Korbbrillen. Als zusätzlicher Spritzschutz können Gesichtsschutzschirme erforderlich sein, die zusammen mit Gestellschutz- oder Korbbrillen getragen werden. Für Brillenträger gibt es Schutzbrillen mit Korrekturgläsern.

Siehe auch BG-/GUV-Regel „Benutzung von Augen- und Gesichtsschutz" (BGR 192/GUV-R 192).



Abbildung 2: Vorratsbox für Besucherschutzbrillen am Eingang zu einem Laborbereich; die Brillen werden nach Gebrauch gereinigt und in Kunststoffbeuteln aufbewahrt

Verätzungsgefahr besteht beispielsweise beim Öffnen von aufgewölbten Gebinden oder festsitzenden Verschlüssen – auch von Standflaschen für den Handgebrauch. Unter Umständen kann es durch aufgebauten

Druck auch zum Austritt gesundheitsgefährdender Verbindungen (der Originalsubstanz, von Zersetzungs-, Oxidations- oder Hydrolyseprodukten) kommen. Zweckmäßig ist ferner das Tragen von geeigneten Schutzhandschuhen und Schutzkleidung.

Siehe BG-/GUV-Regeln „Benutzung von Augen- und Gesichtsschutz" (BGR 192/GUV-R 192), „Benutzung von Schutzhandschuhen" (BGR 195/GUV-R 195) und „Benutzung von Schutzkleidung" (BGR 189/GUV-R 189). In Einzelfällen kann Atemschutz erforderlich sein.

Siehe BG-/GUV-Regel „Benutzung von Atemschutzgeräten" (BGR 190/GUV-R 190) und BG-Information „Reizende Stoffe – Ätzende Stoffe" (BGI 595). Bei geringerer Gefährdung, beispielsweise beim Abfüllen aus Standflaschen für den Handgebrauch, ist in der Regel eine Gestell-Schutzbrille ausreichend.

4.5.3 Handschutz

Auswahl und Verwendung von Schutzhandschuhen

Bei Tätigkeiten, die mit besonderen Gefahren für die Hände verbunden sind, müssen geeignete Schutzhandschuhe getragen werden. Diese müssen entsprechend ihrem Verwendungszweck ausgewählt und vor jeder Benutzung auf Beschädigungen kontrolliert werden. Beschädigte oder anderweitig unbrauchbar gewordene Handschuhe sind unverzüglich zu ersetzen. Zur Auswahl geeigneter Schutzhandschuhe und Hautmittel siehe Nummer 7 der TRGS 401.

Durchdringung von Handschuhmaterial

Viele Gefahrstoffe können in das Handschuhmaterial diffundieren, unter Umständen mit erstaunlich hoher Geschwindigkeit. Die Schutzhandschuhe sind daher gemäß den Beständigkeitsangaben des Herstellers auszuwählen. Schutzhandschuhe sollen in der Regel im Labor nur einen Schutz gegen den kurzzeitigen Kontakt mit Spritzern bieten. Ist ein länger andauernder Kontakt unvermeidbar oder werden Tätigkeiten mit Gefahrstoffen durchgeführt, die besonders rasch durch das Handschuhmaterial dringen, so muss besonderes Augenmerk auf die Auswahl der Handschuhe gerichtet werden. In solchen Fällen ist zu empfehlen, sich die Eignung eines Handschuhs für den geplanten Zweck vom Hersteller schriftlich bestätigen zu lassen. So dringen Stoffe, wie Dimethylquecksilber oder auch Aceton, durch verschiedene Handschuhmaterialien sehr rasch (je nach Material im Sekundenbereich) hindurch.

Belastung durch Handschuhe

Das häufige und längere Tragen von Schutzhandschuhen stellt eine Belastung für die Haut dar und kann zu Hauterkrankungen führen.

Siehe hierzu auch [12] und [13]. Zu arbeitsmedizinischen Vorsorgeuntersuchungen, siehe auch 4.7.2.

Angesichts der Gefahr latexallergischer Erkrankungen ist das Tragen gepuderter und proteinreicher Latexhandschuhe verboten.

Siehe TRGS 401 „Gefährdung durch Hautkontakt – Ermittlung, Beurteilung, Maßnahmen". In der Fassung 2008 ist statt der Nummer 7 nunmehr die Nummer 6.4 einschlägig.

Kontaminationsverschleppung

Auf die Vermeidung der Verschleppung von Kontaminationen ist zu achten. Mit benutzten Handschuhen dürfen zum Beispiel keine Lichtschalter, Türklinken, Wasserhähne an Waschbecken, Telefonhörer, Eingabetastaturen oder Schreibzeug angefasst werden.

Siehe BG-/GUV-Regeln „Benutzung von Schutzhandschuhen" (BGR 195/GUV-R 195) und „Benutzung von Hautschutz" (BGR 197) sowie die BG-/GUV-Information „Chemikalienschutzhandschuhe" (BGI/GUV-I 868).

Daten zu Schutzhandschuhen sind vielfach auf den Internetseiten der Hersteller zu finden.

4.5.4 Atemschutz

Verwendung von Atemschutz im Labor

Können Gefahrstoffe in gefährlicher Konzentration auftreten, sind geeignete Atemschutzgeräte bereitzuhalten. Besteht die Möglichkeit, dass Arbeitsplatzgrenzwerte von Gefahrstoffen überschritten werden, sind die Atemschutzgeräte zu benutzen. In Laboratorien sind die Arbeitsverfahren so zu gestalten, dass der Einsatz von Atemschutz nicht erforderlich ist. Kann im Einzelfall auf Atemschutz nicht verzichtet werden, ist nicht nur die Exposition der unmittelbar Versicherten zu berücksichtigen, sondern auch eine mögliche Exposition anderer Versicherter, z. B. an benachbarten Arbeitsplätzen. Das Tragen von Atemschutzgeräten darf keine ständige Maßnahme sein und technische und organisatorische Schutzmaßnahmen nicht ersetzen.

Atemschutz für den Notfall

Mit dem unerwarteten Auftreten von Gefahrstoffen in gefährlicher Konzentration ist beispielsweise beim Verschütten von Gefahrstoffen zu rechnen. Bei Tätigkeiten mit sehr giftigen Gasen kann es notwendig sein

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

Siehe BG-/GUV-Regel „Benutzung von Atemschutzgeräten" (BGR 190/GUV-R 190).

4.5.5 Schutzkleidung

Auswahl und Verwendung von Schutzkleidung

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

Geeignete Schutzkleidung bei erhöhter Brandgefahr besteht beispielsweise aus schwer entflammbaren Geweben oder ausreichend flammhemmend ausgerüsteter Baumwolle. Es ist notwendig, dass die unter der Schutzkleidung getragene Kleidung aus nicht schmelzenden Textilien besteht; siehe auch Abschnitt 4.4.1. Geeignete Schutzkleidung bei Tätigkeiten mit größeren Mengen ätzender Flüssigkeiten besteht beispielsweise aus PVC-beschichtetem Gewebe.

Geeignete Schutzkleidung in medizinischen Laboratorien, siehe Technische Regeln für Biologische Arbeitsstoffe „Schutzmaßnahmen für gezielte und nicht gezielte Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen in Laboratorien" (TRBA 100) und BG-/GUV-Regel/TRBA „Biologische Arbeitsstoffe im Gesundheitswesen und in der Wohlfahrtspflege" (BGR/GUV-R 250/TRBA 250). Hinsichtlich der Trageverpflichtung, siehe § 15 Abs. 2 Arbeitsschutzgesetz.

4.6 Hygiene

4.6.1 Allgemeine Maßnahmen

Hygienemaßnahmen und Vermeidung von Kontaminationen

Angemessene Hygienemaßnahmen sind zu treffen. Arbeitsplätze sind von Kontaminationen frei zu halten und regelmäßig zu reinigen.

Nicht beseitigte Kontaminationen durch Chemikalien stellen eine Gefährdung durch unabsichtlichen Kontakt und versehentliche Aufnahme dar. Auf Pfützen von Wasser oder Ölresten besteht zudem Rutschgefahr. Zur schnellen Aufnahme von Lachen eignen sich spezielle Chemikalienbinder. Beim Tragen von Handschuhen ist darauf zu achten, dass mit diesen nicht Kontaminationen im Labor versehentlich verteilt werden, beispielsweise auf Frontschiebern, Telefonhörern, Tastaturen, Türklinken, Armaturen und Schreibgeräten.

4.6.2 Nahrungs- und Genussmittel und Kosmetika

Verbote für Nahrungs- und Genussmittel, Kosmetika

In Laboratorien, in denen Tätigkeiten mit Gefahrstoffen durchgeführt werden, dürfen Nahrungs- und Genussmittel nicht hineingebracht sowie Kosmetika nicht angewandt werden. Für die Aufbewahrung und den Verzehr sind entsprechende Sozialbereiche zur Verfügung zu stellen.

Für Chemikalien dürfen keine Gefäße benutzt werden, die üblicherweise zur Aufnahme von Speisen oder Getränken bestimmt sind. Speisen und Getränke dürfen nicht zusammen mit Chemikalien aufbewahrt werden.

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.

Siehe § 8 Abs. 7 Gefahrstoffverordnung.

Siehe Merkblatt M 006 „Besondere Schutzmaßnahmen in Laboratorien".

Zu Tätigkeiten mit biologischen Agenzien, siehe Technische Regeln für Biologische Arbeitsstoffe „Schutzmaßnahmen für gezielte und nicht gezielte Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen in Laboratorien" (TRBA 100).

4.6.3 Hautschutz

Hautschutz- und -pflegemaßnahmen

Der Unternehmer hat Hautschutzpläne aufzustellen. Die Versicherten haben diese zu befolgen.

Gefahren für die Hände können auch bei Reinigungsarbeiten bestehen. Haut und Hände dürfen nicht mit organischen Lösemitteln gereinigt werden. Abrasive Hautreinigungsmittel (zum Beispiel „Rubbelcremes") sollen nur verwendet werden, wenn dies der Verschmutzungsgrad unbedingt erfordert. Geeignete Waschlotionen sowie Hautschutzprodukte sind bereitzustellen. Besonders bei häufigem Händewaschen oder längerfristigem Tragen von Handschuhen kann auf Dauer eine Schädigung der Haut eintreten, die durch entsprechende Hautschutz- und -pflegemaßnahmen vermieden werden kann. Ein Muster für einen Hautschutzplan, der die Anwendung der verschiedenen Hautschutzmaterialien erläutert, finden Sie in Anhang II und in [2]. Produkte für die Reinigung der Haut, zur Hautpflege und für den Hautschutz dürfen auch im Labor angewandt werden.

4.6.4 Aufbewahrung von Arbeits- und Schutzkleidung

Kontaminationsverschleppung durch Kleidung

Der Unternehmer ist verpflichtet, für Tätigkeiten, bei denen die Gefahr einer Kontamination besteht, getrennte Aufbewahrungsmöglichkeiten für die Arbeits- oder Schutzkleidung einerseits und die Straßenkleidung andererseits zur Verfügung zu stellen.

Arbeitskleidung (zum Beispiel Laborkittel), die mit Gefahrstoffen ver-
unreinigt sein kann, darf nur in Arbeitsräumen oder an Arbeitsplätzen
im Freien und nicht in sauberen Bereichen, wie zum Beispiel Büros
Bibliotheken, Seminarräumen, Teeküchen, Kantinen oder Cafeterien
getragen werden.

4.6.5 Reinigung von Arbeits- und Schutzkleidung

Reinigung und Entsorgung von Kleidung

Arbeits- und Schutzkleidung, die bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen getragen wird, ist vom Unternehmer zu reinigen. Erforderlichenfalls ist sie vorschriftsgemäß zu entsorgen und vom Unternehmer zu ersetzen.

Für staatliche Hochschulen ist die Kostenübernahme nach Landesrecht
geregelt.

4.6.6 Hygiene bei Atemschutzgeräten

Wartung, Prüfung und Hygiene

Der Unternehmer hat durch geeignete Maßnahmen ein einwandfreies Funktionieren der Atemschutzgeräte und gute hygienische Bedingungen zu gewährleisten.

Im Gebrauch befindliche Atemanschlüsse sind regelmäßig zu reinigen,
zu desinfizieren und auf ihre Funktionsfähigkeit zu überprüfen. Die Wartungsintervalle sind dabei in Abhängigkeit von den Arbeitsbedingungen,
den Vorgaben aus der Gebrauchsanleitung des Herstellers oder der BG-/
GUV-Regel „Benutzung von Atemschutzgeräten" (BGR 190/GUV R 190)
festzulegen. Erfordern die Umstände, dass Atemschutzgeräte von mehreren Geräteträgern nacheinander benutzt werden, hat der Unternehmer
dafür zu sorgen, dass die Geräte vor jedem Wechsel gereinigt, desinfiziert
und geprüft werden.

Siehe auch BG-/GUV-Regel „Benutzung von Atemschutzgeräten" (BGR 190/GUV-R 190).

4.7 Erste Hilfe und Arbeitsmedizin

4.7.1 Erste Hilfe

4.7.1.1 Allgemeines

Festlegung der Maßnahmen

Erste-Hilfe-Maßnahmen müssen auf die in Laboratorien möglichen Verletzungen und Gesundheitsschädigungen ausgerichtet sein. Den innerbetrieblichen und externen Unfall- und Notfalldiensten sind In-

formationen über Notfallmaßnahmen in Bezug auf die Gefahrstoffe im Labor zur Verfügung zu stellen. Zur Vorbereitung der Maßnahmen sind den Diensten geeignete Vorabinformationen zu übermitteln.

Funktionsfähigkeit der Rettungskette

Es muss sichergestellt werden, dass die gesamte Rettungskette funktioniert. Neben dem Vorliegen der erforderlichen Informationen vor Ort muss über eine wirksame Erste Hilfe hinaus auch eine schnelle und richtige Versorgung im Krankenhaus erreicht werden. Hierzu kann es erforderlich sein, dass nicht nur die vorliegenden Informationen (auch zur Behandlung) mitgegeben werden, sondern auch Antidots. Ebenso sollte mit dem oder den für die Behandlung in Frage kommenden Krankenhäusern vor Aufnahme entsprechender Arbeiten das Vorgehen abgestimmt sein, so dass auch dort die notwendigen Informationen über die einschlägigen Gefahren bei der Arbeit, über Maßnahmen zur Feststellung von Gefahren und über Vorsichtsmaßregeln vorliegen. Zu den originären Aufgaben des Betriebsarztes zählt es, bei der Organisation der Ersten Hilfe im Betrieb mitzuwirken. Durch verzögerte oder gar falsche Versorgung besteht akute Gefahr für Leib und Leben des Unfallopfers.

Es hat sich bewährt, die zusätzliche Fortbildung der Ersthelfer abgestimmt auf die speziellen Laborerfordernisse durchführen zu lassen. Mit dem Betriebsarzt sind auch die Erste-Hilfe-Einrichtungen abzustimmen.

Mögliche Verletzungen sind beispielsweise Augenverätzungen, Hautverätzungen, Schnittverletzungen, Verbrennungen und Verbrühungen.

Siehe auch § 4 und viertes Kapitel, dritter Abschnitt der Unfallverhütungsvorschrift „Grundsätze der Prävention" (BGV A1/GUV-V A 1).



Abbildung 3: Erste-Hilfe-Ausrüstung an zentraler Stelle

4.7.1.2 Informationspflicht

Aushänge zur Ersten Hilfe

Der Unternehmer hat die von den Trägern der gesetzlichen Unfallversicherung 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 zum Beispiel BGI 503 und 509.

Siehe hierzu auch BG-/GUV-Informationen „Anleitung zur Ersten Hilfe" (BGI 503/GUV-I 503) und „Aushang: Erste Hilfe (Papier-Plakat)" (BGI 510-1/GUV-I 510-1).

4.7.1.3 Erste-Hilfe-Einrichtungen

Materialien und Einrichtungen, Antidots

Angemessene Erste-Hilfe-Einrichtungen müssen bereitgestellt werden. Der Unternehmer hat dafür zu sorgen, dass ausreichend Verbandmaterial, erforderliche Ausrüstung und bei Tätigkeiten mit sehr giftigen und giftigen Stoffen Gegenmittel gegen mögliche Vergiftungen in Verbandkästen oder Verbandschränken bereitgehalten werden, soweit diese Mittel für Erste-Hilfe-Maßnahmen ohne ärztliche Mitwirkung verwendet werden dürfen. Mittel, die nur für die ärztliche Versorgung bereitgehalten werden, sind gesondert unter Verschluss aufzubewahren. Die Aus- und Fortbildung der Ersthelfer ist gemäß den betrieblichen Gefährdungen zu ergänzen.

Zum Inhalt von Verbandkästen siehe BG-/GUV-Informationen „Merkblatt für Erste Hilfe Material" (BGI 512/GUV-I 512) und „Erste Hilfe im Betrieb" (BGI 509).

Bei Tätigkeiten mit gefährlichen chemischen Stoffen, wie beispielsweise Flusssäure, Blausäure, Phenol oder die Atemwege ätzende und reizende Stoffe, sind in Absprache mit dem Betriebsarzt Antidots oder Mittel zur Begrenzung der Auswirkungen bereitzuhalten.

Siehe ferner auch Merkblätter der BG Chemie über spezielle Gefahrstoffe und GUV-Information „Informationen für die Erste Hilfe bei Einwirken gefährlicher chemischer Stoffe" (GUV-I 8504).

4.7.1.4 Maßnahmen

Dekontamination von Personen

Mit Gefahrstoffen in Berührung gekommene Körperstellen sind sofort gründlich mit Wasser und gegebenenfalls Seife abzuwaschen, keinesfalls dürfen hierfür Lösemittel oder andere Gefahrstoffe verwendet werden. Mit Gefahrstoffen verunreinigte Kleidungsstücke, auch Unterkleidung,

Strümpfe, Schuhe, sind sofort auszuziehen. Verunreinigte Kleidungsstücke sind so zu behandeln, dass keine weiteren Personen gefährdet werden.

Bei Kontamination oder Inkorporation gesundheitsgefährlicher Stoffe oder Verdacht darauf, sind die Betroffenen unverzüglich dem Arzt vorzustellen. Der Vorgesetzte ist in allen Fällen unverzüglich zu benachrichtigen.

Bei großflächigem Hautkontakt ist die sofortige und gründliche Benutzung einer Notdusche sinnvoll. Für das Entfernen von wasserunlöslichen, viskosen und fettartigen Gefahrstoffen von der Haut kann der Einsatz von Polyethylenglykol (zum Beispiel Lutrol®) als Waschlösung sinnvoll sein.

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

Gegebenenfalls sind die Kleidungsstücke vorzureinigen oder zu entsorgen.

Siehe Abschnitt 6.6.

4.7.2 Arbeitsmedizin

Vorsorgeuntersuchungen und andere arbeitsmedizinische Maßnahmen

Der Unternehmer hat arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen regelmäßig zu veranlassen, wenn

1. bei Tätigkeiten mit den in Anhang V Nr. 1 GefStoffV genannten Gefahrstoffen der Arbeitsplatzgrenzwert nicht eingehalten wird,
2. bei Tätigkeiten mit den in Anhang V Nr. 1 GefStoffV genannten Gefahrstoffen, soweit sie hautresorptiv sind, eine Gesundheitsgefährdung durch direkten Hautkontakt besteht oder
3. Tatigkeiten entsprechend Anhang V Nr. 2.1 GefStoffV durchgeführt werden.

Die durchgeführte arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchung nach Abs. 1 ist Voraussetzung für die Beschäftigung oder Weiterbeschäftigung mit den entsprechenden Tätigkeiten.

Der Unternehmer hat den Versicherten arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen

1. bei allen Tätigkeiten mit den in Anhang V Nr. 1 GefStoffV genannten Gefahrstoffen, wenn eine Exposition besteht,
   oder
2. bei den in Anhang V Nr. 2.2 GefStoffV aufgeführten Tätigkeiten

anzubieten. Die in § 15 Abs. 2 Satz 1 Nr. 4 GefStoffV genannten Nachuntersuchungen sind bei Tätigkeiten mit Exposition gegenüber krebserzeugenden oder erbgutverändernden Stoffen und Zubereitungen der Kategorie 1 oder 2 anzubieten.

Haben sich Versicherte eine Erkrankung zugezogen, die auf Tätigkeiten mit Gefahrstoffen zurückzuführen sein kann, sind ihnen unverzüglich arbeitsmedizinische Untersuchungen nach § 15 Abs. 2 Satz 1 Nr. 5 GefStoffV anzubieten. Dies gilt auch für Versicherte mit vergleichbaren Tätigkeiten, wenn Anhaltspunkte dafür bestehen, dass sie ebenfalls gefährdet sein können.

Biomonitoring

Das Biomonitoring ist, soweit anerkannte Verfahren dafür zur Verfügung stehen und Werte zur Beurteilung, insbesondere biologische Grenzwerte, vorhanden sind, Bestandteil der arbeitsmedizinischen Vorsorgeuntersuchungen.

Arbeitsmedizinisch-toxikologische Beratung

Der Unternehmer hat sicherzustellen, dass für die Versicherten eine arbeitsmedizinisch-toxikologische Beratung nach § 15 Abs. 3 GefStoffV durchgeführt wird, bei der die Versicherten über die Angebotsuntersuchungen unterrichtet und auf die besonderen Gesundheitsgefahren hingewiesen werden. Diese Beratung soll im Rahmen der jährlichen Unterweisung nach § 14 Abs. 2 GefStoffV durchgeführt werden.

Dem Arzt nach § 15 Abs. 3 GefStoffV, der Vorsorgeuntersuchungen vornimmt, sind alle erforderlichen Auskünfte über die Arbeitsplatzverhältnisse, insbesondere über die Ergebnisse der Gefährdungsbeurteilung, zu erteilen und die Begehung der Arbeitsplätze zu ermöglichen. Ihm ist auf Verlangen Einsicht in das Verzeichnis nach § 14 Abs. 4 Nr. 3 GefStoffV zu gewähren.

Vorsorgeuntersuchungen können beispielsweise auch erforderlich sein, wenn eine Gefährdung der Haut durch Feuchtarbeiten, auch lang andauerndes Tragen von Schutzhandschuhen, besteht.

Vorschriften, Regeln und Informationen zur Arbeitsmedizin werden vom Ausschuss für Arbeitsmedizin erarbeitet.

Neben der Beratungstätigkeit umfasst die arbeitsmedizinische Vorsorge Erstuntersuchungen, Nachuntersuchungen und Untersuchungen aus besonderem Anlass. Die Pflichten zur Veranlassung von arbeitsmedizinischen Vorsorgemaßnahmen sowie Informations- und Dokumentationspflichten regelt § 15 der Gefahrstoffverordnung sowie die Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge. Die Verpflichtung, arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen durchzuführen, besteht nicht bei Tätigkeiten mit geringer Gefährdung, für die die Maßnahmen des § 8 Gefahrstoffverordnung ausreichend sind.

4.8 Brandschutz

4.8.1 Feuerlöscheinrichtungen

Ausstattung mit Feuerlöschern

Der Unternehmer hat zum Löschen von Bränden in Laboratorien Einrichtungen bereitzustellen. Auf zusätzliche Feuerlöscher gemäß Arbeitsstättenverordnung und ASR 13/1,2 im Labor kann nur dann verzichtet werden, wenn keine Stoffe mit einem der folgenden R-Sätze verwendet werden: „Kann Brand erzeugen", „Feuergefahr bei Berührung mit brennbaren Stoffen", „Explosionsgefahr bei Mischung mit brennbaren Stoffen", „Entzündlich", „Leichtentzündlich", „Hochentzündlich", „Reagiert mit Wasser unter Bildung hochentzündlicher Gase" und „Selbstentzündlich an der Luft". Dies ist in der Gefährdungsbeurteilung zu dokumentieren. Die Stellen, an denen sich Feuerlöscheinrichtungen befinden, sind durch das Brandschutzzeichen F04 „Feuerlöschgerät" zu kennzeichnen. Der Zugang zu den Feuerlöscheinrichtungen ist ständig freizuhalten.

Siehe auch Abschnitt 4.9.1.

Bewährt hat sich die zusätzliche Markierung des Bodenbereiches unter den Löscheinrichtungen, beispielsweise durch eine gelb-schwarze Schraffur.

Wahl der Löschmittel

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. In Laboratorien müssen zur Brandbekämpfung tragbare Feuerlöschgeräte vorhanden sein. Siehe auch BG-/GUV-Regel „Ausrüstung von Arbeitsstätten mit Feuerlöschern" (BGR 133/GUV-R 133). Für die Ausrüstung von Laboratorien mit stationären Feuerlöschanlagen können Anlagen mit Speziallöschmitteln, wie etwa bestimmten perfluorierten Alkylverbindungen, vorteilhaft eingesetzt werden, da sie nur wenig zu Reaktionen mit den Chemikalien im Labor neigen und die Atmung im mit Löschmittel gefluteten Raum ausreichend ermöglichen, dabei ausreichend umweltverträglich sind.

Außerdem kann die Bereitstellung von Löschsand, Speziallöschmitteln, Feuerlöschdecken und Gegenständen zum Abdecken erforderlich sein. In den meisten Fällen werden zur Brandbekämpfung im Laboratorium Kohlendioxid-Löscher 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.

Brände von Alkalimetallen, Metallalkylen, Lithiumaluminiumhydrid, Silanen und ähnlichen Stoffen dürfen unter keinen Umständen mit Wasser oder Schaumlöschern bekämpft werden. Ein geeignetes Löschmittel, bei-

spielsweise bei Natriumbränden, ist Löschsand oder Metallbrandpulver. Für brennbare Flüssigkeiten ist Kohlendioxid oder Löschpulver, für unter Spannung stehende elektrische Anlagen Kohlendioxid einzusetzen.

Siehe auch Anhang III Nr. 1.4 der Gefahrstoffverordnung und BG-/GUV-Regel „Ausrüstung von Arbeitsstätten mit Feuerlöschern" (BGR 133/GUV-R 133) sowie ASR A1.3 „Sicherheits- und Gesundheitsschutzkennzeichnung" (neue Zählung der Zeichen: statt F04 Feuerlöschgerät nunmehr F003 Löschschlauch, F005 Feuerlöscher und F007 Mittel und Geräte zur Brandbekämpfung).

4.8.2 Löschübungen

Handhabung von Feuerlöschern

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

Siehe § 22 Abs. 2 Unfallverhütungsvorschrift „Grundsätze der Prävention" (BGV A1/GUV-V A1).

Löschmittelhersteller, Feuerwehren und verschiedene Dienstleister bieten solche Unterweisungen häufig an.

4.8.3 Verhalten im Brandfall

Brandbekämpfung und Feuerwehreinsatz

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 Entstehungsbrand mit den vorhandenen Feuerlöschern zu bekämpfen, sofern dies gefahrlos möglich ist. Alle nicht für Löscharbeiten oder Rettungsmaßnahmen erforderlichen Personen haben den Gefahrenbereich zu verlassen und sich auf dem Sammelplatz einzufinden.

Die Anwesenheit der Personen aus dem Brandbereich ist auf dem Sammelplatz auf Vollständigkeit zu überprüfen. Das Verhalten im Brandfall ist zu üben. Für die Kontrolle der Räumung sind Regeln aufzustellen.

4.8.4 Brandbekämpfung

Bekämpfung von Personenbränden

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

Feuerlöschdecken allein sind zur Personenbrandbekämpfung nicht geeignet. Die unverzügliche Brandbekämpfung als wichtigste lebensrettende

Maßnahme ist allerdings in jedem Fall vorrangig. Bewährt haben sich beispielsweise Schaum-, Pulver- und Kohlendioxidlöscher. Eventuelle Bedenken wegen Kälteverbrennungen oder Ersticken der gelöschten Person dürfen dem nicht entgegenstehen, ebenso die Angst einer möglichen Selbstgefährdung. Bei allen Löschmaßnahmen ist zu beachten, dass in Brand geratene Personen zu panikartigen Reaktionen neigen.

Der Umgang mit Feuerlöscheinrichtungen zur Bekämpfung von Entstehungsbränden ist durch Unterweisung und Übung vertraut zu machen und regelmäßig zu wiederholen.

Siehe auch § 22 Unfallverhütungsvorschrift „Grundsätze der Prävention" (BGV A1/GUV-V A1).

4.8.5 Druckgasflaschen im Brandfall

Brände von Gasen

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 (beispielsweise 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.

Durch Brandeinwirkung erwärmte Flaschen können aus geschützter Stellung mit Wasser gekühlt werden. Bei sehr warmen Flaschen (durch verdampfendes Wasser erkennbar) ist die Umgebung wegen möglicher Explosionsgefahr unverzüglich zu räumen. Druckgasflaschen, die Brandeinwirkungen ausgesetzt waren, sind außer Betrieb zu nehmen, entsprechend zu kennzeichnen und dem Füllbetrieb zuzustellen.

4.9 Aufbewahren und Bereithalten von Gefahrstoffen

4.9.1 Allgemeine Vorgaben

Sicheres Aufbewahren

Gefahrstoffe sind so aufzubewahren oder zu lagern, dass sie die menschliche Gesundheit und die Umwelt nicht gefährden. Gefahrstoffe dürfen nur in Behältern aufbewahrt werden, die aus Werkstoffen bestehen, die den zu erwartenden Beanspruchungen standhalten und entsprechend ihrem Inhalt gekennzeichnet sind. Gefahrstoffe sind so aufzubewahren, dass bei Beschädigung der Behältnisse keine gefährlichen Reaktionen möglich sind.

Kennzeichnung von Gebinden

In Laboratorien sind Standflaschen, in denen Gefahrstoffe in einer fü den Handgebrauch erforderlichen Menge enthalten sind, mindesten: mit der Bezeichnung des Stoffes, der Zubereitung und den Bestandteile der Zubereitung sowie den Gefahrensymbolen mit den dazugehörige Gefahrenbezeichnungen zu kennzeichnen, ferner den zu beachtende Sicherheitsmaßnahmen. Sind die Risikohinweise und zu beachtenden Si cherheitsmaßnahmen bei der Tätigkeit unmittelbar aus der entsprechen den Betriebsanweisung und dem Sicherheitsdatenblatt entnehmbar, s ist die Kennzeichnung mit dem Namen des Stoffes oder der Zubereitun mit dem Gefahrensymbol mit der dazugehörigen Gefahrenbezeichnun ausreichend.

Gefahrstoffe, deren Gebinde gesundheitsgefährdende oder korrosiv Dämpfe abgeben, sind an dauerabgesaugten Orten aufzubewahren.

Laborchemikalien sind nicht in jedem Fall auch Gefahrstoffe. Es ist z empfehlen, auch solche Chemikalien zu berücksichtigen.

Standflaschen für den Handgebrauch

Bei Standflaschen für den Handgebrauch handelt es sich in der Regel ur Gebinde mit nicht mehr als 1 l Nennvolumen. Die Bevorratung von Ch mikalien am Arbeitsplatz ist möglichst einzuschränken. Eine Bezeichnun nach einer allgemein gebräuchlichen eindeutigen Nomenklatur ist e forderlich, Zusatzinformationen, wie beispielsweise das Anbruchdatur sind hilfreich. Abkürzungen als alleinige Bezeichnungen für den Inha sind nicht geeignet. Von Apparaturen und Rohrleitungen gefahrstoffb dingt ausgehende Gefahren müssen identifizierbar sein.



Abbildung 4: Kennzeichnung einer Laborflasche nach Gefahrstoffverordnung (links) u Muster für künftige Kennzeichnungen nach GHS (noch nicht abschließend geregelt, da d Kennzeichnungssystem sich ändert, das Gefahrenmerkmal als Bezeichnung unter GHS v schwindet, im Labor aber auf dem Etikett rasch die wesentlichen Hinweise auf die Gefä dungen erkennbar sein müssen, in der Mitte mit der Nennung der H-Sätze, rechts mit Nennung der Gefahrenklassen). Siehe auch www.ghs-konverter.de

Siehe § 8 Gefahrstoffverordnung und Abschnitt 9.2 der Technischen Regeln für Gefahrstoffe „Einstufung und Kennzeichnung von Stoffen, Zubereitungen und Erzeugnissen" (TRGS 200).

Gebindegrößen

Es hat sich bewährt, Laborchemikalien in für die Verwendung fertig konfektionierten Gebindegrößen zu beschaffen. In der Regel wiegen die Einsparungen insbesondere durch geringeren Lageraufwand, reduzierte Entsorgungskosten sowie ein reduziertes Gefährdungspotential die zunächst höheren Beschaffungskosten der Kleingebinde auf.

Zusammenlagerung

Aus der Zusammenlagerung von Chemikalien dürfen sich keine zusätzlichen Gefährdungen ergeben. Es empfiehlt sich, eine Betriebsanweisung mit Angaben zum Zusammenlagern zu erstellen.

Siehe auch § 12 und Anhang III Nr. 1 der Gefahrstoffverordnung sowie TRGS 514 „Lagern sehr giftiger und giftiger Stoffe in Verpackungen und ortsbeweglichen Behältern", TRGS 515 „Lagern brandfördernder Stoffe in Verpackungen und ortsbeweglichen Behältern" und TRbF 20 „Läger".

Beschaffenheit von Behältern

Beispielsweise dürfen Aluminiumgefäße nicht für chlorkohlenwasserstoffhaltige und Glasgefäße nicht für flusssäurehaltige Stoffe bzw. Zubereitungen verwendet werden, da Gefäße und Inhalte miteinander gefährlich reagieren.

Auf die Gefahr der Versprödung (beispielsweise durch Verlust von Weichmachern, Sonneneinstrahlung), Diffusion und Verformung beim Aufbewahren von Chemikalien in Kunststoffbehältern wird hingewiesen. Das Herstelldatum ist in der Regel am Flaschenboden angegeben. Knistern der Flasche beim Anfassen ist ein deutlicher Hinweis auf Überalterung.

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

Bestimmte Chemikalien benötigen Flaschen mit Lichtschutz zur Vermeidung von lichtinduzierten gefährlichen Reaktionen. Bei Flascheninhalten, die Überdruck entwickeln können (beispielsweise durch Ausgasen, Zersetzung), ist auf Druckentlastung zu achten.

Eine zusätzliche Sicherung gegen gefährliche Reaktionen bei Flaschenbruch wird beispielsweise durch Einstellen in bruchsichere und resistente Übergefäße erreicht. Dies gilt beispielsweise für konzentrierte Perchlorsäure oder Salpetersäure.

Weitere Gefährdungen durch Behälter

Empfohlen werden an das Entlüftungssystem angeschlossene Schränke mit korrosionsbeständigen Wannen. Gebinde, die korrosive Dämpfe abgeben, sind für die Aufbewahrung in Sicherheitsschränken für brennbare Flüssigkeiten nicht geeignet. Abzüge sind grundsätzlich nicht zur Lage-

rung von Gefahrstoffen vorgesehen. In Abzügen gelagerte Chemikalien können bei Unfällen zu einer erheblichen zusätzlichen Gefährdung führen. Säurekappenflaschen sind als Ersatzmaßnahme nicht geeignet. Zu beachten ist, dass die Schliffe dieser Flaschen, wie auch die von Pipettenflaschen mit eingeschliffenen Pipetten, sehr leicht verkanten und zu einer hohen Gefährdung durch Bruch führen.

4.9.2 Sicheres Abstellen

Abstellen und Entnehmen von Behälter

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.

Selbstentzündliche Stoffe

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.

Im Allgemeinen können Behältnisse, die nur mit beiden Händen getragen werden können, über Griffhöhe (ca. 175 cm) nicht sicher abgestellt und entnommen werden. Die hiermit verbundene Absturzgefahr wird noch durch die von zerbrochenen oder leck gewordenen Gefahrstoffgebinden ausgehende Gefahr verstärkt.

Siehe „Kleine ergonomische Datensammlung" der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin.

Stoffe, die sich bei Raumtemperatur bei Einwirken durch Luft oder Feuchtigkeit selbst entzünden können, sind beispielsweise Aluminiumalkyle, Lithiumaluminiumhydrid, weißer Phosphor und pyrophore Metalle.

4.9.3 Zugang

Verhinderung des Missbrauchs

Vorkehrungen gegen Missbrauch oder Fehlgebrauch von Gefahrstoffen sind zu treffen. Sehr giftige und giftige Stoffe sowie Zubereitungen sind unter Verschluss oder so aufzubewahren oder zu lagern, dass nur fachkundige oder unterwiesene Personen Zugang haben. Reparatur- und Reinigungspersonal sind vor Tätigkeiten in entsprechenden Bereichen über die Gefahren und Schutzmaßnahmen zu unterweisen und in angemessener Weise zu beaufsichtigen. Der Unternehmer hat dafür zu sorgen, dass Stoffe, die dem Betäubungsmittelgesetz unterliegen, unter

Verschluss aufbewahrt werden. Der Zugang zu den Betäubungsmitteln erfolgt nur über die verantwortliche Person.

Zugangsregelung und Sicherungsplan

Es wird empfohlen, eine entsprechende Zugangsregelung festzulegen. Unbefugte dürfen die Räume nicht betreten, eine zusätzliche Kennzeichnung der Zugänge mit einem entsprechenden Hinweis ist zu empfehlen. Sind entsprechende Zugangsbeschränkungen nicht möglich, müssen diese Stoffe in verschließbaren Schränken aufbewahrt werden. Für Tätigkeiten mit Stoffen und Zubereitungen, radioaktiven Substanzen sowie biologischen Arbeitsstoffen, die der Vor- oder Nachbereitung eines Transports dienen, gelten zusätzlich die Regelungen des Transportrechts. So müssen für eine Reihe dieser Stoffe nach ADR [14] ein Sicherungsplan vorhanden sein und entsprechende Maßnahmen zum Schutz gegen unberechtigte Zugriffe getroffen werden. Besondere Pflichten erwachsen auch aus den Regelungen der Grundstoffüberwachung.

Siehe Betäubungsmittelgesetz (BtMG), Gefahrgutverordnung Straße und Eisenbahn (GGVSE), Grundstoffüberwachungsgesetz (GÜG) und Ausführungsgesetz zum Chemiewaffenübereinkommen (CWÜAG).

Siehe auch BG-Information „Beförderung gefährlicher Güter" (BGI 671).

4.9.4 Bestandsüberprüfung

Prüfung von Gefahrstoffen und deren Gebinden

Der Unternehmer hat dafür zu sorgen, dass alle im Laboratorium vorgehaltenen Gefahrstoffe und Präparate mindestens einmal jährlich auf ihren ordnungsgemäßen Zustand geprüft werden. Nicht mehr benötigte oder unbrauchbar gewordene Gefahrstoffe sind sachgerecht zu entsorgen.

Gefahrstoffe können durch Lagerung gefährliche Veränderungen erfahren. So bilden viele organische Flüssigkeiten beim Stehen, selbst bei geringfügigem Kontakt mit Luft, explosionsgefährliche Peroxide. Dies geschieht auch in geschlossenen Flaschen, unter Umständen sogar im Dunkeln.

Alkalimetalle und Alkalimetallamide werden von hochreaktiven Schichten überzogen, die bei der Handhabung zu Explosionen führen können.

Chemikalien bzw. Präparate in nicht mehr ordnungsgemäßen Behältnissen können nicht sicher gelagert werden. Diese müssen entsorgt oder – wenn möglich – in geeignete Behälter umgefüllt werden.

Siehe auch Abschnitt 4.16.2.

4.10 Umfüllen und Transport von Gefahrstoffen

4.10.1 Umfüllen

Schutzmaßnahmen beim Umfüllen

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

Beim Abfüllen in enghalsige Gefäße sind Trichter zu benutzen, wobei darauf zu achten ist, dass die Luft beim Eingießen ungehindert entweichen kann. Hierzu kann beispielsweise ein gläserner Haken zwischen Trichter und Öffnung eingehängt werden, so dass keine Blasen aus dem Trichter hochgedrückt werden. Für Feststoffe haben sich Feststofftrichter aus Kunststoff oder Glas mit angeformtem Kern bewährt, die direkt in eine Hülse eines Kolbens eingesetzt werden können.

Geeignete Vorrichtungen sind beispielsweise Pumpen, Ballonkipper, Sicherheitsheber und selbst schließende Ventile. Damit wird ein Verspritzen oder Verschütten von gefährlichen Stoffen durch schlecht kontrollierbares Ankippen vermieden. Behälter in Fass- oder Ballonkippern müssen gegen das Herausgleiten beim Kippen gesichert werden. Zu Maßnahmen gegen elektrostatische Aufladung, siehe Abschnitt 4.12.2.

Siehe auch Abschnitte 4.12.2 und 5.2.4.

Siehe auch BG-Information „Umfüllen von Flüssigkeiten" (BGI 623).

4.10.2 Entleeren mit Überdruck

Anforderungen an Behälter und Gase

Zur Erzeugung des Überdrucks zum Abfüllen brennbarer Flüssigkeiten dürfen nur Inertgase verwendet werden. Fässer und Kannen für Flüssigkeiten dürfen mit einem Überdruck bis zu 0,2 bar entleert werden, sofern diese nicht für höhere Drücke spezifiziert sind. Das Fass oder die Kanne müssen für die vorgesehene Druckbeanspruchung geeignet sein und sich in einwandfreiem Zustand befinden. Die Druckzuleitung muss bei Anwendung eines Überdruckes mit einem Manometer und einem Sicherheitsventil oder einer anderen Einrichtung zur Druckbegrenzung ausgerüstet sein.

Zu den für diesen Zweck als inert anzusehenden Gasen gehören beispielsweise Stickstoff, Kohlendioxid und die Edelgase.

Siehe auch Abschnitte 4.12.2 und 5.2.4.

4.10.3 Transport

Transporthilfsmittel

Nicht bruchsichere Behältnisse müssen beim Tragen am Behälterboden unterstützt werden. In andere Räume dürfen solche Behältnisse nur mit Hilfsmitteln befördert werden, die ein sicheres Halten und Tragen ermöglichen.

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

Spannungen oder andere Defekte in gläsernen Gebinden können zum Abreißen des Halses führen.

Hilfsmittel zum Transport sind beispielsweise Eimer (Abbildung 5), Tragkästen oder Laborwagen, vorteilhafter Weise mit Wannen ausgestattet.

Gefahrstoffe in Aufzügen

In Aufzügen sollen flüchtige Gefahrstoffe nicht zusammen mit Personen transportiert werden. Hierzu zählen Lösemittel und tiefkalte verflüssigte Gase.



Abbildung 5: Eimer zum Flaschentransport

4.11 Freiwerden von Gasen, Dämpfen und Schwebstoffen

4.11.1 Tätigkeiten im Abzug

Verwendung von Abzügen

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

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

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

Bei geöffnetem Frontschieber darf nur in begründeten Ausnahmefällen nach einer Beurteilung der Gefährdungen gearbeitet werden, da bei geöffnetem Frontschieber das Rückhaltevermögen deutlich vermindert und damit der Schadstoffaustritt höher sein kann. Zudem wird der Benutzer des Abzuges dann nicht gegen verspritzende gefährliche Stoffe oder umherfliegende Glassplitter geschützt.

Eignung von Abzügen

Geeignet sind Abzüge in der Regel, wenn die Beschaffenheitsanforderungen der DIN EN 14175 „Abzüge" in Verbindung mit den in der BG Information „Laborabzüge" (BGI 850-2) festgelegten Kriterien für das Rückhaltevermögen und die lufttechnische Prüfung erfüllt sind.

Andere Schutzmaßnahmen zur Beherrschung freiwerdender Stoffe

Zu den geeigneten Maßnahmen gehören in Abhängigkeit von den Aggregatzuständen und gefährlichen Eigenschaften der Stoffe beispielsweise die Verwendung von Sicherheitswerkbänken, geschlossenen (vakuumdichten) Apparaturen, Gloveboxen, nachgeschalteten Kühlfallen oder

Gaswäschern. Auch wirksame Quellenabsaugungen (örtliche Absaugung) können zur Expositionsminimierung beitragen.

Zur Emissionsminderung sind möglichst auch im Abzug austretende Schadstoffe an ihrer Austritts- oder Entstehungsstelle zu erfassen und zu beseitigen, beispielsweise durch Absorption in einem Gaswaschturm.



Abbildung 6: Quellenabsaugung an einem Gaschromatographen mit einem beliebig positionierbaren Rohr mit Gelenken.

4.11.2 Unbeabsichtigte Stofffreisetzungen und Havarien

Vorgehen bei sich ankündigenden oder vorgefallenen Havarien

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

Zeigen sich im Verlauf einer chemischen Umsetzung oder einer Destillation Anzeichen für eine beginnende Zersetzung, ist der gefährdete Bereich ebenfalls zu räumen und die betroffene Umgebung zu warnen. Die Beheizung und die in der Nähe befindlichen Zündquellen sind von ungefährdeter Stelle aus abzuschalten.

Dies betrifft nicht nur die Freisetzung von gefährlichen Stoffen, sondern auch von anderen Stoffen und Zubereitungen, die ebenfalls zu einer Gesundheitsgefährdung führen können, wie beispielsweise erstickend wirkende Gase, heiße oder tiefkalte Flüssigkeiten.

Schutzmaßnahmen bei der Beseitigung

Die Beseitigung des gefährlichen Zustandes darf nur unter Selbstschutz und mit geeigneten Schutzmaßnahmen erfolgen. Dies gilt auch für

die Beseitigung von Kontaminationen. Die erforderlichen persönlichen Schutzausrüstungen sind gut erreichbar an einem Ort aufzubewahren, wo diese jederzeit ohne Gefährdung zugänglich sind, zum Beispiel auf dem Flur vor dem Labor.

Für die Beseitigung von freigewordenen Flüssigkeits- und Feststoffmengen sind die in den Betriebsanweisungen festgelegten Schutzmaßnahmen unter der Rubrik „Verhalten im Gefahrfall" zu beachten. Im Allgemeinen empfiehlt es sich, für die Aufnahme von Flüssigkeiten Chemikalienbinder bereitzuhalten. Hierbei ist zu beachten, dass für oxidierende Stoffe (zum Beispiel Salpetersäure, Brom) spezielle Chemikalienbinder bereitgehalten werden, die nicht mit diesen Stoffen reagieren können (Abbildung 7). Für bestimmte Stoffe, wie Quecksilber, gibt es im Handel sehr wirksame Bindemittel.



Abbildung 7: Chemikalienbinder

Durchgehende Reaktionen

Durchgehende Reaktionen kündigen sich – allerdings bei Weitem nicht immer – durch sich plötzlich verstärkende Gasentwicklung oder Erhitzung (gegebenenfalls Aufsieden), gelegentlich auch durch andere Farbnuancen oder Niederschläge an.

Abschalten der Stromversorgung

Ein Abschalten der Stromversorgung sollte von sicherer Stelle aus erfolgen, beispielsweise an einem entfernt gelegenen Leitungsschutz- oder FI-Schutzschalter (RCD, residual current device [15]). Dabei sollten die einzelnen Teile der Apparatur an die Stromversorgung so angeschlossen sein, dass für die Kontrolle der Reaktion wichtige Teile wie die Kühlung oder der Rührer nicht mit abgeschaltet werden müssen. Auch ist es vorteilhaft, wenn in solchen Fällen Gase in sicherem Abstand abgesperrt werden können.

Siehe auch Abschnitt 4.3.7.

4.12 Tätigkeiten mit brennbaren Stoffen

4.12.1 Explosionsschutzmaßnahmen

Verhinderung oder Beherrschung von Explosionen

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

Zu den Maßnahmen, welche eine Bildung explosionsfähiger Atmosphäre (Gemische) in gefahrdrohender Menge verhindern, gehören beispielsweise das Absaugen brennbarer Gase, Dämpfe oder Stäube an der Entstehungs- oder Austrittstelle oder das Arbeiten in Abzügen nach DIN EN 14175 „Abzüge"; siehe Abschnitt E 1 der „Explosionsschutz-Regeln (EX-RL)" (BGR 104/GUV-R 104).

Maßnahmen, welche eine Entzündung explosionsfähiger Atmosphäre (Gemische) verhindern, sind beispielsweise das Vermeiden offener Flammen, der Einsatz explosionsgeschützter elektrischer Betriebsmittel oder das Vermeiden elektrostatischer Aufladung; siehe Abschnitt E 2 der „Explosionsschutz-Regeln (EX-RL)" (BGR 104/GUV-R 104).

Ex-Zonen im Labor

Vor Aufnahme der Arbeiten ist eine Gefährdungsbeurteilung nach Anhang III Nr. 1 der Gefahrstoffverordnung durchzuführen. In der Regel wird diese ergeben, dass die Ausweisung von Ex-Zonen im Labor nicht erforderlich ist und damit auf die Anfertigung eines separaten Explosionsschutzdokumentes verzichtet werden kann. Bei Versuchen im Abzug bei oder unterhalb des Normaldrucks mit brennbaren Flüssigkeiten bei Temperaturen oberhalb des Flammpunktes mit laborüblichen „kleinen Mengen" ist in der Regel davon auszugehen, dass bei vollem Abluftstrom sich eine ausreichende Verdünnung im Abzugsinneren einstellt und keine Ex-Zone ausgewiesen werden muss. Es kann jedoch Tätigkeiten geben, bei denen die Gefährdungsbeurteilung ergibt, dass Ex-Zonen ausgewiesen werden müssen und damit die Verpflichtung besteht, ein Explosionsschutzdokument zu führen.

Siehe auch § 12 und Anhang III Nr. 1 der Gefahrstoffverordnung sowie §§ 3 und 22 der Unfallverhütungsvorschrift „Grundsätze der Prävention" (BGV A1/GUV-V A1) sowie die BG-Information „Laborabzüge" (BGI 850-2).

4.12.2 Zündgefahren durch elektrostatische Aufladung

Schutzmaßnahmen gegen elektrostatische Aufladung

Bei Tätigkeiten, bei denen Zündgefahren durch elektrostatische Aufladungen bestehen, sind geeignete Schutzmaßnahmen zu treffen. Zu geeigneten Maßnahmen siehe TRGS 720 bis 722.

Zündgefahren durch elektrostatische Aufladungen können bestehen

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

Geeignete Schutzmaßnahmen sind beispielsweise:

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

Erdungsanschluss und Leitfähigkeit von Böden

Es hat sich bewährt, für den Anschluss der Erdung leitfähiger Gefäße und Geräte (zum Beispiel Trichter, Heber, Schläuche, Aufbauten und Racks) einen gemeinsamen geerdeten Anschlusspunkt vorzusehen.

Es ist hilfreich, wenn auch der Fußboden oder die Trittfläche und die Schuhe eine ausreichende Ableitung der Ladung zulassen. Dies verhindert mögliche Entladungsfunken an Stellen zündfähiger Gemische.

Siehe BG-/GUV-Regel „Vermeidung von Zündgefahren infolge elektrostatischer Aufladungen" (BGR 132/GUV-R 132) sowie BG-Information „Umfüllen von Flüssigkeiten" (BGI 623).

4.13 Tätigkeiten mit größeren Gefahrstoffmengen

Besondere Schutzmaßnahmen bei größeren Gefahrstoffmengen

Tätigkeiten mit größeren Mengen in Laboratorien erfordern besondere Schutzmaßnahmen. Wenn Havarien durch diese dennoch nicht als sicher zu beherrschen beurteilt werden können, so müssen Technika mit den dort vorhandenen Sicherheitseinrichtungen, insbesondere zum Brand- und Explosionsschutz, oder andere vergleichbare Einrichtungen benutzt werden.

Die ungewollte Freisetzung größerer Gefahrstoffmengen durch Glasbruch kann speziell bei dünnwandigen Glasgefäßen nicht ausgeschlossen werden. Als dünnwandige Glasgefäße gelten beispielsweise Rundkolben, Stehkolben, Erlenmeyerkolben und Bechergläser. Bei hoch- und leichtentzündlichen Flüssigkeiten ist als Auffangwanne eine Brandschutzwanne, z. B. mit Wabengittereinsatz oder einer geeigneten Füllung, zu verwenden.

Es hat sich bewährt, dickwandige oder beschichtete Glasgeräte zu verwenden. Die Bruchgefahr kann auch durch Verwendung von Metall- oder Kunststoffgefäßen verringert werden.

Weitere Schutzmaßnahmen können sein:
- Arbeiten in Abzügen,
- automatische Löschanlagen, Brandfrüherkennungssysteme,
- explosionsgeschützte Geräte,
- Heizgeräte mit zusätzlicher Übertemperaturabschaltung.

Siehe Abschnitte 4.12 und 5.1.1.

Maßnahmen gegen Siedeverzüge, siehe Abschnitte 5.1.6.2 und 5.2.6.6.

4.14 Offenes Verdampfen

Offenes Verdampfen brennbarer Flüssigkeiten

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

Die Dämpfe sollten möglichst an der Austrittsstelle erfasst und direkt in den Abluftkanal geleitet werden. Als zusätzliche Schutzmaßnahme sind Zündquellen, insbesondere offene Flammen, zu vermeiden.

4.15 Aufbewahren, Bereithalten und Lagern von brennbaren Flüssigkeiten

4.15.1 Mengenbegrenzung am Arbeitsplatz

Mengenbegrenzung brennbarer Flüssigkeiten

An Arbeitsplätzen dürfen brennbare Flüssigkeiten mit Flammpunkt unter 55 °C für den Handgebrauch nur in Behältnissen von höchstens 1 l Nennvolumen aufbewahrt werden. Die Anzahl der Behältnisse 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. Die geschützte Stelle ist z. B. ein Sicherheitsschrank nach DIN EN 14470-1:2004.

Kunststoffbehälter mit einem Nennvolumen über 5 l sind für brennbare Flüssigkeiten mit einem Flammpunkt bis 35 °C nur geeignet, wenn sie elektrostatisch ausreichend ableitfähig sind.

Siehe BG-/GUV-Regel „Vermeidung von Zündgefahren infolge elektrostatischer Aufladungen" (BGR 132/GUV-R 132) und die Beispielsammlung der „Explosionsschutz-Regeln (EX RL)" (BGR 104/GUV-R 104).

Nicht bruchsichere Behältnisse sind beispielsweise Glasflaschen.

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

Für die Aufbewahrung von brennbaren Flüssigkeiten haben sich Schränke nach DIN EN 14470-1 „Feuerwiderstandsfähige Lagerschränke – Teil 1 Sicherheitsschränke für brennbare Flüssigkeiten" bewährt. Es empfiehlt sich, diese in Arbeitsplatznähe aufzustellen.

Siehe insbesondere Technische Regeln für brennbare Flüssigkeiten TRbF 20 „Läger" 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".

Siehe auch Abschnitt 4.9.1.1.

4.15.2 Spülflüssigkeiten

Behälter für Spülflüssigkeiten

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

Als Spülflüssigkeiten werden beispielsweise Aceton oder Isopropanol verwendet.

Geeignet sind Spritzflaschen aus Kunststoff. Toxikologisch oder anderweitig bedenkliche Flüssigkeiten, wie etwa Chlorkohlenwasserstoffe oder Ether, sind für die Aufbewahrung in Kunststoffspritzflaschen nicht geeignet.

Bei Spritzflaschen aus Kunststoff besteht die Gefahr des Nachtropfens.

4.15.3 Handhabung von entleerten Behältern

Besondere Behandlung entleerter Gefahrstoffbehälter

Entleerte Behälter, die Gefahrstoffe, insbesondere brennbare Flüssigkeiten, enthielten, sind vor ihrer Entsorgung oder anderweitiger Weiterverwendung ausreichend zu reinigen. Sollen ungereinigte Gebinde entsorgt werden, sind diese unter der entsprechenden Abfallschlüsselnummer zu entsorgen.

Bei der Verwendung als Abfallbehälter für Lösemittel ist auf die Gefährdung durch die explosionsfähige Atmosphäre im Inneren des Behälters zu achten. Insbesondere ungereinigte Behälter für Lösemittel können explosionsfähige Atmosphäre enthalten.

Siehe Abschnitt 4.17.

4.16 Umgang mit Abfällen

4.16.1 Sammlung und Transport

4.16.1.1 Sammlung

Vermeidung chemischer Reaktionen und von Leckagen

Die einzelnen Abfallarten sind getrennt so zu sammeln, dass 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 Versicherten sicher transportiert werden können. Insbesondere müssen die Behälter den zu erwartenden chemischen und mechanischen Beanspruchungen durch die Füllgüter standhalten.

Alle anfallenden Abfälle sind den abfall- und gefahrstoffrechtlichen Vorschriften entsprechend zu sammeln. Während der Bereitstellung zur Entsorgung dürfen keine Gefahrstoffe in gefahrdrohender Konzentration oder Menge freigesetzt werden.

Sammelbehälter sollen nicht völlig gefüllt werden. Sie müssen regelmäßig entleert oder entsorgt werden. Die Anzahl und das Fassungsvermögen der Behälter soll auf ein Mindestmaß beschränkt sein.

Ablagerungen in Entsorgungsleitungen zu Sammelbehältern können Gefährdungen hervorrufen.

Siehe Abschnitt 4.9.1.1.

4.16.1.2 Chemisch verunreinigte Betriebsmittel

Kontaminationsgefahren durch Stich- und Schnittverletzungen

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

Nach Möglichkeit soll das Umfüllen solcher Abfallbehälter vermieden werden.

Für Kanülen und Spritzen gibt es spezielle Nadel-Abwurfbehälter. Nadeln sollen wegen der Gefahr von Stichverletzungen nicht mit der Hand abgezogen oder ohne geeignete Hilfsvorrichtungen in ihre Schutzhülle zurückgesteckt werden.

4.16.1.3 Abfallsammelbehälter

Aufstellung und Verwendung der Behälter

Sammelbehälter für Gefahrstoffabfälle sind innerhalb des Labors so aufzubewahren, dass sie die übliche Laborarbeit nicht beeinträchtigen oder zu einer Gefährdung führen.

Zur Vermeidung elektrostatischer Aufladungen muss beim Einfüllen hochentzündlicher, leichtentzündlicher oder entzündlicher flüssiger Gefahrstoffabfälle der Trichter sowie der Sammelbehälter an einen Potentialausgleich angeschlossen sein. Dies gilt in der Regel nicht für Behälter mit einem Nennvolumen bis zu 5 l.

Bei der Bereithaltung und der Befüllung dieser Sammelbehälter ist sicherzustellen, dass keine gefährlichen Gase oder Dämpfe in gefährlicher Konzentration oder Menge in die Laborluft gelangen können. Die Behälter sind gemäß § 8 GefStoffV zu kennzeichnen.

Bewährt hat sich die Aufbewahrung in Stauräumen für Abfälle, in Sicherheitsschränken oder außerhalb des Labors in geeigneten Lagerräumen.

Um ein sicheres Befüllen zu ermöglichen, sollte der Trichter beim Befüllen mit flüssigen Gefahrstoffabfällen fest mit dem Sammelbehälter verbunden sein. Dabei ist auf ausreichende Belüftung sowie auf Vermeidung elektrostatischer Aufladungen zu achten. Bei bestimmten Randbedingungen, wie beispielsweise bei sehr trockener Luft, können Gebinde auch unterhalb von 5 l Nennvolumen unzulässig hoch elektrostatisch aufgeladen werden. PE-Leergebinde für Reinigungslösungen (zum Beispiel von Handwaschlotionen) sind in der Regel nicht für die Entsorgung von Abfalllösemitteln geeignet. Abzüge sind als Abfalllager nicht geeignet.

Abfallbehälter sind nach den Technischen Regeln für Gefahrstoffe TRGS 201 „Einstufung und Kennzeichnung zur Beseitigung von Abfällen beim Umgang" zu kennzeichnen. Die Kennzeichnung soll beständig und fest anhaftend sein.

Abfallbehälter für den außerbetrieblichen Transport müssen den Vorschriften über den Transport von Gefahrgut entsprechen. Die Entsorgungswege sollen mit dem Entsorger abgestimmt werden, da die Entsorgungskonzepte unterschiedlich sein können.

4.16.2 Beseitigung von Abfällen

Umwandlung und Vernichtung

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

Die Entsorgung gefährlicher Abfälle ist in solchen Zeitabständen vorzunehmen, dass das Aufbewahren, der Transport und das Vernichten dieser Stoffe nicht zu einer Gefährdung führen können. Die Arbeitsplätze sind mindestens einmal jährlich auf gefährliche Abfälle hin zu prüfen und diese zur Vermeidung der Bildung von Altlasten zu entsorgen.

Siehe [16], [17] und [18].

Siehe auch Abschnitt 4.9.3.

4.17 Reinigung

Gefährdung durch Rückstände

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

Reinigungsmittel

Stark reagierende Reinigungsmittel dürfen nur dann verwendet werden, wenn andere Reinigungsmittel sich als ungeeignet erwiesen haben. Vor ihrer Verwendung ist sicherzustellen, dass der Restinhalt der Gefäße mit dem Reinigungsmittel nicht zu gefährlichen Reaktionen führen kann. Derartige Tätigkeiten dürfen nur vom Laborpersonal – gegebenenfalls in einem Abzug – durchgeführt werden.

Das Spülen mit organischen Lösemitteln soll nach Möglichkeit vermieden werden.

Stark reagierende Reinigungsmittel sind beispielsweise konzentrierte Salpetersäure, konzentrierte Schwefelsäure und starke Alkalien. Anstelle von Chromschwefelsäure sind wegen ihrer kanzerogenen und umweltschädlichen Wirkung weniger gefährliche Ersatzstoffe zu verwenden.

Für den oxidativen Abbau hat sich alkalische Permanganatlösung bewährt. Hierzu wird gesättigte Kaliumpermanganatlösung in dem zu reinigenden Gefäß mit gleichem Volumen 20%iger Natronlauge versetzt. Auch ein Ersatz durch Schwefelsäure/Wasserstoffperoxid, Kaliumhydroxid/Wasserstoffperoxid oder spezielle Laborreiniger kommen in Frage. Mechanische Reinigung führt oft zum Ziel, besonders effektiv im Ultraschallbad.

In vielen Fällen sind die genannten stark reagierenden Reinigungsmittel durch mildere ersetzbar, beispielsweise durch Lösungen mit handelsüblichen Spezialdetergentien.

4.18 Sicherheitseinrichtungen

4.18.1 Betrieb von Sicherheitseinrichtungen

Blockieren oder Manipulieren von Sicherheitseinrichtungen

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

Hierzu zählt auch das Abstellen von Gegenständen in aus Sicherheitsgründen freizuhaltenden Bereichen, beispielsweise unter Körpernotduschen oder vor Feuerlöschern.

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

Siehe §§ 15 bis 17 der Unfallverhütungsvorschrift „Grundsätze der Prävention" (BGV A1/GUV-V A1).

4.18.2 Arbeiten an Sicherheitseinrichtungen

Koordination zwischen allen Betroffenen

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 mit den Arbeiten verbundenen Beschränkungen informiert werden.

Es ist zu empfehlen, hier ein Freigabescheinverfahren zu verwenden; ein Beispiel finden Sie in [2]. Es kann daraus folgen, dass die Labortätigkeiten für die Dauer dieser Arbeiten zu unterbrechen sind.

4.19 Herstellungs- und Verwendungsverbote

Verbote für Stoffe

Gemäß Anhang IV GefStoffV gelten für bestimmte Stoffe, Zubereitungen und Erzeugnisse Herstellungs- und Verwendungsverbote. Dies gilt insbesondere für Gefahrstoffe, die

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

Soweit in Anhang IV der Gefahrstoffverordnung nicht etwas anderes bestimmt ist, gelten die Herstellungs- und Verwendungsverbote nicht für Forschungs-, Analyse- und wissenschaftliche Lehrzwecke in den dafür erforderlichen Mengen.

4.20 Ergonomie

4.20.1 Allgemeine Anforderungen

Ergonomische Grundsätze

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

Tischhöhen

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

Monotonie

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

Stühle und Stehhilfen

Bei lang anhaltenden Tätigkeiten im Sitzen haben sich ergonomisch geformte Stühle, unter Umständen mit Fußstützen, bewährt. Für längere stehende Tätigkeiten sind Stehhilfen zu empfehlen.

Einseitige Belastungen

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

Siehe DIN EN 14056 „Laboreinrichtungen – Empfehlungen für Anordnung und Montage" und DIN EN 13150 „Arbeitstische für Laboratorien – Maße, Sicherheitsanforderungen und Prüfverfahren".

Siehe auch „Kleine ergonomische Datensammlung" der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin und BG-/GUV-Information „Bildschirm- und Büroarbeitsplätze" (BGI 650/GUV-I 650).

4.20.2 Beleuchtung

Beleuchtungsstärken und Qualität der Beleuchtung

Die Beleuchtung von Laborarbeitsplätzen muss so bemessen sein, dass ein sicheres Arbeiten und ein rechtzeitiges Erkennen von Gefahren jederzeit möglich ist. Als Mindestbeleuchtungsstärke im Labor sind 300 lx, für die Arbeitplätze 500 lx vorzusehen. In jedem Fall ist auf eine gleichmäßige, schlagschattenfreie Beleuchtung zu achten. Sind Bildschirmarbeiten auszuführen, so muss die Beleuchtung den Anforderungen

der Bildschirmarbeitsverordnung, insbesondere bezüglich Blend- und Reflexfreiheit, genügen.

Es empfiehlt sich, Arbeitstische je nach Art der Arbeiten mit mehr als 500 lx zu beleuchten.

Abhängig von der Größe und der Gefährdung kann in Laboratorien eine Fluchtweg- oder auch eine Sicherheitsbeleuchtung erforderlich sein.

Siehe Arbeitsstättenrichtlinie 7/3 und 7/4.

Siehe DIN EN 12464-1 „Licht und Beleuchtung – Beleuchtung von Arbeitsstätten: Arbeitsstätten in Innenräumen".

4.20.3 Raumklima

Raumtemperaturen und Lüftung

In Laboratorien müssen größere Wärmeströme von Geräten möglichst an der Freisetzungsstelle erfasst und abgeführt werden, wenn diese zu einer Gefährdung durch die Erhöhung der Raumtemperatur führen können. Es ist darauf zu achten, dass die Zuluft zugfrei zugeführt wird.

Eine Gefährdung kann durch die steigenden Dampfdrücke und damit eine ansteigende Freisetzung von Gefahrstoffen verursacht werden.

Bewährt haben sich Luftauslassöffnungen mit großer Oberfläche oder Diffusoren.

4.20.4 Arbeitsplätze mit Bildschirmen

Bildschirmarbeitsplätze und Gerätesysteme

Bildschirmarbeitsplätze sind bezüglich des Arbeitsplatzes und der Software ergonomisch zu gestalten. Auch bei Computerbildschirmen als Bestandteil von Gerätesystemen sind ergonomische Prinzipien in angemessener Weise zu berücksichtigen.

Computer sind in das Labor als Bestandteile von Gerätesystemen integriert oder an Schreibplätzen im Labor vorhanden. Als Bestandteile von Gerätesystemen stellen sie keine Bildschirmarbeitsplätze dar, dennoch sollten auch hier ergonomische Prinzipien in angemessener Weise berücksichtigt werden.

Zu Hinweisen zur ergonomischen Gestaltung von solchen Arbeitsplätzen, siehe auch die Bildschirmarbeitsverordnung, die BGI/GUV-I 650 „Bildschirm- und Büroarbeitsplätze" sowie Merkblatt T 044 „Bildschirmarbeitsplätze" der BG Chemie.

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

4.21 Tätigkeiten fremder Personen im Labor

Laborfremde, Koordination

Tätigkeiten von Betriebsfremden sind in Laboratorien nur zulässig, wenn entweder vor Aufnahme der Beschäftigung die von einem Laboratorium ausgehenden Gefahren vorher beseitigt oder geeignete Schutzmaßnahmen und Verhaltensweisen festgelegt und die Betriebsfremden eingewiesen wurden. Jeder Unternehmer hat dafür zu sorgen, dass seine Versicherten die sicherheitsrelevanten Verhaltensvorschriften befolgen. Es dürfen nur solche Firmen herangezogen werden, die die für die Tätigkeiten erforderliche Fachkenntnis besitzen. Für die Koordination der Tätigkeiten ist § 17 GefStoffV zu beachten. Als Betriebsfremde im Sinne dieser Regel gelten Versicherte anderer Unternehmen, Versicherte des gleichen Unternehmens aus anderen Bereichen, die nicht zum Laborpersonal gehören, sowie Besucher.

Zu den Betriebsfremden in Laboratorien gehören beispielsweise das Reparatur- und Reinigungspersonal, auch das Servicepersonal von Firmen und Mitarbeiter anderer externer Dienstleister.

Siehe § 8 Betriebssicherheitsverordnung und § 17 Abs. 1 Gefahrstoffverordnung sowie §§ 5 und 6 der Unfallverhütungsvorschrift „Grundsätze der Prävention" (BGV A1/GUV-V A1).

4.22 Unterrichtung der Behörde

Mitteilungspflichten

Für den Unternehmer bestehen nach der Gefahrstoffverordnung verschiedene Mitteilungspflichten an die zuständige Behörde.

Der Unternehmer hat der zuständigen Behörde unverzüglich eine Mitteilung über jeden Unfall und jede Betriebsstörung, die bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen zu einer ernsten Gesundheitsschädigung der Versicherten geführt haben, oder über Krankheits- und Todesfälle, bei denen konkrete Anhaltspunkte für eine Verursachung durch die Tätigkeit mit Gefahrstoffen bestehen, zu erstatten mit der genauen Angabe der Tätigkeit und der Gefährdungsbeurteilung.

Unbeschadet des § 22 des Arbeitsschutzgesetzes ist der zuständigen Behörde auf ihr Verlangen Folgendes mitzuteilen:

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

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

1. das Ergebnis einer Substitutionsprüfung,
2. sachdienliche Informationen über durchgeführte Tätigkeiten und angewandte industrielle Verfahren und die Gründe für die Verwendung dieser Gefahrstoffe, Menge der hergestellten oder verwendeten Gefahrstoffe, Art der zu verwendenden Schutzausrüstung, Art und Grad der Exposition und Fälle von Substitution.

Der Unternehmer hat der zuständigen Behörde auf Verlangen eine Kopie der Vorsorgekartei nach § 15 Abs. 5 GefStoffV zu übermitteln.

5 Spezielle Betriebsbestimmungen

5.1 Tätigkeiten im Labor

5.1.1 Tätigkeiten mit selbstentzündlichen Stoffen

Selbstentzündliche Stoffe

Tätigkeiten 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 beispielsweise viele Metallalkyle, Lithiumaluminiumhydrid, Silane, niedrige Phosphane, feinverteilte (pyrophore) Metalle (Abbildung 8) und weißer Phosphor. Manche Hydrierkatalysatoren – wie Palladium auf Trägern oder Raney-Nickel – nehmen nach Gebrauch beim Trocknen pyrophore Eigenschaften an.



Abbildung 8: Pyrophores Eisen beim Ausschütten aus einer Schutzgas-Ampulle

5.1.2 Tätigkeiten mit Peroxide bildenden Flüssigkeiten

Bildung organischer Peroxide

Flüssigkeiten, die zur Bildung organischer Peroxide neigen, müssen vor der Destillation und dem Abdampfen auf Anwesenheit von Peroxiden untersucht und die Peroxide entfernt werden. Flüssigkeiten, die zur Bildung organischer Peroxide neigen, sind vor Licht – insbesondere UV-Strahlung – geschützt aufzubewahren.

Zahlreiche organische Verbindungen, insbesondere auch Lösemittel, bilden mit Luftsauerstoff Peroxide. Die gebildeten Peroxide sind schwerflüchtig und reichern sich besonders bei Destillationen in der Destillationsblase an, wo sie sich explosionsartig zersetzen können. Typische Beispiele für peroxidbildende Verbindungen sind Ether, wie Diethylether, Diisopropylether, Dioxan, Tetrahydrofuran, Cumol, ferner ungesättigte Kohlenwasserstoffe, wie Tetralin, Diene sowie Aldehyde, Ketone und Lösungen dieser Stoffe. Siehe dazu [19] und [20].

Die Peroxidbildung wird durch lichtgeschützte Aufbewahrung jedoch nicht sicher verhindert. Manche Peroxide, wie die des Diisopropylethers, werden auch im Dunkeln gebildet. Hier wirkt nur die Aufbewahrung unter Sauerstoffabschluss bei regelmäßiger Kontrolle der Peroxidgehalte. Haben sich Peroxide gebildet, so können einige von diesen erschütterungsempfindlich sein.

Handelsübliche Peroxidbildner sind häufig mit Inhibitoren versetzt, die die Peroxidansammlung bis zu ihrem Verbrauch verhindern. Nach bestimmten Reinigungsschritten, beispielsweise einer Destillation, sind diese Inhibitoren abgetrennt und nicht mehr wirksam.

5.1.3 Tätigkeiten mit explosionsgefährlichen Stoffen

5.1.3.1 Schutzmaßnahmen

Explosionsgefährliche Stoffe und Gemische

Explosionsgefährliche Stoffe und Gemische sind in möglichst kleinen Mengen und nur an ausreichend abgeschirmten Arbeitsplätzen zu handhaben. Geeignete Schutzvorkehrungen technischer, organisatorischer und personenbezogener Art sind zu treffen. Überhitzung, Flammennähe, Funkenbildung, Schlag, Reibung und gefährlicher Einschluss (Verdämmung) sind zu vermeiden. Vorräte an explosionsgefährlichen Stoffen und Gemischen sind so gering wie möglich zu halten. Sie sind gegen Flammen- und Hitzeeinwirkung gesichert, unter Verschluss und von den Arbeitsplätzen entfernt, möglichst in einem besonderen Raum, aufzubewahren. Eine Zusammenlagerung mit brennbaren Gefahrstoffen oder Druckgasen, auch in Sicherheitsschränken, ist verboten.

Explosionsgefährliche Stoffe sind unter anderem zahlreiche organische Nitroso- und Nitroverbindungen, Salpetersäureester, Diazoverbindungen, Radikale, Stickstoffwasserstoffsäure, ihre Salze und Ester, Salze der Knallsäure, des Acetylens und seiner Derivate, Schwermetallperchlorate, Chlorstickstoff, organische Peroxide und Persäuren sowie Chalkogen-Stickstoff-Verbindungen. Diese Stoffe können unter das Sprengstoffrecht fallen.

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

Metallpulver, die durch die Reduktion Wasserstoff enthalten, Wasserstoffperoxid mit H_2O_2-Gehalten oberhalb von 30 % und darin enthaltenen Schwermetallionen sowie Halogenkohlenwasserstoffe im Kontakt mit Alkalimetallen können ebenfalls zu Explosionsgefahren führen.

Als geeignete technische Schutzvorkehrungen haben sich bewährt: Arbeiten in Abzügen bei geschlossenem Frontschieber oder an entsprechend abgeschirmten Arbeitsplätzen; zusätzliche Abschirmungen mit Schutzscheiben und -wänden können die Auswirkungen von Explosionen (Deflagrationen oder Detonationen) begrenzen.

Durch organisatorische Maßnahmen ist die Zahl der Personen im gefährdeten Bereich auf das unbedingt erforderliche Maß zu beschränken. Eine weitere Maßnahme ist die Minimierung der Stoffmengen, wobei zu beachten ist, dass von manchen Stoffen (zum Beispiel Stickstofftriiodid, Fulminate, Schwermetallazide oder Se_4N_4) auch kleinste Mengen (mg-Bereich) eine erhebliche Gefährdung bedeuten können.

Als persönliche Schutzausrüstungen haben sich Gesichtsschutzschirme bewährt, die auch den empfindlichen Hals- und Brustbereich schützen, ferner dicke Lederschürzen sowie dicke, lange Lederhandschuhe.

Stäube brennbarer, aber nicht explosiver Feststoffe können ebenfalls zu Explosionsgefahren führen.

Siehe Unfallverhütungsvorschrift „Explosivstoffe – Allgemeine Vorschrift" (BGV B5) und Unfallverhütungsvorschrift „Organische Peroxide" (BGV B4) sowie die Erste Verordnung zum Sprengstoffgesetz (1. SprengV).

5.1.3.2 Ammoniakalische Silbersalzlösungen

Knallsilber

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, silberhaltiger Niederschlag (*Bertholletsches* oder *Schwarzes* Knallsilber) abscheidet. Diese bislang nicht eindeutig charakterisierte Verbindung ist im Gegensatz zum Silberfulminat (Knallsilber) praktisch nicht handzuhaben, da es bereits beim Berühren, Umrühren, Schütteln oder selbst beim Eintrocknen der Lösung heftig explodieren kann. Mit flüssigem Ammoniak bildet sich hochexplosives Silberamid, Apparatebestandteile aus Silber dürfen daher mit flüssigem Ammoniak nicht in Kontakt kommen. Auch Quecksilber bildet mit Ammoniak ein explosionsfähiges Nitrid.

5.1.3.3 Acetylide

Schwermetallacetylide

Acetylen darf auf keinen Fall mit Kupfer oder Kupferlegierungen mit mehr als 70 % Cu in Berührung kommen. Apparateteile, 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. Daher dürfen niemals Kupferleitungen für die Acetylenversorgung der Atomabsorptionsspektroskopie verlegt werden.

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

5.1.3.4 Perchlorate

Organische Perchlorate

Bei Tätigkeiten mit Perchlorsäure muss sichergestellt sein, dass sich nicht unkontrolliert explosionsgefährliche Perchlorate bilden können.

Dies ist beispielsweise bei einer Einwirkung von Perchlorsäure auf Holz (Labormöbel) möglich. Besonders gefährlich ist dies bei Abrauchabzügen, bei denen Perchlorsäure in das Holz eingedrungen sein könnte. Hier ist eine besondere Entsorgung erforderlich. Für das Abrauchen ist in der Regel der Einsatz von Abzügen nach DIN 12924-2 „Laboreinrichtungen Abzüge – Teil 2: Abrauchabzüge" erforderlich.

5.1.3.5 Alkalimetalle und Alkalimetallamide

Alkalimetalle und deren Amide

Alkalimetalle und deren Amide müssen so aufbewahrt werden, dass ein Zutritt von Bestandteilen der Luft nach Möglichkeit vermieden wird.

Alkalimetalle und deren Amide bilden beim Stehen mit den Bestandteilen der Luft hochreaktive Verbindungen. Dies erfolgt langsam auch in dicht schließenden Gefäßen oder unter Schutzflüssigkeiten. So bildet Kalium beispielsweise gelb-orange Krusten, die aus einem Gemisch von Kaliumhydroxid-Monohydrat und Kaliumhyperoxid bestehen. Abbildung 9 zeigt ein bereits sehr stark oxidiertes Kaliumstück. Das Kaliumhyperoxid ist ein extrem starkes Oxidationsmittel und bildet im Kontakt mit organischen Schutzflüssigkeiten gegen mechanischen Druck sensible, detonationsfähige Gemische. Das Kaliumhydroxid-Monohydrat gibt zudem beim Erwärmen schlagartig sein Wasser ab, welches dann in Kontakt mit dem metallischen Kalium gerät. Unter Umständen lassen sich solche Altbestände nicht mehr gefahrlos vernichten.



Abbildung 9: Stark oxidiertes Stück Kalium [21]

5.1.4 Umgang mit ionisierender Strahlung

Radioaktive Stoffe

Beim Umgang mit offenen radioaktiven Stoffen sind die Mengen, die Aktivitäten und die Expositionszeiten zu minimieren. Die Höhe der Exposition ist durch technische Maßnahmen so gering wie möglich zu halten. Radioaktive Stoffe sind sachgerecht unter Verschluss zu halten. Sie dürfen an Arbeitsplätzen nur in solchen Mengen und Aktivitäten und nur für die Zeit verbleiben, wie es das Arbeitsverfahren erfordert. Strahlenquellen sind nach dem Stand der Technik zu betreiben. Der Zutritt zu solchen Arbeitsplätzen ist auf die dort unmittelbar mit diesen Tätigkeiten beschäftigten Personen zu beschränken. Schwangere dürfen dort nicht beschäftigt werden, wenn Exposition besteht. Personen unter 18 Jahren dürfen solche Tätigkeiten nur ausführen, wenn dies zur Erzielung des Ausbildungszieles erforderlich ist. Siehe hierzu auch die Strahlenschutz- und die Röntgenverordnung.

Beim Umgang mit offenen radioaktiven Stoffen sind Hygienemaßnahmen zur Vermeidung von Inkorporationen und der Verschleppung von Radioaktivität von besonderer Bedeutung. Bei der Inkorporation stellen auch schwachenergetische Strahler mit einer geringen Reichweite eine erhebliche Gefährdung dar. Strahlenquellen können auch in Geräten eingebaut sein, beispielsweise als Quelle im Elektroneneinfangdetektor in der Gaschromatographie. Eine regelmäßige Überprüfung auf Kontaminationsfreiheit ist erforderlich.

Hautkontakt mit offenen radioaktiven Stoffen ist zu vermeiden. Geeignete Schutzhandschuhe bieten einen Schutz gegen Hautkontakt sowie gegen α-Strahlung. Für den Umgang mit offenen radioaktiven Stoffen mit einem relevanten Dampfdruck, beispielsweise Tritium, oder verstaubenden oder vernebelnden Stoffen sind neben Gloveboxen auch spezielle Radionuklidabzüge nach DIN 25466 „Radionuklidabzüge – Regeln für die Auslegung und Prüfung" erhältlich. Bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen in diesen ist zu beachten, dass diese keine geteilten Frontschieber oder

Eingriffsöffnungen besitzen. Das Rückhaltevermögen muss daher durch das möglichst weitgehende Schließen des gesamten Frontschiebers gesichert werden.

Der Transport muss in geeigneten Transportbehältern erfolgen. Die Entsorgung muss getrennt von den übrigen Abfällen erfolgen.

Soweit die Gewährleistung des Strahlenschutzes es erfordert, sind Strahlenschutzbeauftragte zu bestellen. Auf die Genehmigungspflichten beim Umgang mit offenen und umschlossenen radioaktiven Stoffen oberhalb der Freigrenzen und beim Betrieb von nicht der Bauart nach zugelassenen Röntgeneinrichtungen und Störstrahlern sowie der Anwendung von Röntgenstrahlung am Menschen zu Forschungszwecken nach § 7 Strahlenschutzverordnung (StrlSchV) und §§ 3, 4, 5 und 28a Röntgenverordnung (RöV) wird hingewiesen.

Siehe auch Strahlenschutz- und Röntgenverordnung.

5.1.5 Trocknen von Lösemitteln

Trockenmittel

Vor dem Einsatz von chemisch hochreaktiven Trockenmitteln ist mit weniger reaktiven Trockenmitteln vorzutrocknen.

Als Trockenmittel sollen bevorzugt eingesetzt werden: Molekularsiebe, wasserfreies Kupfersulfat, Calciumchlorid oder Kaliumhydroxid. Wenn es erforderlich ist, Alkalimetalle oder Alkalimetalllegierungen einzusetzen, müssen besondere Sicherheitsmaßnahmen ergriffen werden. Mögliche gefährliche Reaktionen zwischen Lösemittel und Trockenmittel müssen berücksichtigt werden. So dürfen beispielsweise Halogenkohlenwasserstoffe nicht mit Alkalimetallen getrocknet werden.

Umlaufapparaturen als lang laufende Apparaturen sind besonders abzusichern.

Verbrauchtes Trockenmittel ist zu ersetzen, Rückstände sind unverzüglich zu beseitigen.

Siehe auch Abschnitte 4.3.5, 5.1.2 und 5.2.7.3.

5.1.6 Arbeiten mit Vakuum

5.1.6.1 Dünnwandige Glasgefäße

Schutz vor Implosionen

Dünnwandige Glasgefäße dürfen nur evakuiert werden, wenn sie von der Form her dafür geeignet sind. Vor jedem Evakuieren von Glasgefäßen sind

diese einer Sichtkontrolle auf festigkeitsgefährdende Beschädigungen zu unterziehen. Evakuierte Glasgefäße dürfen nicht einseitig erhitzt werden. Zum Schutz gegen umherfliegende Glassplitter infolge Implosion sind geeignete Maßnahmen zu treffen.

Zum Evakuieren geeignete dünnwandige Glasgefäße sind beispielsweise Rundkolben, Spitzkolben und Kühler. Nicht geeignet sind beispielsweise Erlenmeyer- und Stehkolben. Eine Sichtkontrolle vor jedem Evakuieren zeigt visuell erkennbare festigkeitsgefährdende Beschädigungen, beispielsweise so genannte „Sternchen", Kratzer, Abplatzungen („chips"), Knoten, Steinchen und Blasen sowie verbrannte Stellen. Zu den geeigneten Maßnahmen zum Schutz vor umherfliegenden Glassplittern gehört beispielsweise die Verwendung von Schutzscheiben, Netzen, Lochblechen, Schutzvorhängen – gegebenenfalls auch auf der Rückseite der Apparatur – sowie Schutzhauben oder das Arbeiten im Abzug. Das Beschichten mit Kunststoff oder das Bekleben mit Folien hat sich beispielsweise bei Exsikkatoren und Saugflaschen bewährt.

5.1.6.2 Vakuumdestillationen

Destillationen im Vakuum

Bei Vakuumdestillationen muss dafür gesorgt werden, dass kein Siedeverzug auftritt. Nicht kondensierte Dämpfe müssen auskondensiert oder auf sonstige Weise gefahrlos abgeführt werden. Die Apparaturen sind vor Beginn des Aufheizens zu evakuieren und erst nach dem Abkühlen zu belüften. Dies muss ohne Entfernen von Sicherheitseinrichtungen möglich sein. Besteht die Gefahr, dass sich der Destillationsrückstand in Gegenwart von Sauerstoff zersetzt, darf nur Inertgas zum Entspannen eingelassen werden.

Bewährt haben sich zur Verhinderung von Siedeverzügen bei Vakuumdestillationen Rührer oder Kapillaren zum Durchsaugen von Luft oder inerten Gasen. Es können auch Vakuum-Siedesteine oder Siedeperlen verwendet werden. Zur Verwendung von Kühlfallen zum Kondensieren von Dämpfen siehe Abschnitt 5.2.10.

Siehe auch Abschnitt 5.2.6.6.

5.1.7 Tätigkeiten mit krebserzeugenden, erbgutverändernden und fruchtbarkeitsgefährdenden Stoffen der Kategorien 1 und 2

Schutzmaßnahmen für Tätigkeiten mit cmr-Stoffen

Vor Aufnahme der Tätigkeiten mit solchen Stoffen ist zu prüfen, ob diese durch weniger gefährliche ersetzt werden können. Stehen kein geeigneter Ersatzstoff oder kein geeignetes Ersatzverfahren zur Verfügung, so

muss vorrangig ein geschlossenes System für die Tätigkeiten vorgesehen werden. Ist die Anwendung eines geschlossenen Systems technisch nicht möglich, so müssen geeignete Maßnahmen zur Verringerung der Gefährdung auf ein Mindestmaß vorgesehen werden.

Als geschlossenes System im Sinne dieser BGI/GUV-I gelten z. B.

- im geschlossenen Abzug aufgestellte, nicht offen betriebene Apparaturen,
- Vakuumapparaturen,
- Gloveboxen
  und
- Apparaturen mit dichten Verbindungen, bei denen alle Öffnungen an ein wirksames Abluftsystem angeschlossen sind.

Insbesondere sind die folgenden Maßnahmen im Rahmen des § 11 der Gefahrstoffverordnung zu treffen:

1. Jugendliche, werdende oder stillende Mütter dürfen Tätigkeiten mit krebserzeugenden, erbgutverändernden oder fruchtbarkeitsgefährdenden Stoffen nur durchführen, soweit dies mit den Bestimmungen des Jugendarbeitsschutzgesetzes und des Mutterschutzgesetzes und den zugehörigen Verordnungen, insbesondere der Mutterschutzrichtlinienverordnung, vereinbar ist.
2. Gefahrenbereiche sind abzugrenzen und mit Warn- und Sicherheitszeichen zu kennzeichnen.
3. Die arbeitsmedizinischen Maßnahmen nach §§ 15 und 16 Gefahrstoffverordnung sind durchzuführen oder anzubieten.
4. Für krebserzeugende, erbgutverändernde oder fruchtbarkeitsgefährdende Stoffe sind Einzelbetriebsanweisungen zu erstellen.
5. Eine Minimierung der Stoffmengen mit Blick auf den Zweck der Tätigkeiten ist durchzuführen. Ein Arbeiten in geschlossenen Apparaturen im Abzug unter Benutzung geeigneter Schutzhandschuhe und, soweit die Gefährdungsbeurteilung dies ergibt, weiterer persönlicher Schutzausrüstung, ist erforderlich. Alternativ kann auch in einer dichten, mit funktionstüchtigen Handschuhen ausgestatteten Glovebox gearbeitet werden. Eine weitere Alternative ist die Verwendung solcher Stoffe in technisch dauerhaft dichten Apparaten oder Gerätesystemen, wie beispielsweise Gaschromatographen. Abgasströme müssen sicher erfasst und abgeführt werden. In Abzügen sind Emissionen zu erfassen und zu beseitigen. Ist keine Exposition über den Atemweg anzunehmen, genügen wirksame Maßnahmen gegen den Hautkontakt.
6. Druckgase müssen in möglichst kleinen Gebinden im Abzug verwendet werden. Werden Druckgasflaschen in Sicherheitsschränken aufgestellt, ist ein mindestens 120-facher Luftwechsel im Sicherheitsschrank erforderlich. Die Gase sind den Apparaturen und Geräten in auf Dauer technisch dichten Leitungen zuzuführen.

7. Bei Wägevorgängen ist die Exposition zu minimieren. Gegebenenfalls ist die Waage unter dem Abzug, in einer Glovebox oder einer entsprechend abgesaugten wirksamen Einhausung zu betreiben.
8. Reststoffe und Abfälle sind im Abzug durch chemische Reaktion in eine weniger gefährliche Form umzuwandeln oder ebenso wie entleerte Gebinde direkt der Entsorgung gefahrlos zuzuführen.
9. Kontaminierte Apparateteile sind soweit zu reinigen, dass von diesen keine Gefahr mehr ausgeht.
10. Kontaminierte persönliche Schutzausrüstungen einschließlich Labormäntel sind zu dekontaminieren oder direkt gefahrlos zu entsorgen.

Messverpflichtung

Bei tatsächlich objektiv fehlender Aussagekraft einer Messung kann der Unternehmer im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung entscheiden und dokumentieren, dass und warum er auf Messungen nach § 11 Abs. 2 Nr. 1 der Gefahrstoffverordnung verzichtet.

Bei entsprechender Arbeitsweise im Abzug oder in der Glovebox wird eine Exposition der Versicherten bei Tätigkeiten mit krebserzeugenden, erbgutverändernden und fruchtbarkeitsgefährdenden Stoffen vermieden. Für Wägevorgänge, die durch Luftströmungen gestört werden können, sind spezielle Abzüge und Einhausungen verfügbar.

Sollen Sicherheitsschränke für solche Gase geeignet sein, so muss bereits beim Aufstellen daran gedacht werden, dass ein stündlich 120-facher Luftwechsel im Gegensatz zum sonst ausreichenden stündlich 10-fachen Luftwechsel erforderlich ist.

Gasgeneratoren bieten in einigen Fällen die Möglichkeit, Gase bei Bedarf in einer bedarfsgerechten Menge zu erzeugen und direkt zu verbrauchen.

Die Tätigkeiten erfüllen bei Einhaltung der genannten Maßnahmen die Anforderungen von Anhang 1 Nr. IV „Verfahrens- und stoffspezifische Kriterien (VSK) zur dauerhaft sicheren Einhaltung von Luftgrenzwerten beim Umgang mit Arbeitsstoffen in Anlagen, Teilanlagen oder Arbeitsverfahren" der TRGS 420, sofern keine anderen Erkenntnisse vorliegen.

5.2 Betrieb von Apparaturen und Geräten

5.2.1 Aufbau von Apparaturen

5.2.1.1 Spannungsfreiheit

Spannungen, Leckagen und Bruchgefahr

Apparaturen sind übersichtlich und mechanisch spannungsfrei aufzubauen. Sind hierzu Stative erforderlich, sind diese sicher zu befestigen oder zu beschweren. Aus Gründen der Stabilität sind an Stelle von Stativen fest montierte Stativgitter zu bevorzugen.

Apparaturen sollen nur von Fachleuten oder ausreichend unterwiesenen Personen aufgebaut werden.

Das klassische Bunsenstativ hat nur bei sorgfältig ausgeführtem Aufbau einen sicheren Stand. Auf einen nicht zu weit herausstehenden Gewindebolzen der Stativstange und einen planen Untergrund ist dabei zu achten. Der Schwerpunkt des Aufbaus darf nicht über die Bodenplatte hinausragen. Aufbauten, insbesondere schwere oder sperrige Apparaturen, sind daher bevorzugt an Stativgittern zu befestigen.

Zur Reduzierung von mechanischen Spannungen größerer Apparaturen lassen sich Kugelschliffe, Schraubkappenverbindungen oder PTFE-Faltenbälge vorteilhaft einsetzen.

Glasapparaturen und -bauteile werden in der Regel aus Borosilicatglas 3.3 gefertigt. Die Bruchgefahr steigt mit der Temperaturdifferenz im Glas, ganz besonders stark jedoch durch Beschädigungen oder Fehler im Glas. Glasapparaturen und -bauteile sollen daher auf visuell erkennbare festigkeitsgefährdende Beschädigungen und Fehler kontrolliert werden. Solche Glasgeräte sind zu reparieren oder zu ersetzen.

Siehe Abschnitt 5.1.6.1.

Siehe auch DIN 12897 „Laborgeräte aus Metall; Hebebühnen, Sicherheitstechnische Anforderungen, Prüfung".

5.2.1.2 Strömungsverhältnisse

Aufbauten in Abzügen

Beim Aufbau von Apparaturen in Abzügen ist darauf zu achten, dass die Strömungsverhältnisse möglichst wenig beeinflusst werden. Heizbäder, andere äußere Wärmequellen, gegebenenfalls auch Kühlbäder, müssen gefahrlos und ohne Veränderung der Apparatur entfernt werden können.

Das kann beispielsweise dadurch erreicht werden, dass ein mindestens 5 cm hoher freier Raum für eine Luftströmung unter der Apparatur gelassen wird. Ausreichende Abstände zu den Abluftöffnungen der Abzugsrückwand sind einzuhalten. Auf ausreichenden Abstand zum Frontschieber (mindestens 10 cm) ist zu achten, um die Strömungsverhältnisse nicht negativ zu beeinflussen.

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

Siehe auch Abschnitt 5.2.7.4.

5.2.1.3 Hohe Apparaturen

Aufstiegshilfen

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

Beim Arbeiten an hohen Apparaturen kann es zu Sturzunfällen mit Personenschaden und zusätzlichen Gefährdungen durch Zerbrechen der Apparaturen kommen.

Siehe BG-/GUV-Information „Handlungsanleitung für den Umgang mit Leitern und Tritten" (BGI 694/GUV-I 694).

5.2.2 Umgang mit zylindrischen Glasteilen

Rohre, Stäbe, Thermometer

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

Zum Schutz der Hände gegen scharfkantige Bruchstücke eignen sich beispielsweise ausreichend widerstandsfähige Handschuhe oder dicke Tücher.

Zylindrische Glasteile werden leichter in Stopfen eingeführt, indem etwa vorhandene Kanten vorher abgerundet werden. Die Glasteile werden mit geeigneten Gleitmitteln benetzt und möglichst dicht am Stopfen angefasst. Sie werden dann drehend, unter leichtem Druck, in gerader Richtung eingeführt, wobei sie nicht auf Unterlagen oder gar auf den Körper aufgesetzt werden dürfen.

Zur Vermeidung von Schnittverletzungen können vorteilhaft Schraubverbindungen eingesetzt werden.

5.2.2.1 Glasbläserarbeiten

Kontaminationsvermeidung bei Reparaturen

Vor Glasbläserarbeiten sind Geräte sorgfältig zu reinigen und zu trocknen.

Rückstände von Chemikalien in zu reparierenden Glasgeräten können durch Hautkontakt, durch Kontakt mit den Lippen beim Glasblasen oder durch Verdampfen und Einatmen die Gesundheit des Glasbläsers gefährden. Rückstände brennbarer Stoffe, insbesondere von Lösemitteln, die zum Durchspülen eingesetzt wurden, können zur Explosion führen. Glasbearbeitung mit Flusssäure bedarf besonderer Umsicht.

Siehe auch BG-Information „Fluorwasserstoff, Flusssäure und anorganische Fluoride" (BGI 576).

5.2.2.2 Zulässige Glastemperaturen

Temperaturdifferenzen und Bruchgefahren bei Glas

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 „Borosilicatglas 3.3 – Eigenschaften" sollen Temperaturdifferenzen von 140 °C nicht überschritten werden. Höhere Temperaturdifferenzen bewirken eine höhere Bruchwahrscheinlichkeit, so dass hier zusätzliche Maßnahmen für den Fall des Bruchs getroffen werden müssen. Dieser Glastyp kann mit Maximal-Temperaturen von 500 °C beaufschlagt werden, wenn die Aufheiz- und Abkühlgeschwindigkeiten nach Herstellerangabe beachtet werden und der Temperaturwechsel möglichst gleichmäßig erfolgt. Werden Apparateteile hoch erhitzt, beispielsweise Reaktionsrohre in einem Rohrofen, so können die auftretenden Spannungen im Glas dadurch verringert werden, dass durch eine kurze Isolierung neben der Heizzone der Temperaturgradient verringert wird. Bei sehr schnellem Abkühlen (Kühlbäder) sollen Geräte aus Borosilicatglas 3.3 nicht tiefer als bis auf −80 °C gekühlt werden. Polariskope zum Nachweis von Spannungen sind als Handgeräte im Handel erhältlich.

Siehe auch Abschnitt 5.2.1.

5.2.3 Verbindungen und Stopfen

Verbinden von Apparateteilen

Bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen müssen dicht sitzende Verbindungen eingesetzt werden.

Solche Verbindungen, wie beispielsweise Kegelschliff-, Kugelschliff-, Flansch- oder Schraubkappenverbindungen, bieten eine höhere Dichtheit als Gummi- oder Korkstopfenverbindungen und werden von fast allen Chemikalien praktisch nicht angegriffen. Schraubkappen-Verbindungselemente verschiedener Hersteller passen nicht unbedingt zu einer dichten Verbindung zusammen.

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

Schliffe klemmen z. B. fest, wenn kalte Schliffkerne in heiße Schliffhülsen gesteckt werden oder Kolben, in denen sich durch Kondensation der Gasphase Unterdruck bilden kann, zu früh verschlossen werden.

Festsitzende Schliffverbindungen können beispielsweise durch Klopfen mit einem Holzstiel, durch vorsichtiges, aber rasches Anwärmen mit Heißluft oder mit warmem Wasser gelöst werden. Flaschen sind dabei mit einem Tuch abzudecken; bei größeren Flaschen ist über einer Auffangwanne zu arbeiten. Durch den Inhalt können zusätzliche Gefährdungen hervorgerufen werden, wenn dieser beispielsweise unter Druck steht oder sich beim Öffnen am Heißluftfön entzünden kann.

5.2.4 Schläuche und Armaturen

5.2.4.1 Auswahl

Schlauchverbindungen

Schläuche und Armaturen müssen so ausgewählt werden, dass sie den zu erwartenden Drücken und anderen mechanischen, thermischen sowie chemischen Beanspruchungen standhalten. Sie müssen vor Gebrauch auf sichtbare Mängel kontrolliert werden. Schadhafte Schläuche sowie weich oder porös gewordene Schlauchenden müssen entfernt werden.

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

Schläuche müssen gegen Abrutschen gesichert werden. Sie sind gegen übermäßige Wärmeeinwirkung und anderweitige Beschädigung zu schützen.

Eine Sicherung gegen Abrutschen der Schläuche ist beispielsweise möglich durch

- Verwendung von Schlauchschellen oder Schlauchbindern
  oder
- Aufziehen von Gasschläuchen nach DIN 30664-1 „Schläuche für Gasbrenner für Laboratorien, ohne Ummantelung und Armierung – Teil 1: Sicherheitstechnische Anforderungen und Prüfungen" auf eine Schlauchtülle nach DIN 12898 „Laborarmaturen; Schlauchtüllen" mit (Nenndurchmesser) d_2 = 9,5 mm.

Beim Einsatz von Schlauchschellen besteht Verletzungsgefahr (Abrutschen des Schraubendrehers) und Bruchgefahr anzuschließender Gefäße. Bewährt haben sich Ausführungen, die mit der Hand betätigt werden können oder Einohrklemmen.

Draht („Rödeldraht") soll als Abrutschsicherung von Schläuchen wegen der Verletzungsgefahr und beschränkten Stabilität nicht verwendet werden.

Beim Aufschieben oder Lösen von Schläuchen kommt es immer wieder zum Bruch der Glasoliven und zu Schnittverletzungen durch die scharfkantigen Bruchstücke. Dies gilt insbesondere für Exsikkatoren, Saugflaschen, Kühler und Gas-Waschflaschen. Auch Pipettenflaschen mit eingeschliffener Glaspipette müssen mit entsprechender Vorsicht behandelt werden, da diese zum Festsetzen neigen.

Siehe DIN 12475 „Laborgeräte aus Glas – Saugflaschen, zylindrische Form", DIN 12476 „Laborgeräte aus Glas; Saugflaschen, konische Form", DIN 12491 „Laborgeräte aus Glas – Vakuum-Exsikkatoren", DIN 12596 „Laborgeräte aus Glas; Gas-Waschflaschen; Form nach Drechsel".

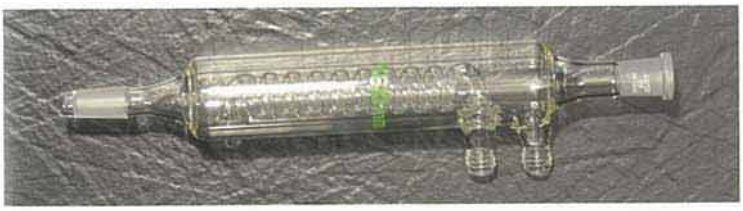


Abbildung 10: Kühler mit Glasgewinden für den Kühlwasseranschluss.

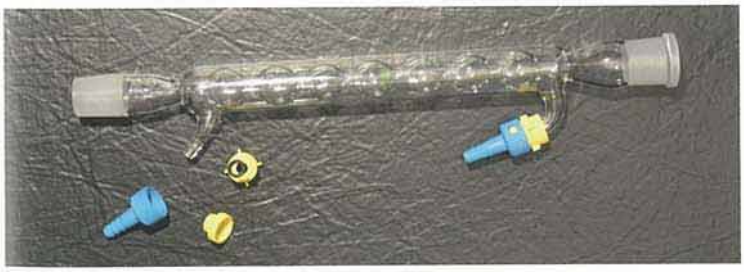


Abbildung 11: Kühler mit Glasoliven für den Kühlwasseranschluss mit Adaptern, die Kunststoff-Schnellkupplungen nachrüsten.

5.2.5 Gasbrenner

Laborgas- und Kartuschenbrenner

An Bunsen- und verwandten Gasbrennern sind absperrbare Einstellgeräte für das Brenngas nicht zulässig. Gasbrenner und ähnliche Verbrauchseinrichtungen dürfen nur mit DVGW-geprüften Schläuchen angeschlossen werden. Dies gilt nicht für Kartuschenbrenner.

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

Bunsenbrenner und davon abgeleitete Bauformen von Gasbrennern (beispielsweise Teclu-, Méker-, Heintz- oder Frankebrenner) dürfen nicht über Hähne oder Ventile vollständig absperrbar sein, da kein Gas unter Druck in dem Gasschlauch zwischen Absperrventil und Laborbrenner nach Abstellen des Brenners verbleiben soll.

Siehe DIN 30665-1 „Gasverbrauchseinrichtungen; Gasbrenner für Laboratorien (Laborbrenner); Sicherheitstechnische Anforderungen, Prüfung".

Brenngasschläuche

DVGW-geprüfte Schläuche bieten eine für Laboranforderungen ausreichende Beständigkeit und Belastbarkeit sowie Dichtheit. Ihre Durchmesser sind auf die genormten Schlauchtüllen an den Gasbrennern so abgestimmt, dass ausreichende Dichtheit auch ohne weitere Hilfsmittel erzielt wird. Auf gesicherte Standfestigkeit des Brenners ist zu achten. Nicht DVGW-geprüfte Schläuche, beispielsweise Kühlwasserschläuche, sind für den Anschluss von Gasbrennern ungeeignet.

Siehe auch §§ 10 und 11 der Unfallverhütungsvorschrift „Verwendung von Flüssiggas" (BGV D34/GUV-V D34) und BG-Information „Schlauchleitungen; Sicherer Einsatz" (BGI 572).

Siehe DIN 30664-1 „Schläuche für Gasbrenner für Laboratorien, ohne Ummantelung und Armierung – Teil 1: Sicherheitstechnische Anforderungen und Prüfungen" sowie DIN 30665-1 „Gasverbrauchseinrichtungen; Gasbrenner für Laboratorien (Laborbrenner), Sicherheitstechnische Anforderungen, Prüfung".

Bei Kartuschenbrennern muss der Brenner vollständig absperrbar sein. Die Menge der am Arbeitsplatz bereitgehaltenen Kartuschen ist möglichst gering zu halten, eine Reservekartusche ist in der Regel ausreichend. Vorteilhaft werden die Kartuschen in einem separaten Lagerraum aufbewahrt. Empfohlen werden Ventilkartuschen. Bewährt haben sich Sicherheitsbrenner mit Zündsicherung und automatischer Gasabschaltung. Brenner mit Sensorschaltung sollten gegen unbeabsichtigtes Einschalten gesichert sein.

5.2.6 Betrieb von Apparaturen

5.2.6.1 Explosionsgefahren

Absicherung von Apparaturen

Besteht beim Betrieb von Glasapparaturen die Gefahr einer Stoff- oder Wärmeexplosion oder eines Zerknalls infolge eines unbeabsichtigten Druckanstieges, müssen Maßnahmen gegen Splitterflug, Spritzer und den Stoffaustritt getroffen werden.

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

Ein unbeabsichtigter Druckanstieg kann beispielsweise durch Verstopfen von Gaseinleitrohren oder auch Abgasleitungen, bei Gaswäschern und Absorptionsröhrchen eintreten. Da eine Explosion oder ein Zerknall meistens mit der Freisetzung von brennbaren oder toxischen Stoffen verbunden ist, stellt der Betrieb im Abzug in der Regel die geeignete Maßnahme dar.

Siehe auch Abschnitte 4.11, 5.1.6, 5.2.12 und 5.2.13.

5.2.6.2 Erhöhte Gefahren bei Stromausfall

Maßnahmen bei Stromausfall

Ist bei Ausfall der Spannung die Gefährdung nicht beherrschbar, sind entsprechend der Gefährdungsbeurteilung zusätzliche Maßnahmen zur Aufrechterhaltung der sicherheitsrelevanten Funktionen notwendig.

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

Als eigener Stromkreis gilt beispielsweise, wenn eine Steckdose nicht mit anderen zusammen über eine gemeinsame Schutzeinrichtung (beispielsweise Fehlerstromschutzschalter) abgesichert ist. Zusammen mit einer solchen Apparatur sollte möglichst kein anderes Laborgerät am gleichen Stromkreis betrieben werden.

Günstig ist es, wenn nur die sicherheitsrelevanten Teile der Apparatur, wie etwa die Kühlung oder der Rührer, an diesem Stromkreis betrieben werden.

5.2.6.3 Trockenröhrchen und Absorptionsgefäße

Verstopfen von Trockenröhrchen und Absorptionsgefäßen

Es ist darauf zu achten, dass Trockenröhrchen und Absorptionsgefäße 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 von Trockenröhrchen und Absorptionsgefäßen mit Trockenmitteln, wie Calciumchlorid, Phosphor(V)-oxid oder Natronkalk, kann beispielsweise durch Beimischung von inertem körnigem oder faserigem Material verhindert werden (beispielsweise Glaswolle, Sand, Bimssteine). Silikagel bietet den Vorteil, nicht zu Verstopfungen zu führen.

5.2.6.4 Wärmeisolation heißer Teile

Wärmeisolierung

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

Leicht entflammbares Isolationsmaterial (beispielsweise Styropor, Karton oder Papiertücher) ist wegen Brandgefahr nicht geeignet. Ein Brand kann bereits bei leichter Benetzung mit einer brennbaren Flüssigkeit, beispielsweise Mineralöl, durch Selbstentzündung auftreten.

Auch faserförmige Asbestersatzstoffe können ein krebserzeugendes Potential besitzen (zum Beispiel Keramikfasern). Solche können beispielsweise in Hochtemperaturöfen vorkommen.

5.2.6.5 Zwischengefäße

Puffer- und Zwischengefäße

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.

Bei Druckgefällen in der Apparatur kann es zum Zurücksteigen von Flüssigkeiten und gefährlichen Vermischungen kommen. Ein unerwünschtes Druckgefälle kann beispielsweise durch Abkühlen, einseitiges Erwärmen, zu schnelles Abreagieren, Absinken des Vordruckes usw. auftreten.

Neben dem Einbau von Zwischengefäßen („Puffergefäße") kann das zusätzliche Vorschalten von Rückschlagventilen zweckmäßig sein.

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

Das Zurücksteigen von Reaktionskomponenten und -mischungen in Druckgasflaschen ist besonders gefährlich.

5.2.6.6 Destillationsapparaturen

Auswahl und Betrieb von Destillationsapparaturen

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. Destillationsapparaturen sind sicher zu befestigen und gegebenenfalls abzustützen. Der Kühlmitteldurchfluss ist am Ausgang des Kühlers zu überwachen. Zur Vermeidung von Siedeverzügen sind geeignete Maßnahmen erforderlich.

Zur Vermeidung von Druckstößen bei Siedeverzügen darf die Füllmenge des Destillationskolbens nie mehr als ¾ betragen, ein Schaumverhalten kann durch den Einsatz von Schauminhibitoren oder Schaumfänger-Aufsätzen reduziert werden.

An einem Destillationsvorstoß, beispielsweise einer Destillationsspinne, können bei größeren Kolben bzw. Füllgraden erhebliche Kräfte auftreten, die beispielsweise durch eine Hebebühne abgefangen werden müssen. Beim Abstützen der Vorlage darf die Apparatur jedoch nicht verspannt werden.

Zur Überwachung des Kühlwasserflusses haben sich Strömungswächter bewährt.

Zur Vermeidung von Siedeverzügen haben sich beispielsweise Rührer, Siedesteine und Siedekapillaren bewährt. Siedesteine dürfen nicht in überhitzte Flüssigkeiten eingetragen werden.

Bei leicht erstarrendem Destillat besteht die Gefahr des Verstopfens und eines gefährlichen Druckanstieges in der Apparatur. Verengungen des Gasweges durch Reduzierstücke sind zu vermeiden. Für Rückflussapparaturen dürfen keine Produktkühler verwendet werden (Abbildung 12).



Abbildung 12: Beispiel für einen Produktkühler: Im Schlangenkühler (Graham condenser) blockiert aufsteigender Dampf das zurückfließende Kondensat und drückt dieses heraus.



Abbildung 13: Kühler mit eingesetzter Metallkühlschlange.

Bei Arbeiten mit hochreaktiven Trockenmitteln (beispielsweise Alkalimetall-Legierungen) sind leckfreie Kühler (beispielsweise Metallkühlschlangen, Metallkühler) zu verwenden.

Besonders beim längeren Einwirken von Lösemitteln werden Schliffe entfettet. Es wird empfohlen, in solchen Fällen Teflonmanschetten zu verwenden.

5.2.6.7 Ortsveränderliche Elektrogeräte

Elektrische Leitungen und Mehrfachsteckdosen

Elektrische Leitungen sind so zu verlegen, dass sie zu keiner Gefährdung führen. Das Hintereinanderschalten von elektrischen Mehrfachsteckdosenleisten ist wegen des möglichen Verlustes der elektrischen Sicherheit und einer Erhöhung der Brandgefahr nicht zulässig.

Gefährdungen durch elektrische Leitungen können sich zum Beispiel ergeben durch

- mechanische Behinderung (Arbeitshindernisse, Stolperfallen),
- „Pfad" für ausgetretene Flüssigkeiten,
- Blanklegen spannungsführender Leiter durch thermische (zum Beispiel heiße Oberflächen), mechanische (zum Beispiel scharfe Kanten) und chemische Einwirkungen.

Sind bewegliche (Mehrfach-)Steckdosen nicht vermeidbar, so sollen sie mit eingebauten Sicherheitseinrichtungen (Hauptschalter, Vorsicherung, FI-Schalter (Fehlerstrom-Schutzschalter, RCD [15]), Überspannungsschutz) versehen und erforderlichenfalls spritzwassergeschützt ausgeführt sein.

Prüfungen

Eine Sichtprüfung von ortsveränderlichen Elektrogeräten auf Schäden ist vor Arbeitsbeginn oder vor Inbetriebnahme einer Apparatur durchzuführen. Eine regelmäßige Isolationsprüfung an ortsveränderlichen Elektrogeräten erfolgt im Rahmen der regelmäßig wiederkehrenden Prüfungen nach Unfallverhütungsvorschrift „Elektrische Anlagen und Betriebsmittel" (BGV A3/GUV-V A3) durch eine Elektrofachkraft oder (bei Verwendung

geeigneter Mess- und Prüfgeräte) durch eine elektrotechnisch unterwiesene Person. Eine regelmäßige Funktionskontrolle des ortsveränderlichen FI-Schalters (RCD) erfolgt arbeitstäglich durch das Laborpersonal.

Gefährdungen durch schlechte Kontakte

Schlechte elektrische Kontakte können – etwa durch Korrosion oder mechanische Überbeanspruchung – zu

- lokaler Temperaturerhöhung durch höhere Übergangswiderstände bis hin zum „Festbacken" lösbarer elektrischer Verbindungen und zur Entzündung sowie zu Kriechströmen, gegebenenfalls verbunden mit dem Verlust der Isolationswirkung,
- fehlender Erdung (Potentialausgleich) mit unerkannt ausgefallenem Berührungsschutz bzw. nicht mehr auslösendem FI-Schalter (RCD),
- Ausfall der Spannungsversorgung mit gegebenenfalls unsicheren Betriebszuständen

führen.

Leitfähige Anbackungen können Isolierungen überbrücken und zu gefährlichen Körperdurchströmungen führen.

Auswahl von Kabeln

Auswahl und Einsatz elektrischer Leitungen sind auf den Einsatzort und dessen mögliche Belastungen abzustimmen. Silikonkabel eignen sich bei thermischer Belastung von außen. Ölflexkabel sind gegen einen chemischen Angriff durch Kohlenwasserstoffe (Schmierstoffe) besonders geschützt. Sicherheitsrelevante Einrichtungen sollten mit im Brandfall funktionserhaltenden Kabeln (zum Beispiel „E90-Kabel") angeschlossen werden. Beim Einsatz von Geräten in feuchter Umgebung sowie bei Spritzgefahr ist für die Betriebsmittel eine erhöhte elektrische Schutzart (zum Beispiel IP 67 statt IP 44) zu wählen.

Alternativ oder ergänzend sollte der Einsatz von Kleinspannung geprüft werden. Trenntransformatoren sind zur galvanischen Trennung bei Gefährdung durch Nieder- und Hochspannung (Berührungsschutz) geeignet. Der Berührungsschutz gegen spannungsführende Teile kann auch durch berührungsfreie Stecker gewährleistet werden.

Kalt-, Warm- und Heißgerätestecker sollten festen Kabelverbindungen aufgrund leichteren Austausches bei Beschädigung sowie zur flexibleren Anpassung der erforderlichen Kabellänge vorgezogen werden.

Elektrische Leitungen, insbesondere Steckverbinder, dürfen nicht von Wasser benetzt werden.

Auf einen ungehinderten Zugang zu oder Zugriff auf Not-Aus- und Bedienungsschaltern von Sicherheitseinrichtungen ist zu achten.

Berücksichtigen sicherheitsrelevanter Funktionen

Bei gefährlichen Störungen von Verfahren und Apparaten sind geeignete Maßnahmen zu treffen. Sicherheitsrelevante Funktionen (zum Beispiel

Rühren, Kühlen, Ventilsteuerung) sind dabei bis zum Erreichen des sicheren Betriebszustandes aufrecht zu erhalten, zum Beispiel durch USV (unterbrechungsfreie Stromversorgungen), zentrale Ersatzstromversorgung oder Energiespeicher.

Als Schutz gegen Überhitzung durch Überlastung mit Gefahr zu heißer Oberflächen (Verletzung, Brand) bei Motoren und Heizquellen sind beispielsweise Thermoschutzschalter, Temperatur- oder Leistungsbegrenzer sinnvoll.

5.2.7 Heizbäder und Beheizung

5.2.7.1 Beheizen von Flüssigkeitsheizbädern

Beheizung

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

Offene Flammen sind gefährliche Zündquellen, zudem ist die Regelung der Wärmezufuhr mit ihnen schwieriger als mit geregelten elektrischen Heizeinrichtungen. Ein Heißluftgebläse kann auch nach dem Ausschalten noch als Zündquelle wirken.

Anstelle von Asbest- und Keramikfaser-Drahtnetzen sind Glaskeramikplatten einzusetzen. Diese sollen bei Beschädigungen der Ränder wegen der dadurch erhöhten Bruch- und Verletzungsgefahr ersetzt werden.

5.2.7.2 Maximale Betriebstemperatur der Wärmeträger

Brandgefahren bei Wärmeträgern

Für Flüssigkeitsheizbäder und Flüssigkeitsthermostate dürfen nur Wärmeträger verwendet werden, deren unbedenkliche maximale Betriebstemperatur bekannt ist. Bei Flüssigkeitsheizbädern muss die maximale Betriebstemperatur mindestens 20 °C und bei Flüssigkeitsthermostaten mindestens 5 °C unter dem Flammpunkt des Wärmeträgers liegen. Für höhere Temperaturen sind vorzugsweise Metallbäder zu verwenden. Sandbäder dürfen nur dann 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.

Wichtig ist, der jeweiligen Aufgabe entsprechend den richtigen Wärmeträger einzusetzen.

Oberhalb des Flammpunktes und auch einige Grad Celsius unter diesem herrscht akute Brandgefahr, unter Umständen auch Explosionsgefahr durch Gemische von Dämpfen der Badflüssigkeit mit Luft. Werden Thermostate ausnahmsweise mit offenem Kreislauf betrieben, ist zu empfehlen, die maximale Betriebstemperatur 20 °C unter dem Flammpunkt des Wärmeträgers zu halten. Sandbäder und Metallbäder sind besonders träge in ihrem Temperaturverhalten. Im Gegensatz zu kugeligem Material kann scharfkantiger Sand zu Schäden in der Oberfläche eingestellter Glasgefäße führen, welche dadurch besonders leicht bei Einwirkung von Spannungen brechen. Dies ist besonders dann der Fall, wenn das Gefäß gefüllt ist, evakuiert wird oder Spannungen beim Aufheizen entstehen.

Siehe DIN EN 61010-1 „Sicherheitsbestimmungen für elektrische Mess-, Steuer-, Regel- und Laborgeräte – Teil 1: Allgemeine Anforderungen" und DIN EN 61010-2-010 „Sicherheitsbestimmungen für elektrische Mess-, Steuer-, Regel- und Laborgeräte – Teil 2-010: Besondere Anforderungen an Laborgeräte für das Erhitzen von Stoffen".

5.2.7.3 Temperaturregelung

Temperaturregelung und -begrenzung

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.

Eine zusätzliche Temperaturbegrenzung verhindert, dass Bäder überheizen oder Chemikalien bis zur Entzündung gebracht werden und unbemerkt ein Feuer ausbricht.

Siehe DIN EN 61010-1 „Sicherheitsbestimmungen für elektrische Mess-, Steuer-, Regel- und Laborgeräte – Teil 1: Allgemeine Anforderungen", DIN EN 61010-2-010 „Sicherheitsbestimmungen für elektrische Mess-, Steuer-, Regel- und Laborgeräte – Teil 2-010: Besondere Anforderungen an Laborgeräte für das Erhitzen von Stoffen" und DIN 12880 „Elektrische Laborgeräte; Wärme- und Brutschränke".

5.2.7.4 Standfestigkeit

Standfestigkeit und Verstellbarkeit

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

Besonders beim Einstellen der Höhe unter der Apparatur haben sich – gegebenenfalls fernsteuerbare – Labor-Hebebühnen bewährt.

Distanzklötze und Ähnliches lassen in der Regel die nötige Standfestigkeit vermissen, um bei einem versehentlichen Anstoßen zu verhindern, dass sich die heiße Badflüssigkeit über den Tisch und möglicherweise auch über Körperteile ergießt.

Siehe DIN 12897 „Laborgeräte aus Metall; Hebebühnen, Sicherheitstechnische Anforderungen, Prüfung".

5.2.7.5 Wärmeträger

Eigenschaften der Wärmeträger

Wärmeträger sind unter Berücksichtigung der vorgesehenen Aufgabe sachkundig auszuwählen. Gefahren durch Volumenvergrößerung beim Erwärmen, durch Verunreinigungen und durch Tropfwasser ist wirksam zu begegnen.

Bei der Verwendung von Wärmeträgern ist Folgendes zu beachten:

- 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.

Werden Verunreinigungen nicht erkannt, so kann es zur Gefährdung durch diese Stoffe beim Hautkontakt mit der Badflüssigkeit kommen. Verunreinigungen mit einem Siedepunkt, der geringer als die Badtemperatur ist, können zum unerwarteten, heftigen Spritzen oder Aufsieden des Bades führen. Es empfiehlt sich, Wärmeträger nach jeder Verunreinigung zu kontrollieren und je nach Verunreinigung zu erneuern.

Beim Überlaufen kann Badflüssigkeit in die Heizung gelangen, zudem werden Badgefäße und Heizung verunreinigt, was zu weiteren Gefahren, wie zu einem Brand, führen kann.

Weitere Gefahrenquellen von Ölbädern stellen rutschige Oberflächen der Arbeitsgeräte dar.

Tropfwasser kann in heißen Bädern (Öl, Metall) zu Wärmeexplosionen führen.

5.2.8 Trocknen in Wärmeschränken

5.2.8.1 Explosionsschutz

Dämpfe und Gase in Trockenschränken

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

Hierbei handelt es sich insbesondere um lösemittelfeuchte Produkte, aber auch um solche, die brennbare Produkte beim Trocknen oder Erhitzen abspalten. Von Wärmeschränken und anderen Trocknern darf keine Gefahr durch Explosionen ausgehen. Dies wird insbesondere erreicht, wenn die Anforderungen des § 6 Kapitel 2.28 der BG-/GUV-Regel „Betreiben von Arbeitsmitteln" (BGR 500/GUV-R 500) erfüllt sind.

Neben solchen können auch Vakuumtrockenschränke oder explosionsgeschützte Trockenschränke eingesetzt werden. Werden die Oberflächentemperaturen in den Wärmeschränken sorgfältig kontrolliert und die für die Vermeidung einer Zündung maximal zulässigen Temperaturen sicher unterschritten, so können auch Wärmeschränke mit Umluft verwendet werden. Neben Schränken für Produkte sind solche zum Trocknen von Geräten üblich, die in der Regel nicht für den Umgang mit Produkten geeignet sind. Mit Lösemitteln gespülte Geräte müssen daher in der Regel in Produkt-Wärmeschränken getrocknet werden.

Siehe auch DIN 12880-1 „Elektrische Laborgeräte; Wärme- und Brutschränke".

5.2.8.2 Entlüftung

Abführung von Gasen, Dämpfen und Nebeln

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

Im Inneren darf sich keine explosionsfähige Atmosphäre bilden, nach außen dürfen keine gesundheitsschädlichen Stoffe austreten.

Sonderabsaugungen siehe DIN 1946-7 „Raumlufttechnik; Raumlufttechnische Anlagen in Laboratorien (VDI-Lüftungsregeln)".

5.2.8.3 Thermisch instabile Stoffe

Gefährdungen durch Zersetzung oder Entzündung

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 die Heizung bleibend abschalten, wenn die gewählte Einstelltemperatur (Arbeitstemperatur), beispielsweise bei Versagen der Temperaturregeleinrichtung, überschritten wird.

Siehe DIN 12880 „Elektrische Laborgeräte; Wärme- und Brutschränke".

Die zu trocknenden Stoffe müssen im Inneren richtig angeordnet werden. Ein Abstellen darf in der Regel nur auf den Rosten erfolgen, da die Wände heiße Oberflächen darstellen, deren Temperaturen über den eingestellten Ofentemperaturen liegen. Sie sollen auch nicht nahe an der Türöffnung abgestellt werden.

Bei thermisch instabilen Stoffen soll die eingestellte Temperatur der Temperatur-Sicherheitseinrichtung mindestens 20 % unterhalb der Zersetzungstemperatur und bei leichtentzündlichen Stoffen mindestens 20 % unterhalb der Zündtemperatur liegen. Die Prozentangaben beziehen sich auf die Temperaturangaben in °C.

5.2.9 Kühlgeräte

5.2.9.1 Kühlschränke und Kühltruhen

Explosionsschutz

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

Gefährliche explosionsfähige Atmosphäre kann sich beispielsweise aus offenen oder undichten Gefäßen mit brennbaren Flüssigkeiten entwickeln. Zündquellen im Nahbereich der Tür müssen daher ebenfalls vermieden werden. Entsprechende Kühlschränke sind am Markt erhältlich; bei Kühlschränken und Kühltruhen in Normalausführung lassen sich Zündquellen vermeiden, wenn Leuchten und Lichtschalter abgeklemmt sowie Temperaturregler mit einem eigensicheren Stromkreis versehen sind. Innenliegende Ventilatoren müssen abgeklemmt werden. Die Abtauautomatik muss außer Betrieb gesetzt sein. In Kühlschränken mit Abtauautomatik muss die abgetaute Flüssigkeit in ein Auffanggefäß im Innenraum umgeleitet werden. Das Auffanggefäß ist bei Bedarf zu entleeren. Arbeitet die Abtauautomatik im Innenraum mit einer Heizung, muss diese außen abgeklemmt werden. Der Kühlschrank muss durch Abschalten und Türöffnen abgetaut werden. Wanddurchführungen sind mit Silicon oder ähnlich dichten und dauerhaften Materialien zu verschließen. Der in Eigenregie vorgenommene Umbau des Arbeitsmit-

tels führt zur Übernahme der Herstellerverantwortung im Sinne des Geräte- und Produktionssicherheitsgesetzes (GPSG).

5.2.9.2 Hinweiszeichen auf Kühlschränken

Kennzeichnung

Kühlschränke und Kühltruhen nach Abschnitt 5.2.9.1 müssen mit einem Hinweiszeichen mit der Aufschrift „Nur Innenraum frei von Zündquellen" gekennzeichnet sein.

Kühlschränke, deren Innenraum nicht frei von möglichen Zündquellen ist, sind mit dem Hinweisschild „In diesem Kühlschrank ist das Aufbewahren brennbarer Stoffe verboten" zu kennzeichnen.

Brennbare Stoffe im Sinne dieser Forderung sind hochentzündliche, leichtentzündliche und entzündliche Gefahrstoffe.

5.2.10 Tiefkühlung

5.2.10.1 Brand- und Reaktionsgefahren

Gefährliche Reaktionen

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. Festes Kohlendioxid muss den Lösemitteln vorsichtig zugegeben werden.

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

Durch entweichendes Kohlendioxid kann das Lösemittel sehr leicht überschäumen. Dies kann bei brennbaren Lösemitteln zu Bränden führen, wenn sich eine Zündquelle in der Nähe befindet. Wegen der geringeren Schaumbildung wird Isopropanol empfohlen, es ist jedoch leicht entzündlich.

Der Umgang mit Trockeneis, gegebenenfalls auch mit tiefkalten verflüssigten Gasen, lässt sich vorteilhaft durch den Einsatz von Laborkryostaten ersetzen. Diese lassen zudem eine sicherere Reaktionsführung durch frei wählbare Temperatur bei höherer Temperaturkonstanz zu. Eine mögliche Brandlast durch die Flüssigkeitsfüllung ist zu beachten.

5.2.10.2 Abdeckung der Tiefkühlbäder

Beim Gebrauch der Tiefkühlbäder sind diese so weit wie möglich abzudecken. Nach dem Gebrauch verbleiben diese bis zum Erreichen der Raumtemperatur abgedeckt im Abzug und sind dann in geeignete Vorrats- oder Entsorgungsbehälter zu geben.

Bewährt haben sich Abdeckungen aus Aluminiumfolie oder Polyurethan.

5.2.10.3 Dewargefäße

Implosionsgefahr

Dewargefäße aus Glas und andere Glasgefäße 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.

Dewargefäße dürfen nur in trockenem und sauberem Zustand mit tiefkalten verflüssigten Gasen gefüllt werden. Verkratzte Dewargefäße dürfen nicht für tiefkalte verflüssigte Gase verwendet werden.

Eine Sicherung gegen die Folgen einer Implosion kann beispielsweise durch Überziehen mit Kunststoff erfolgen. Zu den Gläsern mit einem ausreichend kleinen Ausdehnungskoeffizienten gehört beispielsweise Borosilicatglas 3.3 nach DIN ISO 3585 „Borosilicatglas 3.3 – Eigenschaften".

Festes Kohlendioxid kann Glasgefäße beschädigen.

5.2.10.4 Flüssiger Stickstoff

Anreicherung mit Sauerstoff

Wird zur Tiefkühlung flüssiger Stickstoff verwendet, muss die Verweilzeit von flüssigem Stickstoff in offenen Dewargefäßen begrenzt werden. Die Verwendung von flüssigem Sauerstoff oder flüssiger Luft zur Tiefkühlung ist nicht zulässig.

Eine kurze Verweilzeit verhindert, dass Sauerstoff nach einiger Zeit in den Stickstoff einkondensieren kann. Mit Sauerstoff angereicherter Stickstoff, flüssige Luft und flüssiger Sauerstoff können mit organischen Stoffen detonationsfähige Gemische bilden. Einkondensierter Sauerstoff kann nur in seltenen Fällen an einer leichten Blaufärbung des Flüssigstickstoffes erkannt werden. Die richtige Abdeckung des Dewargefäßes kann das Einkondensieren von Sauerstoff stark verlangsamen. Hierbei ist auf Beschädigungen der Deckel durch Versprödung zu achten. Beschädigte oder verloren gegangene Deckel sind zu ersetzen. Stickstoff aus Dewargefäßen darf nicht in Vorratsgefäße zurückgegeben werden.

5.2.10.5 Tieftemperatur-Kühlbäder

Herstellung von Bädern

Zur Erzeugung von Tieftemperatur-Kühlbädern dürfen tiefkalte verflüssigte Gase nur in kleinen Portionen unter Rühren in die Badflüssigkeit eingetragen werden.

Andernfalls könnte es zum explosionsartigen Verdampfen des tiefkalten verflüssigten Gases kommen. Verspritzende tiefkalte verflüssigte Gase und kalte Flüssigkeiten sowie Trockeneis können zu schweren verbrennungsähnlichen Symptomen führen.

Siehe auch Abschnitt 4.5.

5.2.10.6 Tätigkeiten mit verflüssigten Gasen

Gefährdungen durch verflüssigte Gase

Bei Tätigkeiten mit verflüssigten Gasen müssen Maßnahmen getroffen sein, die verhindern, dass rasch verdampfendes verflüssigtes Gas zu einer Gefährdung führen kann.

Dabei kann es sich insbesondere um Brand- und Explosionsgefahren, um Erfrierungen oder Gefährdungen durch toxische Eigenschaften handeln. Beispielsweise kann dies durch den Bruch eines Kolbens mit flüssigem Ammoniak oder durch detonativen Selbstzerfall von verflüssigtem Acetylen hervorgerufen werden. Undichtigkeiten an Apparaturen können zum Zufrieren von Leitungen und Sicherheitseinrichtungen (Eisbildung, kondensierter Sauerstoff oder Stickstoff beim Einsatz von flüssigem Helium) und zum Bersten von Apparateteilen führen. Unterschätzt werden häufig auch die Gefahren, die von Gasen ausgehen, die die Atmung nicht unterhalten, sondern erstickend wirken. 1 l tiefkalt verflüssigtes Gas, zum Beispiel Stickstoff, ergibt etwa 750 l des Gases bei Normalbedingungen und verdrängt die entsprechende Menge Atemluft. Sinkt durch das Verdampfen solcher Gase der Sauerstoffgehalt in der Raumluft deutlich ab, so besteht die Gefahr der Beeinträchtigung des Bewusstseins, des Reaktionsvermögens und der Handlungsfähigkeit. Bei stark abgesenktem Sauerstoffgehalt besteht darüber hinaus die akute Gefahr einer innerhalb weniger Atemzüge eintretenden Bewusstlosigkeit oder gar des Erstickungstodes. Eine ausreichende Warnwirkung beim Einatmen geht dabei von solchen Gasen nicht aus. Es kann erforderlich sein, Überwachungseinrichtungen, beispielsweise auf den Sauerstoffgehalt der Raumluft oder die ausgetretenen Gase, vorzusehen. Auf Querempfindlichkeiten und Alterung der Sensoren ist dabei zu achten.

Beim Ab- und Umfüllen tiefkalter verflüssigter Gase ist zusätzliche persönliche Schutzausrüstung erforderlich. Insbesondere sind dies Gesichtsschutzschirm, Kälteschutzschürze und flüssigkeitsdichte Kälteschutzhandschuhe.

5.2.11 Druckgasflaschen und Armaturen

5.2.11.1 Brandschutz

Aufstellung von Druckgasflaschen

Druckgasflaschen sind aus Brandschutzgründen grundsätzlich außerhalb der Laboratorien sicher aufzustellen. Bei der Aufstellung im Labor sind in der Regel besondere Schutzmaßnahmen zu ergreifen, dies stets jedoch bei erhöhtem Brandrisiko. Die Gase sind den Arbeitsplätzen durch dauerhaft technisch dichte, fest verlegte Rohrleitungen zuzuführen. Sind solche Schutzmaßnahmen nicht möglich oder zweckmäßig, müssen Druckgasflaschen nach Arbeitsschluss an einen sicheren Ort gebracht werden.

Das Brandrisiko hängt in diesem Zusammenhang insbesondere von der Häufigkeit des Auftretens einer brandwirksamen Zündquelle und der vorhandenen Brandlast ab. Ein erhöhtes Brandrisiko ist zum Beispiel dann anzunehmen, wenn in einem Laboratorium Arbeiten (Reaktionen, Säulenchromatographie, Spülarbeiten, Ab- und Umfüllen, Reinigungsarbeiten und vergleichbare Tätigkeiten) in leichtentzündlichen organischen Lösemitteln durchgeführt werden und gleichzeitig Zündquellen, wie offene Flammen, heiße Oberflächen oder elektrische Geräte, vorhanden sind. Das Brandrisiko wird durch zusätzlich vorhandene Brandlasten weiter erhöht.

Gefahren durch die Aufstellung von Druckgasflaschen in Laboratorien bestehen beispielsweise durch Undichtigkeiten, durch Umstürzen, beim Flaschentransport oder bei Bränden durch Zerknall. Die Gefährdung im



Abbildung 14: Gasentspannungsstation für Laborgase außerhalb des Laborraumes in einem gut gelüfteten Sonderraum

Brandfall ist bei allen Gasarten gegeben. Druckgasflaschen werden daher in Abhängigkeit von der möglichen Brandgefahr beispielsweise geschützt durch Unterbringen in Schränken nach DIN EN 14470-2 „Feuerwiderstandsfähige Lagerschränke – Teil 2: Sicherheitsschränke für Druckgasflaschen", durch Unterbringen in dauerbelüfteten Flaschenschränken nach den Technischen Regeln Druckgase TRG 280 „Allgemeine Anforderungen an Druckgasbehälter; Betreiben von Druckgasbehältern", durch Einrichtungen, die Druckgasflaschen selbsttätig mit Wasser berieseln (beispielsweise nach DIN 14494 „Sprühwasser-Löschanlagen, ortsfest, mit offenen Düsen") oder durch Aufstellen der Druckgasflaschen hinter Feuer hemmender Abtrennung.

5.2.11.2 Warnzeichen

Kennzeichnung von Laboratorien mit Druckgasflaschen

Laboratorien, in denen Druckgasflaschen aufgestellt sind, müssen mit dem Warnzeichen W019 „Warnung vor Gasflaschen" gekennzeichnet sein.

Die Ausführung der Kennzeichnung von Laboratorien, in denen Druckgasflaschen aufgestellt sind, ist in DIN 12001-1 „Sicherheitszeichen im Labor; Warnung vor Gasflaschen" beschrieben.

5.2.11.3 Sicherung gegen äußere Einwirkungen

Mechanische und thermische Einwirkungen

Druckgasflaschen sind gegen mechanische Einwirkungen, insbesondere gegen Umstürzen, zu schützen. Beim Verdampfen von verflüssigten Gasen durch äußere Erwärmung muss eine örtliche Überhitzung vermieden werden. Die Temperatur der Druckgasflasche darf 50 °C nicht überschreiten. Elektrische Temperiereinrichtungen (z. B. Heizbandagen) dürfen auch im Fehlerfall eine Temperatur von 50 °C nicht überschreiten. Gase, die zu gefährlichen Reaktionen in der Flasche neigen, dürfen nicht erwärmt werden.

Druckgasflaschen können gegen Umstürzen beispielsweise durch Ketten, Rohrschellen oder Einstellvorrichtungen gesichert werden.

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

Zur Erleichterung des Verdampfens verflüssigter Gase kann eine vorsichtige äußere Erwärmung beispielsweise durch feuchte, heiße Tücher, temperaturgeregelte Wasserbäder oder durch Berieselung mit warmem Wasser erfolgen.

Gase, die zu gefährlichen Reaktionen neigen, sind beispielsweise Blausäure und 1,3-Butadien.

5.2.11.4 Schutz vor toxischen Gasen

Giftige Gase

Druckgasflaschen mit giftigen, sehr giftigen, krebserzeugenden, erbgutverändernden oder reproduktionstoxischen Gasen müssen im Labor für die Durchführung der Tätigkeiten in Abzügen oder belüfteten Flaschenschränken aufgestellt werden.

Druckgasflaschen sind auf der Flaschenschulter mit einem Etikett mit den Angaben gemäß der Gefahrstoffverordnung gekennzeichnet, die Flaschenfarbe gibt zudem einen Hinweis auf die Gasart.

5.2.11.5 Kennzeichnung von Druckgasflaschen

Kennzeichnung von Druckgasflaschen

Druckgasflaschen müssen die europäische harmonisierte Farbkennzeichnung nach DIN EN 1089-3:2004 tragen sowie eine Kennzeichnung auf der Flaschenschulter. Dies gilt nicht für Flüssiggasflaschen und Feuerlöscher.



Abbildung 15: Druckgasflaschen mit (Acetylen, rechts) und ohne (Wasserstoff, links) Kennzeichnung „N"

Es ist zu beachten, dass diese Farbkennzeichnung neu beschaffter Druckgasflaschen bis zum 1. Juli 2006 auf DIN EN 1089-3 „Ortsbewegliche Gasflaschen – Gasflaschen-Kennzeichnung (ausgenommen Flüssiggas LPG) – Teil 3: Farbcodierung" umgestellt war. Danach sind neu beschaffte Druckgasflaschen nur noch mit dem neuen Farbcode gekennzeichnet. Druckgasflaschen mit neuer Farbkennzeichnung wurden mit einem

„N" auf der Flaschenschulter gekennzeichnet. Die Verpflichtung, diese Zusatzkennzeichnung anzubringen, endete ebenfalls mit der Übergangsfrist 1. Juli 2006, so dass ab diesem Zeitpunkt das „N" entfallen kann und damit farblich nicht unterscheidbare Flaschen unterschiedlichen Inhalts in Gebrauch sein können.

Die neue Kennzeichnung weist einige Unterschiede zur alten auf, beispielsweise sind Acetylen-Druckgasflaschen nicht mehr mit einem gelben, sondern mit einem kastanienbraunen Anstrich versehen. Die gelbe Kennfarbe ist nunmehr für giftige oder korrosive Gase vorgesehen (siehe Tabelle 1). Es können auch zwei Farben bei zwei verschiedenen gefährlichen Eigenschaften angebracht sein.

Leuchtendgrün	„inertes" Gas (ungiftig, nicht korrosiv, nicht brennbar, nicht oxidierend)
Gelb	giftiges oder korrosives Gas
Rot	brennbares Gas
Hellblau	oxidierendes Gas

Tabelle 1: Farbcodes für Druckgasflaschen nach DIN EN 1089-3 „Ortsbewegliche Gasflaschen – Gasflaschen-Kennzeichnung (ausgenommen Flüssiggas LPG) – Teil 3: Farbcodierung"

Einige Gase haben eigene Farbcodes: Acetylen (Kastanienbraun), Sauerstoff (Weiß) und Distickstoffoxid (Blau). Daneben können weitere Unterscheidungen getroffen werden für Argon (Dunkelgrün), Stickstoff (Schwarz), Kohlendioxid (Grau) und Helium (Braun) sowie einige sauerstoffhaltige Gasgemische für den medizinischen Gebrauch (Weiß mit Zusatzfarbe). Siehe auch Abbildung 16.

Gas	Schulterfarbe	Gas	Schulterfarbe
Acetylen	kastanienbraun	Kohlendioxid	grau
Sauerstoff	weiß	Helium	braun
Distickstoffoxid (Lachgas)	blau	**Gas/Gasgemische**	
Argon	dunkelgrün	Synthetische Luft/ Druckluft für Atemzwecke Für Sauerstoffkonzentrationen zwischen 20–23 %	weiß/ schwarz
Stickstoff	schwarz	Gemisch Sauerstoff/ Helium Für alle Sauerstoffkonzentrationen	weiß/ braun

Abbildung 16: Spezielle Farbkennzeichnungen von Druckgasflaschen (die Kennzeichnung mit „N" ist bei neuen Druckgasflaschen nicht mehr verbindlich).

5.2.11.6 Volumenbegrenzung

Kleinflaschen und Gasgeneratoren

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

Bewährt haben sich *lecture bottles*, Kleinstahlflaschen oder Druckgasdosen, um das Gefahrenpotential durch besonders toxische Gase durch Minimierung der Menge zu verringern. Siehe Abb. 18.

Als Alternative für die Versorgung mit Standard-Gasen haben sich auch Gas-Generatoren bewährt. Diese sind beispielsweise für Wasserstoff, Stickstoff und synthetische Luft erhältlich. Werden kleine Mengen toxischer oder reaktiver Gase, wie beispielsweise Chlor, Kohlenmonoxid, Phosgen oder Phosphan(3), benötigt, lassen sich diese häufig auch bedarfsgerecht mit bewährten Labormethoden erzeugen [3].

5.2.11.7 Oxidierende Druckgase

Explosionsgefahren

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. Die Materialien der Druckminderer müssen gegen das zu verwendende Gas ausreichend beständig sein. Für Sauerstoff dürfen nur hierfür zugelassene Manometer verwendet werden.

Stark oxidierende Druckgase, die Öl, Fett, Glycerin und Lösemittelreste in Armaturen, Manometern, Dichtungen und anderen Teilen entzünden können, sind beispielsweise Sauerstoff, Fluor und Distickstoffmonoxid. Gase wie Fluor können bei falscher Materialwahl oder falscher Behandlung zum Brand des Druckminderers führen. Druckminderer für Sauerstoff sind gekennzeichnet und tragen die Aufschrift „Sauerstoff! Öl- und fettfrei halten".

5.2.11.8 Umfüllen von Gasen

Umfüllen

Beim Umfüllen von Gasen in flüssigem Zustand in kleinere Druckgasflaschen muss eine Überfüllung sicher vermieden werden. Der zulässige Füllgrad ist durch Wägen der kleineren Druckgasflaschen zu kontrollieren.

Kann der Füllgrad beim Umfüllen von flüssigen Gasen nicht durch Wägen – beispielsweise bei einer Probenahme – ermittelt werden, so ist ein Teil des verflüssigten Gases nach der Füllung bis zum Erreichen des

notwendigen Gaspuffers nach Punkt 6.4.5 der BG-Information „Füllen von Druckbehältern mit Gasen" (BGI 618) gefahrlos abzulassen. Zur gefahrlosen Ableitung eignen sich beispielsweise Absaugeinrichtungen oder Gasabsorptionstürme.

Hierzu siehe auch Technische Regeln Druckgase TRG 402 „Füllanlagen – Betreiben von Füllanlagen".

5.2.11.9 Gasschläuche

Sicherung von Gasschläuchen

Gasschläuche sind sicher zu befestigen und die Schlauchanschlüsse bzw. Schlauchverbindungen vor Inbetriebnahme auf Dichtheit zu prüfen. Fest eingebundene Schläuche sind der Befestigung des Schlauches auf Schlauchtüllen mit Schlauchschellen oder Schlauchbindern vorzuziehen.

Die Dichtheitsprüfung von Schläuchen und deren Anschlüssen vor Inbetriebnahme kann beispielsweise durch Einpinseln oder Besprühen mit einer geeigneten Detergenzlösung oder einem Lecksuchspray erfolgen.

Hierzu siehe auch DIN 4815-2 „Schläuche für Flüssiggas; Schlauchleitungen", DIN 3017-1 „Schlauchschellen – Teil 1: Schellen mit Schneckentrieb; Form A", DIN 32620 „Schlauchbinder; Spanner und Band" und DIN EN 560 „Gasschweißgeräte – Schlauchanschlüsse für Geräte und Anlagen für Schweißen, Schneiden und verwandte Prozesse".

5.2.11.10 Ventile

Bedienung der Ventile

Ventile von Druckgasflaschen für brennbare und brandfördernde (oxidierende) Gase sind langsam zu öffnen. Zum Öffnen und Schließen der Ventile von Druckgasflaschen dürfen keine drehmomenterhöhenden Werkzeuge verwendet werden. Druckgasflaschen, deren Ventile sich nicht von Hand öffnen lassen, sind außer Betrieb zu nehmen, entsprechend zu kennzeichnen und dem Füllbetrieb zuzustellen. Ventile von Druckgasflaschen sind nach Gebrauch und auch nach dem Entleeren zu schließen.

Durch langsames Öffnen der Ventile soll eine Entzündung dieser Gase bzw. Ventilbrände vermieden werden. Dies gilt grundsätzlich für alle brennbaren und brandfördernden Gase, insbesondere für Wasserstoff, Sauerstoff und Fluor.

Druckgasflaschen mit korrosiven Gasen, wie etwa Chlor, neigen besonders zum „Festfressen" der Ventile.

5.2.11.11 Einleiten von Gasen

Begrenzung von Überdruck

Gase dürfen in Apparaturen nur eingeleitet werden, wenn sichergestellt ist, dass sich in der Apparatur kein unzulässiger Überdruck aufbauen kann. Beim Einleiten von Gasen in Flüssigkeiten müssen Einrichtungen verwendet werden, die ein Zurücksteigen von Flüssigkeiten in die Leitung oder in das Entnahmegefäß sicher verhindern.

Ein unzulässiger Überdruck kann sich beispielsweise bei der Verwendung von Nadelventilen aufbauen, da diese nur „Strömungsbegrenzer", jedoch keine Druckminderer sind. Bewährt haben sich Sicherheitstauchungen oder (gläserne) Überdruckventile.

Das Zurücksteigen von Flüssigkeit beim Einleiten von Gasen kann beispielsweise durch ausreichend bemessene Zwischengefäße verhindert werden. Beim Einbau der Zwischengefäße ist auf die richtige Durchflussrichtung zu achten.



Abbildung 17: Überdruckventil für Glasapparaturen

5.2.11.12 Druckminderer

Druckminderer

Druckgasflaschen müssen, soweit dies möglich ist, mit geeigneten Druckminderern betrieben werden. Manometer dürfen an Druckminderern nur von Fachleuten ausgewechselt werden. Undichte Verschraubungen der Druckminderer dürfen nur angezogen werden, wenn das Flaschenventil geschlossen ist.

Druckminderer müssen besonderen Anforderungen entsprechen. Dies ist bei Geräten mit Prüfzeichen gewährleistet.

Nadelventile und Leckagen

Druckminderer (Druckminder-, Druckreduzierventile) sind nicht für alle Gase erhältlich. Nadelventile sind keine Druckminderer, sie lassen den vollen Flaschendruck auf der Entnahmeseite lasten.



Abbildung 18: Druckminderer und Nadelventil (auf der Flasche)

Als Fachleute für Arbeiten an Druckminderern gelten Personen, die aufgrund ihrer fachlichen Ausbildung, Kenntnisse und Erfahrungen sowie Kenntnis der einschlägigen Bestimmungen die ihnen übertragenen Arbeiten beurteilen und mögliche Gefahren erkennen können. Zur Beurteilung der fachlichen Ausbildung kann auch eine mehrjährige zeitnahe Tätigkeit auf dem betreffenden Arbeitsgebiet herangezogen werden. Als unterwiesene Person gilt, wer über die ihr übertragenen Aufgaben und die möglichen Gefahren bei unsachgemäßem Verhalten unterrichtet und erforderlichenfalls angelernt sowie über die notwendigen Schutzeinrichtungen und Schutzmaßnahmen belehrt wurde. Diese müssen die Anforderungen an eine befähigte Person nach Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV) erfüllen [22].

Siehe auch DIN 477-1 „Gasflaschenventile für Prüfdrücke bis max. 300 bar; Bauformen, Baumaße, Anschlüsse, Gewinde".

5.2.11.13 Dichtheitsprüfung

Dichtheitsprüfung und Lecksuche

Vor Tätigkeiten mit Gasen, durch die eine Gefährdung nicht ausgeschlossen ist, ist die Apparatur dahingehend zu überprüfen, ob überschüssiges Gas nur an der dafür vorgesehenen Stelle entweichen kann.

Dichtungen sind vor dem Aufschrauben einer Sichtkontrolle zu unterziehen. Die Dichtheit der Verschraubungen ist insbesondere bei brennbaren, giftigen oder ätzenden Gasen zu prüfen, vorteilhaft mit Lecksuchspray. Eine Prüfung der Dichtheit kann beispielsweise durch Einpinseln oder Besprühen mit Detergenzlösung oder einem Lecksuchspray erfolgen.

5.2.11.14 Transport

Transporthilfsmittel

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

Geeignete Hilfsmittel sind beispielsweise Flaschentransportwagen. Auf die Kippsicherheit der Transportwagen ist zu achten. Die zur Gasflasche passende Schutzkappe ist vollständig auf das Gewinde zu schrauben. Unbegleiteter Transport im Aufzug ist möglich, sonst ist ein Treppensteiger zu verwenden. Druckgasflaschen sollen nicht gemeinsam mit Personen in Aufzügen transportiert werden.

5.2.11.15 Prüfdatum

Transportverbot und Entleerung

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 beispielsweise zum Füllwerk transportiert werden, ist für den Transport eine Ausnahmegenehmigung erforderlich.

Siehe hierzu auch die Gefahrgutverordnung Straße und Eisenbahn (GGVSE).

5.2.12 Druckgeräte

5.2.12.1 Druckgeräte

Beschaffenheit und Druckableitung

Druckgeräte zur Durchführung bekannter Reaktionen müssen so beschaffen sein, dass sie den aufgrund der vorgesehenen Betriebsweise zu erwartenden mechanischen, chemischen und thermischen Beanspruchungen sicher genügen und dicht bleiben können. Sie müssen insbesondere den zulässigen Betriebsdruck und die zulässige Betriebstemperatur sicher aufnehmen können.

Die Druckableitung muss gefahrlos für die Personen erfolgen. Prüfungen sind nach den Bestimmungen der Betriebssicherheitsverordnung und den dazu gehörigen Technischen Regeln durchzuführen.

5.2.12.2 Versuchsautoklaven

Aufstellung und Betrieb

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 vor Splittern und Wurfstücken sowie vor dem austretenden Inhalt und den Wirkungen möglicher nachfolgender Explosionen geschützt sind. Die Beobachtung der Sicherheits- und Messeinrichtung sowie deren Bedienung müssen von sicherer Stelle aus erfolgen können.

Versuchsautoklaven mit brennbarem oder toxischem Inhalt sind in belüfteten, dem möglichen Druckstoß und dem Impuls umhergeschleuderter Fragmente entsprechend ausgelegten Kammern zu betreiben. Aus einem Autoklaven herausgeschleuderte toxische oder explosionsfähige Gemische mit Luft bildende Gas-, Dampf- oder Staubwolken werden von Schutzwänden nicht zurückhalten. Lediglich bei sehr kleinen Autoklaven kann ein Abzug diese Freisetzung beherrschen. Werden kleine Behälter unter Druck in entsprechend ausgelegten Geräten, beispielsweise einer Mikrowellen-Syntheseapparatur, betrieben, die dem Druckstoß standhalten, so sind die aus einer vorhandenen Druckentlastung abgegebenen Stoffe sicher abzuführen.

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 Anhang 5 Nr. 16 „Druckgeräte aus Glas" und Nr. 19 „Versuchsautoklaven" BetrSichV.

5.2.13 Bombenrohre und Schießöfen

5.2.13.1 Bombenrohre

Verwendung und Schutzmaßnahmen

Abgeschmolzene Bombenrohre dürfen nur dann verwendet werden, wenn sie nicht durch andere, weniger gefährliche Apparaturen ersetzt werden können. Beim Zuschmelzen von Bombenrohren sind geeignete Schutzmaßnahmen zu treffen. Bombenrohre sind sofort nach dem Zuschmelzen in eine Stahlhülse zu legen. Nach dem Versuch dürfen sie erst nach vollständigem Erkalten und nur in der Schutzhülse aus dem

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

Weniger gefährliche Apparaturen sind beispielsweise verschraubbare Aufschlussbomben oder Versuchsautoklaven, die bei Bedarf auch mit gegen die Reaktionsmischung resistenten Einsätzen aus verschiedenen Materialien auszustatten sind. Schutzmaßnahmen können beispielsweise das Kühlen der eingefüllten Reaktionsmischung, das Evakuieren oder das Inertisieren des Bombenrohres sein. Gegen das Verkratzen der Glaswand, die zu einer Schwächung des Bombenrohres führt, hilft das Umwickeln mit einer thermisch ausreichend beständigen, asbestfreien Schnur am oberen und unteren Ende. Die Entnahme erfolgt beispielsweise durch Aufschmelzen, Abschlagen oder Abkneifen der Spitze. In allen Fällen muss die Spitze vom Experimentator abgewandt sein, das Abblasen muss in einen so weit wie möglich geschlossenen Abzug oder direkt in eine Quellenabsaugung erfolgen.

5.2.13.2 Schießöfen

Aufstellung

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

Eine Absicherung der möglichen Flugbahn der Trümmer kann durch Schutzwände erfolgen.

5.2.14 Labor- und Ultrazentrifugen

5.2.14.1 Aufstellung

Sicherer Betrieb

Labor- und Ultrazentrifugen müssen so aufgestellt sein, dass sie sicher betrieben werden können.

Eine sichere Aufstellung von Zentrifugen liegt zum Beispiel dann vor, wenn diese auf einer geeigneten, ebenen Fläche aufgestellt und um die Zentrifuge ein Freiraum von mindestens 30 cm eingehalten wird.

Beim Betrieb von Ultrazentrifugen ist darauf zu achten, dass abfliegende Teile sicher aufgefangen werden. Ist eine Verkleidung aus betriebstechnischen Gründen nicht möglich und eine fangende Schutzeinrichtung nicht vorhanden, so ist die Zentrifuge in einem besonderen Raum (Schutzkammer) aufzustellen, der nur bei Maschinenstillstand betreten werden kann.

Bei der Aufstellung von Zentrifugen ist auf die Lärmbelastung zu achten.

5.2.14.2 Betrieb von Zentrifugen

Verwender und Dokumentation

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

Explosionsschutz

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

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

Siehe 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 61010-2-020:2006)".

Siehe auch BG-/GUV-Regel „Betreiben von Arbeitsmitteln" (BGR 500/GUV-R 500) Abschnitt 2.11 „Betreiben von Maschinen der chemischen Verfahrenstechnik, Teil 3: Zentrifugen" und die Prüfgrundsätze BGG 934 sowie als Regel der Technik für den Altbestand an Zentrifugen auch die zurückgezogene Unfallverhütungsvorschrift „Zentrifugen" (VBG 7z/GUV-V 7z).

5.2.15 Laserstrahlung

Kennzeichnung und Betrieb

Alle Laser müssen entsprechend ihrer Klasse gekennzeichnet werden. Nur bei Klasse 1 und 1M kann die Kennzeichnung entfallen, wenn der Hersteller Hinweise in der Benutzerinformation aufgenommen hat.

Bei Lasern müssen bei offenem Strahlengang je nach Klasse des Lasers Schutzmaßnahmen gegen direkte Einwirkung und gegen Einwirkung durch Streulicht getroffen werden. Laser der Klassen 2, 2M und 3A dürfen nur betrieben werden, wenn der Strahlverlauf deutlich und dauerhaft gekennzeichnet ist. Die Kennzeichnung von Laserbereichen mit Lasern ab der Klasse 2 erfolgt mit dem Warnzeichen W010 „Warnung vor Laserstrahl". Laser der Klassen 3B, 3R und 4 dürfen nur unter zusätzlichen Schutzmaßnahmen betrieben werden. Hierzu zählen Zugangsbeschrän-

kungen und Abschirmung der Laserstrahlen. Das Tragen von Laserschutzbrillen kann erforderlich sein, reflektierende Gegenstände dürfen bei solchen Arbeiten nicht unbeabsichtigt in den Strahlengang gelangen können, insbesondere Schmuck muss abgelegt werden.

Der Betrieb von Lasern der Klasse 3B, 3R und 4 ist dem zuständigen Unfallversicherungsträger und der zuständigen Behörde anzuzeigen. Vor Inbetriebnahme von Lasern der Klasse 3B, 3R und 4 ist ein Laserschutzbeauftragter schriftlich zu bestellen. Die Versicherten sind zu unterweisen.

Laserstrahlung kann eine hohe Gefährdung für Augen und Haut darstellen. Darüber hinaus kann Laserlicht mit hoher Energie im Labor chemische Reaktionen und physikalische Prozesse auslösen und gegebenenfalls zu Materialzerstörungen führen. Außerdem kann Laserlicht eine Zündquelle darstellen.

Laser werden in die Klassen 1, 1M, 2, 2M, 3M, 3R und 4 eingeteilt (siehe hierzu BGV/GUV-V B2 „Laserstrahlung" Durchführungsanweisung zu § 2 Abs. 3 nach neuer DIN EN 60 825-1 (VDE 0837 Teil 1) Ausgabe Oktober 2003) [23]. Laser, die vor dem 01.01.2004 in Betrieb genommen worden sind, können auch nach der alten Nomenklatur bezeichnet werden: 1, 2, 3A, 3B und 4 (nach alter DIN EN 60 825-1 Ausgabe März 1997).

Laboratorien, in denen Laser der Klasse 3B, 3R oder 4 betrieben werden, dürfen nur von entsprechend unterwiesenem Personal betreten werden. Dies kann durch technische Maßnahmen, wie beispielsweise von außen nicht ohne Schlüssel oder Code-Karten zu öffnende Türen, erreicht werden.

Nach dem Betreten von Laserlaboratorien mit Lasern der Klasse 3R, 3B oder 4 sollte eine Schleuse vorhanden sein, in der keine gefährliche Strahlung vorhanden ist und in der die persönliche Schutzausrüstung angelegt werden kann.

Die Laserstrahlung ist in Rohren zu führen oder einzuhausen, im Bereich des Strahlengangs sind reflektierende Oberflächen zu vermeiden.

In Absprache mit dem Laserschutzbeauftragten sind Laserschutzbrillen, Schutzkleidung oder Schutzhandschuhe zur Verfügung zu stellen und zu benutzen.

5.2.16 UV-Strahlung

Aufbau und Betrieb

Ultraviolett-Strahler müssen so angeordnet sein und betrieben werden, dass die Augen und die Haut von Versicherten nicht geschädigt werden und eine gesundheitliche Beeinträchtigung durch Ozon ausgeschlossen ist. Der Einschaltzustand von Ultraviolett-Strahlern muss eindeutig erkennbar sein.

Direkte oder indirekte UV-Exposition kann zu Entzündungen und Verbrennungen der Horn- und Bindehaut führen. Auf der Haut können sonnenbrandartige Verbrennungen hervorgerufen werden. Wiederholte Exposition kann zur vorzeitigen Hautalterung oder sogar Hautkrebs führen. Heiße Oberflächen von UV-Lampen können zu Verbrennungen führen.

Eine Bestrahlung von Personen ist vorzugsweise durch konstruktive oder andere technische Maßnahmen zu vermeiden. In Frage kommt hierfür eine entsprechende Positionierung des UV-Strahlers so, dass kein direkter Sichtkontakt zur Lampe möglich ist und Personen nicht bestrahlt werden. Häufig lassen sich Belichtungsapparaturen – auch nachträglich noch – durch eine sicherheitsgerechte Abschirmung, zum Beispiel aus einer lichtdichten, nicht brennbaren Ummantelung (zum Beispiel Aluminiumfolie), entsprechend abdecken. Bewährt haben sich auch wirksame Verriegelungen, die den UV-Strahler abschalten, sobald eine Abschirmung geöffnet wird.

Lässt sich eine Bestrahlung von Personen auf diese Weise nicht verhindern, ist die einwirkende Dosis zu minimieren. Beispielsweise ist durch Abgrenzung des Strahlungsfeldes bzw. durch Begrenzung der Einschaltzeit oder der Aufenthaltsdauer dafür zu sorgen, dass Ultraviolett-Strahlung auf Versicherte so gering wie möglich einwirkt. Bei Ultraviolett-Schleusen ist es zweckmäßig, den bestrahlten Bereich auf dem Fußboden zu kennzeichnen.

Zum Schutz der Haut kommt das Tragen von Haut bedeckender Schutzkleidung, gegebenenfalls auch die Verwendung von Lichtschutz-Präparaten in Frage.

Bei Arbeiten im Bereich der brennenden Lampe sind auf die Leistung und Wellenlänge der verwendeten Lichtquelle abgestimmte Schutzbrillen oder Gesichtsschutzschirme zu tragen. Das direkte Blicken in die brennende Lampe ist zu vermeiden.

Ozon

Beim Einsatz insbesondere von Hochleistungslampen kann Ozon entstehen. Durch lüftungstechnische Maßnahmen ist dafür zu sorgen, dass der Arbeitsplatzgrenzwert von Ozon unterschritten ist. Neben einer optimierten natürlichen Lüftung kommt hierzu beispielsweise auch

der Betrieb im Abzug oder die Installation einer wirksamen Quellenabsaugung in Frage. Abgesaugte Luft darf dabei nicht in den Arbeitsraum zurückgeführt werden.

Temperatur und Quecksilbergehalt

Ultraviolett-Strahler können sehr heiß werden. Durch Anordnung, Isolation, Kühlung oder hinweisende Sicherheitstechnik ist dafür zu sorgen, dass sich Mitarbeiter nicht verbrennen können. Bei quecksilberhaltigen UV-Strahlern sind Vorkehrungen für den Fall von Glasbruch bzw. zur Abfallentsorgung zu treffen.

5.2.17 Rotationsverdampfer

Betrieb, Peroxidprüfung

Beim Betrieb von Rotationsverdampfern ist auf eine Einhaltung des für das jeweilige Lösemittel vorgeschriebenen Unterdrucks sowie auf eine nicht zu hohe Wasserbadtemperatur zu achten. Besonders niedrig siedende Lösemittel dürfen nur unter Normaldruck abgezogen werden. Lösemittel, die zur Bildung von Peroxiden neigen, müssen vor dem Abdestillieren bis zur Trockene immer auf möglicherweise vorhandene Peroxide geprüft und diese entfernt werden. Zur Reduzierung der Gefahr bei einer Im- oder Explosion des Rotationsverdampfers sind die Geräte vollständig einzuhausen oder alle Glasteile mit Kunststoff zu ummanteln. Bei Verwendung einer automatischen Hebevorrichtung für die Destillationsvorlage ist bei jedem Kolbenwechsel eine Justierung auf die jeweilige Kolbengröße erforderlich. Alle verwendeten Glasgeräte sind vor der Evakuierung auf Unversehrtheit zu prüfen.

Die vorgeschriebenen Unterdrücke sind Angaben der Hersteller, die verhindern sollen, dass gefährliche Zustände durch Siedeverzüge auftreten.

Für das Wasserbad sind in der Regel 60 °C ausreichend. Besonders tief siedende Lösemittel wie Diethylether, n-Pentan und Dichlormethan dürfen nur unter Normaldruck abgezogen werden, da ihre Dämpfe andernfalls nicht vollständig kondensiert werden und die Dämpfe in die Vakuumpumpe gelangen können. Der Kolben soll sich zur Vermeidung von Siedeverzügen möglichst rasch drehen.

Zur sicheren Kondensation der abgezogenen Lösemitteldämpfe hat sich die Kühlung mit Kryostaten bewährt. Allerdings ist in diesem Fall darauf zu achten, dass die Kühlmitteltemperatur stets höher liegt als die Schmelztemperatur des Destillats.

Es hat sich bewährt, direkt am Gerät Siedediagramme und/oder Siedepunktslisten für die gängigen Lösemittel anzubringen.

Zur Erzeugung von Unterdruck sollten ausschließlich Membran- und keine Wasserstrahlpumpen mehr verwendet werden, da bei diesen Lösemitteldämpfe ins Abwasser gelangen können. Die Abluft aus den Membranpumpen ist in einen Abzug einzuleiten.

Bei jedem Wechsel der Sorte des abzudestillierenden Lösemittels ist der Auffangkolben zu entleeren. Andernfalls kann es zu einer Rückverdampfung bereits kondensierten Lösemittels kommen (wenn das kondensierte Lösemittel einen tieferen Siedepunkt oder höheren Dampfdruck besitzt als das neu hinzukommende) oder es kann bei Lösemittelunverträglichkeiten zu gefährlichen Nebenreaktionen kommen (zum Beispiel beim Kontakt von Aceton mit Chloroform).

Als Splitterschutz bei Im- und Explosionen haben sich beispielsweise Lamellenschutzvorhänge aus PVC bewährt, die es erlauben, manuelle Eingriffe am laufenden Gerät bei gleichzeitigem Schutz vor eventuell freiwerdenden Splittern durchzuführen.

Eine Muster-Betriebsanweisung für den Umgang mit Rotationsverdampfern zeigt [2].

5.2.18 Heißluftgebläse

Zündgefahren durch Heißluftgebläse

Heißluftgebläse dürfen nicht in der Nähe brennbarer Flüssigkeiten oder Dämpfe betrieben werden.

Heißluftgebläse (Heißluftföne) erreichen mit bis zu 550 °C annähernd gleiche Temperaturen wie Bunsenbrenner. Dies gilt nicht nur für die Heizdrähte im Innern der Geräte, sondern auch für die Luftaustrittsdüse am vorderen Ende. Es ist daher unbedingt darauf zu achten, dass Heißluftgebläse nicht in der Nähe brennbarer Gegenstände, Flüssigkeiten oder Dämpfe betrieben werden und auch nicht direkt neben derartigen Stoffen abgelegt werden. Heißluftgebläse können durch die starke Luftströmung das Rückhaltevermögen von Abzügen empfindlich stören.

Die Geräte verfügen zum Ab- oder Aufstellen oftmals über aufklappbare Bügel, die jedoch keinen sicheren Stand gewährleisten. Bewährt haben sich zur Ablage stattdessen fest montierte Halterungen direkt am Arbeitsplatz, wie beispielsweise waagrecht angebrachte Stativringe. Zur Verringerung der hohen Brandgefährdung sollen Heißluftgebläse grundsätzlich außerhalb der Abzüge aufbewahrt werden.

5.2.19 Thermostaten

Gefährdungen durch Temperiermedien

Die in Thermostaten enthaltenen Temperiermedien müssen bei der Gefährdungsbeurteilung berücksichtigt werden. Die Möglichkeiten zur Substitution durch weniger gefährliche Medien sind zu prüfen.

5.2.20 Kompressoren und Vakuumpumpen

Aufstellung und Betrieb von Kompressoren und Vakuumpumpen

Kompressoren und Vakuumpumpen sind so aufzustellen, dass sie sicher betrieben werden können. In Arbeitsräumen dürfen Kompressoren und Vakuumpumpen, einschließlich ihrer Ausrüstung, nur aufgestellt werden, wenn durch deren Betrieb eine Lärmgefährdung für die Versicherten nicht gegeben ist. Austretende Gase, Nebel oder Dämpfe mit gefährlichen Eigenschaften sind gefahrlos abzuleiten.

Ein sicherer Betrieb setzt unter anderem voraus, dass die Aufstellung so erfolgt, dass die Kompressoren und Vakuumpumpen ausreichend zugänglich sind und die erforderliche Kühlung gewährleistet ist. Eine ausreichende Zugänglichkeit ist gewährleistet, wenn Kompressoren und Vakuumpumpen so aufgestellt sind, dass sie ohne besondere Erschwernisse betätigt und gewartet werden können.

Die Umgebungstemperatur soll im Allgemeinen bei stationär aufgestellten Kompressoren und Vakuumpumpen mit ölgeschmierten Druckräumen und Luftkühlung 40 °C, bei fahrbaren Anlagen 50 °C nicht überschreiten.

Zur Minderung der Lärmbelästigung kann es sinnvoll sein, Drehschieberpumpen, die lang andauernd an einer Apparatur betrieben werden, in einem Nachbarraum aufzustellen oder eingehaust zu betreiben. Auf eine ausreichende Wärmeabfuhr ist zu achten.

Gase und Dämpfe aus evakuierten Apparaturen sind, soweit sie nicht vollständig kondensiert werden können, zu erfassen und gefahrlos abzuleiten. Ölnebel aus Drehschieberpumpen sollen niedergeschlagen werden.

Siehe auch BG-/GUV-Regel „Betreiben von Arbeitsmitteln" (BGR 500/GUV-R 500) Abschnitt 2.11 „Betreiben von Maschinen der chemischen Verfahrenstechnik, Teil 2: Kompressoren und Vakuumpumpen" sowie als Regel der Technik für den Altbestand an Kompressoren und Vakuumpumpen auch die zurückgezogene Unfallverhütungsvorschrift „Verdichter" (VBG 16/GUV-V 16).

5.2.21 Ultraschall

Geschlossener oder abgesaugter Betrieb

Ultraschallbäder sind geschlossen zu betreiben, wenn durch Aerosolbildung eine Gefährdung hervorgerufen werden kann. Ist dies nicht möglich, so sind diese im Abzug zu betreiben.

Gefahrstoffe und biologische Arbeitsstoffe, beispielsweise bei der Ablösung von Anbackungen, können durch den Ultraschall vernebelt werden und als Aerosole Personen gefährden. Werden chemische Reaktionen in Ultraschallbädern durchgeführt, so ist zu beachten, dass diese beschleunigt ablaufen können.

5.2.22 Mikrowellen

5.2.22.1 Allgemeines

Brand- und Explosionsgefahren

Bei der Beheizung mit Mikrowellengeräten sind mögliche Brand- und Explosionsgefahren zu berücksichtigen.

Substanzen in Mikrowellenöfen erhitzen sich bei entsprechend hoher Absorptionsfähigkeit für Mikrowellenstrahlung sehr schnell. Lösemittel können innerhalb von Sekunden ihren Siedepunkt erreichen. Feststoffe können sich sehr hoch erhitzen, Kohlenstoff – beispielsweise aus überhitztem organischen Material gebildet – schnell bis zur Rotglut, so dass Brandgefahr besteht.

5.2.22.2 Siedeverzüge

Gefahren durch Siedeverzüge

Beim Erhitzen von Flüssigkeiten müssen Siedeverzüge vermieden werden.

Insbesondere bei viskosen Flüssigkeiten, beispielsweise beim Ansetzen von Gelen für die Gelelektrophorese, kann es sonst zu heftigen Siedeverzügen kommen, die stark genug sind, um die Türen gewöhnlicher Haushaltsmikrowellenöfen aus den Scharnieren zu reißen und umherzuschleudern. Zur Vermeidung sollen die Ansatzmengen klein gehalten, Erlenmeyerkolben und Bechergläser zum Ansetzen nur wenige cm hoch gefüllt (die Eindringtiefe, bei der die Leistung auf 50 % abgefallen ist, beträgt bei der meist angewandten Frequenz von 2,454 GHz (λ = 12,2 cm) etwa 2,5 cm), die Leistung und die Heizdauer niedrig gehalten, der Ansatz gelegentlich umgeschwenkt und persönliche Schutzausrüstungen (Brille, Gesichtsschutzschirm, der auch den Halsbereich bis zum geschlossenen Kittel schützt, Handschuhe) getragen werden.

Zu empfehlen ist die Verwendung von Labor-Mikrowellengeräten, die neben der mechanischen Stabilität des Gehäuses auch eine Regelbarkeit der Mikrowellenleistung anstelle der einfachen Taktung bei einfachen Geräten bieten. Vorteilhaft ist auch eine Möglichkeit zum Rühren im Ofeninnenraum.

5.2.22.3 Reaktionen in Mikrowellengeräten

Durchführung von Reaktionen

Die Bedienungsanleitung des Geräteherstellers, insbesondere die Hinweise zur mittleren Standzeit von Druck-Reaktionsgefäßen, müssen beachtet werden. Eine entsprechend stabile Ausführung und Ausstattung der Geräte mit Sensoren zur Druck- und Temperaturüberwachung ist erforderlich.

Werden brennbare Flüssigkeiten erhitzt, so müssen zusätzliche Sicherheitseinrichtungen im Gerät vorhanden sein (beispielsweise eine mechanische Durchlüftung, Ex-Sensor). Werden Apparaturen eingebaut, die aus dem Ofenraum herausragen, so müssen Geräte eingesetzt werden, die entsprechende Durchbrüche mit Dämpfungen für die Strahlung besitzen.

Mikrowellenöfen bieten die Möglichkeit, darin beispielsweise Veraschungen, Trocknungen, Aufschlüsse ohne und unter Druck sowie kontinuierliche und batchweise Synthesen (auch unter Druck) durchzuführen. Viele Reaktionen laufen dabei unerwartet schnell ab, so dass diese bei ungeeigneter Reaktionsführung durchgehen können [24]. Zersetzungsreaktionen können rascher als bei konventioneller Reaktionsführung auftreten und zur Bildung gefährlicher Reaktionsprodukte oder zum Druckaufbau durch Gasbildung führen. Reaktionsgemische in Mikrowellenöfen, deren Feldinhomogenitäten zu ungleichmäßiger Erwärmung führt, müssen besonders intensiv gerührt werden. Reaktionsgemische ohne Lösemittel oder solche, aus denen sich metallische Filme abscheiden können, können durch starke Aufheizung der Wandungen zum Schmelzen oder Bersten von Reaktionsgefäßen führen.

Zusätzliche Sicherheitseinrichtungen im Gerät können beispielsweise eine mechanische Durchlüftung oder ein Ex-Sensor sein. Aufschlüsse unter Druck erfordern speziell dafür ausgelegte Geräte mit zusätzlichen Überwachungsfunktionen. Wenn aus dem Ofenraum im Fall des Abblasens oder Platzens eines Gefäßes Stoffe austreten können, so sollten diese möglichst nicht in den Laborraum gelangen können, sondern erfasst und gefahrlos fortgeführt – erforderlichenfalls vernichtet – werden.

5.2.23 Chromatographie

Gaschromatographie, Flüssigchromatographie

Bei Gaschromatographen mit Elektroneneinfangdetektor müssen die Vorschriften des Strahlenschutzes beachtet werden.

Insbesondere bei der Flashchromatographie ist auf die Dichtheit und Druckstabilität der Anschlüsse zu achten. Die ebenfalls unter Druck stehenden Vorratsgefäße sind zu schützen. Im Fall des Zerknalls ist austretendes Lösemittel aufzufangen und die Umgebung vor umherfliegenden Splittern zu schützen. Kann die Apparatur nicht im Abzug betrieben werden, müssen die freiwerdenden Lösemitteldämpfe sicher abgeleitet werden. Druckstöße sollen vermieden werden. Die Apparatur darf nur beaufsichtigt oder technisch abgesichert betrieben werden.

Aus Gaschromatographen austretende Gefahrstoffe sind wirksam zu erfassen und abzuführen. Siehe Abb. 22.

Gaschromatographen mit Elektroneneinfangdetektor enthalten eine ^{63}Ni-Quelle.

Siehe Strahlenschutzverordnung (StrlSchV).

5.2.24 Roboter und automatisierte Laborgeräte

Laborautomatisierung

An Autosamplern, Handlinggeräten, Screening- und Pipettierautomaten sowie anderen automatisierten Laborgeräten müssen Gefährdungen durch die mechanischen Bewegungen, insbesondere solche von Nadeln und Kanülen, die mit Gefahrstoffen kontaminiert sind, vermieden werden. Erforderlichenfalls müssen Absicherungen durch Lichtschranken, Lichtvorhänge, Abdeckungen und Türen mit Endschaltern und Ähnlichem vorhanden sein. Die Möglichkeit, dass Gefahrstoffe bei Beschädigung von Gebinden austreten, ist zu berücksichtigen.

Auch nur mit geringen Kräften angetriebene Dosier- oder Aufgabeeinrichtungen können zu Gefährdungen durch Stichverletzungen und damit verbundener Kontamination der Wunde führen. Vor Inbetriebnahme hat der Betreiber die Sicherheitshinweise der Bedienungsanleitung zu überprüfen und gegebenenfalls zusätzliche Maßnahmen zu ergreifen. Eine Absicherung gegen Quetsch- und Schergefahren ist nicht erforderlich, wenn durch unmittelbare Sicherheitstechnik (zum Beispiel konstruktive Maßnahmen, Kraftbegrenzung) sichergestellt ist, dass Personen nicht verletzt werden können. Bei der Gefährdungsbeurteilung sind aber immer zusätzlich auch Kontaminationsgefahren durch Gefahrstoffe oder biologische Arbeitsstoffe aufgrund der Möglichkeit von Stichverletzungen zu berücksichtigen.

Siehe hierzu auch DIN EN 61010-2-081/VDE 0411-2-081 „Sicherheitsbestimmungen für elektrische Mess-, Steuer-, Regel- und Laborgeräte: Besondere Anforderungen an automatische und semiautomatische Laborgeräte für Analysen und andere Zwecke".

5.2.25 Elektromagnetische und magnetische Felder

Schutz vor elektromagnetischen und Magnetfeldern

Bereiche mit Quellen elektromagnetischer Strahlung, mit starken Elektro- oder Permanentmagneten sind zu kennzeichnen, der Zugang ist entsprechend zu regeln. Für Bereiche, in denen Versicherte exponiert sein können, dürfen keine unzulässig hohen Feldstärken auftreten. Hierzu können die Unterlagen der Gerätehersteller herangezogen werden. Im Fall modifizierter oder selbst gebauter Geräte ist eine Beurteilung erforderlich. Dazu kann es notwendig sein, die Feldstärken messtechnisch zu bestimmen. Gefahrenbereiche sind mit dem Warnzeichen W12 „Warnung vor elektromagnetischem Feld" oder W13 „Warnung vor magnetischem Feld" (ASR A1.3) zu kennzeichnen. Der Zutritt zu Gefahrenbereichen ist zu beschränken. Die Kurzzeitexpositionswerte sind einzuhalten und persönliche Schutzausrüstungen zu benutzen. Bei der Gefährdungsbeurteilung sind auch die Wirkungen auf Antennen oder ferromagnetische Teile zu berücksichtigen, die zum Eintrag von Energie führen können oder zum Auftreten erheblicher mechanischer Kräfte.

Bereiche mit starken Magneten, beispielsweise für die NMR-Spektroskopie, können merkliche Feldstärken aufweisen. Solche Feldstärken können ebenfalls in benachbarten Räumen – auch oberhalb und unterhalb von Magneten – auftreten.

Siehe hierzu auch die Unfallverhütungsvorschrift „Elektromagnetische Felder" (BGV B11/GUV-V B11) und BG-/GUV-Regel „Elektromagnetische Felder" (BGR B11/GUV-R B11).

Erhebliche Kräfte können auf ferromagnetische Teile ausgeübt werden.

Quenchen von Magneten

Ein Quenchen von Kryomagneten muss verhindert werden, da es hierbei zu einem Verdampfen großer Mengen flüssiger tiefkalter Gase innerhalb kurzer Zeit kommen kann. Dadurch kann es zu Gefährdungen durch den Druckstoß kommen, zudem wird der Sauerstoffgehalt des Raumes durch das verdampfende Gas abgesenkt.

5.2.26 Nadeln und Kanülen

Stichverletzungen

Nadeln sind ohne Berührung mit der Hand in Nadelcontainern zu entsorgen. Kanülen sollen nicht ohne geeignete Hilfsvorrichtungen in die Schutzhülle zurückgesteckt werden.

Beim Umgang mit Spritzen und Kanülen kann es zu Stichverletzungen kommen. Handschuhe aus schnittfesten Geweben bieten gegen Stiche oft nur einen geringen Schutz. Neben der Infektionsgefahr besteht auch die Gefahr der Inkorporation von Gefahrstoffen. Einwegartikel sind vorteilhaft, wenn sie für den beabsichtigten Zweck ausreichend beständig sind. Kanülen, Nadeln und Septen lassen sich in manchen Fällen auch durch Gewinderohre und Schläuche ersetzen. Schläuche aus PTFE, aber auch aus Polyethylen sind bei kleinem Durchmesser und ausreichender Steifigkeit meist gut geeignet. Siehe hierzu auch [25].

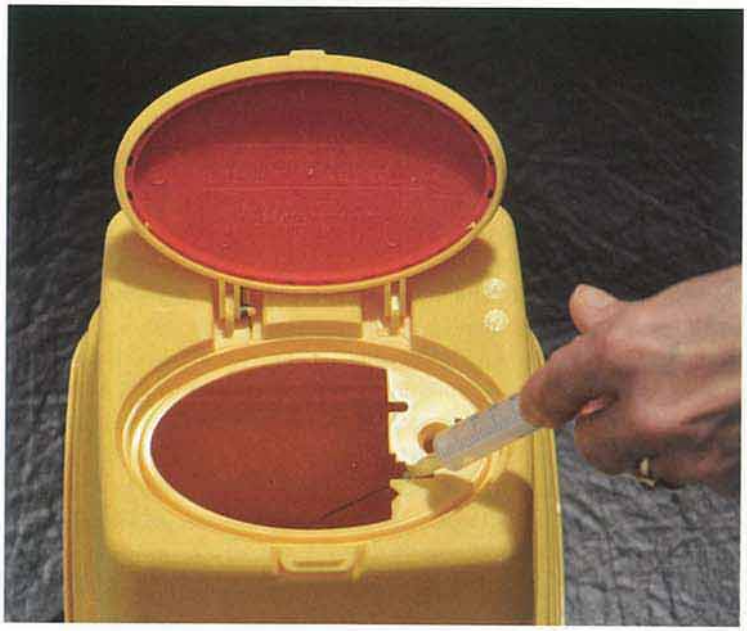


Abbildung 19: Nadelabwurfcontainer

6 Technische Schutzmaßnahmen

6.1 Vermeiden von Gefährdungen durch technische Schutzmaßnahmen

Sicherheit durch Laborbau und -gestaltung sowie Arbeitsmittel

Gefährdungen in Laboratorien werden ganz wesentlich dadurch vermieden, dass die Arbeitsplätze in geeigneter Weise gestaltet und ausgerüstet sind. Hierzu zählen die baulichen Maßnahmen, die Gebäudeinfrastruktur, die Laboreinrichtung und die Beschaffenheit der Geräte, Apparate und sonstigen Arbeitsmittel.

Ungünstig gestaltete Arbeitsplätze in Laboratorien erhöhen die Unfallgefahr und tragen zum unbeabsichtigten Freiwerden von Gefahrstoffen bei.

Siehe § 8 Gefahrstoffverordnung.

6.2 Arbeitsplatzgestaltung

6.2.1 Bedien- und Verkehrsflächen

Abstände

Bedien- und Verkehrsflächen müssen ausreichend bemessen sein.

Abstände zwischen Arbeitsflächen oder Geräten werden in DIN EN 14056 „Laboreinrichtungen – Empfehlungen für Anordnung und Montage" empfohlen. Hierbei handelt es sich um Mindestmaße. Die Abstände sind zu vergrößern, wenn beispielsweise

- der Raum zwischen zwei Arbeitsflächen nicht nur als Bewegungsraum der dort unmittelbar Tätigen, sondern auch als Verkehrsweg für andere Personen dient,
- besondere Arbeitsbedingungen vorliegen, beispielsweise 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.

Der Abstand ist ebenfalls zu verbreitern, wenn der Raum beispielsweise durch Hocker, herausziehbare Schreibplatten, Gerätewagen, Racks oder Unterbauten dauerhaft eingeengt wird (Abbildung 20). Wartungsgänge, beispielsweise zwischen zwei Reihen von sich mit den Rückseiten gegenüberstehender Gaschromatographen, dürfen auch eine geringere

Breite als 0,90 m haben. Reine Verkehrswege ohne Bedienflächen müssen mindestens 0,90 m breit sein.

Innerbetriebliche Transportwege sind möglichst frei von Hindernissen wie z. B. Treppen zu halten.



Abbildung 20: Laborflucht

Siehe auch DIN EN 12128 „Biotechnik – Laboratorien für Forschung, Entwicklung und Analyse – Sicherheitsstufen mikrobiologischer Laboratorien, Gefahrenbereich, Räumlichkeiten und technische Sicherheitsanforderungen".

6.2.2 Flucht- und Rettungswege

Zahl und Art der Flucht- und Rettungswege

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

Es ist zu empfehlen, in jedem Laborraum eine zweite Fluchtmöglichkeit einzurichten (siehe auch Bauordnungen der Länder). Die maximale Fluchtweglänge darf 25 m nicht überschreiten.

Siehe hierzu auch Arbeitsstätten-Richtlinien ASR A2.3 „Fluchtwege, Notausgänge, Flucht- und Rettungsplan".

6.2.3 Türen

Anordnung und Beschaffenheit von Türen

Türen von Laboratorien müssen in Fluchtrichtung aufschlagen und mit einem Sichtfenster ausgerüstet sein. Schiebetüren sind für Laboratorien nicht zulässig. Labortüren sind geschlossen zu halten.

Die erforderliche Laufbreite vorbeiführender Verkehrswege darf durch geöffnete Türen nicht eingeengt werden. Dies kann beispielsweise durch das Zurücksetzen der Labortür in den Raum erreicht werden. Das Sichtfenster soll eine ungehinderte Sicht von innen nach außen und umgekehrt ermöglichen. Brandschutz- und Rauchabschlusstüren dürfen nicht festgestellt werden, da sich im Brandfall der giftige Rauch mit hoher Geschwindigkeit im Gebäude und den Fluchtwegen verteilt. Müssen solche Türen dennoch offen stehen, so darf dieses nur durch eine bauaufsichtlich zugelassene Feststelleinrichtung erfolgen. Es hat sich bewährt, Türschließer einzusetzen.

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

Siehe auch § 3 Arbeitsstättenverordnung mit zugehörigen Arbeitsstätten-Richtlinien ASR A2.3 „Fluchtwege und Notausgänge, Flucht- und Rettungsplan".

6.2.4 Fußböden

Dichtheit und Beständigkeit

Fußböden oder deren Beläge sowie hindurchgehende Leitungsdurchführungen müssen wasserdicht sein.

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

Siehe Arbeitsstätten-Richtlinien ASR 8/1 „Fußböden".

6.2.5 Lüftung

6.2.5.1 Lüftungsanlagen

Beschaffenheit, Betrieb und Kennzeichnung der Raumlufttechnik

Laboratorien müssen mit ausreichenden, jederzeit wirksamen technischen Lüftungseinrichtungen ausgerüstet sein. Die Zuluft muss erforderlichenfalls erwärmt und zugfrei zugeführt werden können. Die Abluft darf ganz oder teilweise über die Abzüge geführt werden, wenn dabei die volle Leistung der Abzüge erhalten bleibt. Ein Luftwechsel von 25 m^3/h pro m^2 Nutzfläche des Labors kann dann reduziert oder auch eine natürliche Lüftung eingesetzt werden, wenn die Gefährdungsbeurteilung ergibt, dass diese Maßnahme für die vorgesehenen Tätigkeiten dauerhaft ausreichend und wirksam ist. In Laboratorien, die mit einem geringeren Luftwechsel als den geforderten 25 m^3/m^2 in der Stunde betrieben werden, sind Tätigkeiten beispielsweise mit brennbaren Flüssigkeiten oder sonstigen leicht flüchtigen, staubenden oder Aerosole bildenden Gefahrstoffen nur in kleinstem Maßstab möglich, wenn nicht andersartige zusätzliche Schutzmaßnahmen ergriffen werden. Solche Nutzungseinschränkungen für Laboratorien sind zu dokumentieren und vom Unternehmer jedem – auch nachfolgenden – Verantwortlichen bekannt zu geben. Solche Laboratorien mit während der Arbeitszeit nach unten abweichendem Luftwechsel müssen am Eingang mit „Achtung: Reduzierter Luftwechsel!" gekennzeichnet werden. Im Einzelfall kann die Gefährdungsbeurteilung auch einen höheren Luftwechsel erfordern. Es muss sichergestellt sein, dass Abluft mit gefährlicher Menge oder Konzentration von Gefahrstoffen nicht wieder in Arbeitsbereiche gelangen kann. Ist es zur Aufrechterhaltung einer funktionsfähigen Lüftung erforderlich, die Türen geschlossen zu halten, so ist hierfür Sorge zu tragen, dass diese nicht offen stehen.

Die Zu- und die Abluft müssen so geführt werden, dass der Laborraum vollständig gespült wird. Die falsche Auslegung oder Installation der Anlage kann zu strömungstechnischen Kurzschlüssen führen, die Bereiche des Laborraumes ungespült lässt. Lüftungsanlagen, die DIN 1946-7 „Raumlufttechnik; Raumlufttechnische Anlagen in Laboratorien (VDI-Lüftungsregeln)" entsprechen, sind ausreichend. Die zugeführte Luftmenge ist so zu bemessen, dass – wenn nicht durch Gefährdungsbeurteilung anderweitig festgelegt – mindestens 25 $m^3/(m^2h)$ (bezogen auf die Hauptnutzfläche, nach neuer Norm auf die Nutzfläche) erreicht werden; dies entspricht bei 3 m lichter Raumhöhe stündlich einem etwa achtfachen Luftwechsel. Zu Abzügen, siehe auch DIN EN 14175 „Abzüge" und Abschnitt 6.3.1. Die regelmäßige Wartung und Reinigung der lüftungstechnischen Anlage verhindert Hygieneprobleme durch Verkeimung. Der Luftwechsel kann beispielsweise dann reduziert oder eine natürliche Lüftung eingesetzt werden, wenn die Gefährdungsbeurteilung ergibt, dass diese Maßnahme für die vorgesehenen Tätigkeiten dauerhaft ausreichend und wirksam ist. Sind die Nutzungsänderungen

nicht ausreichend vorhersehbar (etwa in Forschungslaboratorien), ist hiervon abzuraten.

Zur Lüftung siehe auch BG-Information „Laborabzüge" (BGI 850-2).

Örtliche Absaugungen

Zur Emissionsminderung an der Quelle werden örtliche Absaugungen empfohlen. Örtliche Absaugungen können verhindern, dass Emissionen in die Laborluft gelangen. Diese funktionieren jedoch nur in unmittelbarer Nähe der Eintrittstelle der Luft (siehe Abbildung 21).



Abbildung 21: Isotachen der einströmenden Luft um die Öffnung einer örtlichen Absaugung herum. Bereits bei einem Abstand in Höhe des Durchmessers d des Rohres ist die Einströmgeschwindigkeit auf weniger als 10 % abgesunken und die Erfassung damit nicht mehr gegeben. Die Wirksamkeit kann durch außen an der Öffnung angebrachte Flansche erhöht werden.

Solche örtlichen Absaugungen sind kein Ersatz für Abzüge, können jedoch unter bestimmten Bedingungen sinnvoll eingesetzt werden. Ein Beispiel, bei dem der austretende Gasstrom gut erfasst und fortgeführt wird, zeigt Abbildung 22.

Essen, beispielsweise über Atomabsorptionsspektrometern, müssen daher sehr genau dimensioniert und ausgerichtet werden, um eine möglichst vollständige Erfassung des durch die Thermik gerichteten Abgasstromes zu erreichen. Querströmungen im Raum müssen hier vermieden werden.

Siehe BG-Information „Gefährdungsbeurteilung im Labor" (BGI 850-1), Abschnitt 3.4.4.11, 3.6.1.13, 3.7.1.1



Abbildung 22: Beispiel für eine örtliche Absaugung an einem Gaschromatographen

6.2.5.2 Umluft

Umluftbetrieb

Umluft ist zur Raumlüftung nur zulässig, wenn keine gefährliche Konzentration von Gefahrstoffen auftreten kann. Gemäß § 11 Abs. 4 GefStoffV darf in Arbeitsbereiche, in denen Tätigkeiten mit krebserzeugenden, erbgutverändernden oder fruchtbarkeitsgefährdenden Stoffen der Kategorie 1 oder 2 durchgeführt werden, abgesaugte Luft nur zurückgeführt werden, wenn sie unter Anwendung behördlicher oder berufsgenossenschaftlich anerkannter Verfahren oder Geräte ausreichend gereinigt ist.

6.3 Absaugeinrichtungen

6.3.1 Abzüge

6.3.1.1 Schutzziele

Schutzziele, Beschaffenheit und Anforderungen

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 gegen verspritzende gefährliche Stoffe oder umherfliegende Glassplitter geschützt sind.

Es ist zu beachten, dass sich das Rückhaltevermögen von Abzügen bei großen thermischen Lasten in nicht vorhersehbarer Weise verändern kann. Abgesaugte Umhausungen und abgesaugte Arbeitsplätze sind keine Abzüge, da einige der oben genannten Schutzziele hiermit nicht erreicht werden. Für bestimmte Arbeiten kann die Gefährdungsbeurteilung jedoch ergeben, dass hierdurch ein ausreichendes Schutzniveau erreicht wird.

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

Zu Abzügen siehe auch Abschnitt 4.11.1 sowie DIN EN 14175 „Abzüge", für davor gebaute Abzüge auch DIN 12924-1:1991 „Laboreinrichtungen; Abzüge; Abzüge für allgemeinen Gebrauch, Arten, Hauptmaße, Anforderungen und Prüfungen", jetzt DIN EN 14175 „Abzüge". Für Abzüge zum Abrauchen von Perchlorsäure, von Schwefelsäure, für Arbeiten mit Flusssäure siehe DIN 12924-2:2007 „Laboreinrichtungen – Abzüge – Teil 2: Abrauchabzüge". Abzüge nach DIN EN 14175-1:2003, -2:2003, -3:2004, -4:2004 und -6:2006 „Abzüge" sind in der Regel als geeignet anzusehen, wenn die in der BG-Information „Laborabzüge" (BGI 850-2) festgelegten Kriterien für das Rückhaltevermögen und die lufttechnische Prüfung erfüllt sind.

Eine Musterbetriebsanweisung gibt [2] wieder.

Siehe auch BG-Information „Laborabzüge" (BGI 850-2).

6.3.1.2 Werkstoffe

Beständigkeit von Abzügen und Kanälen

Abzüge müssen aus Werkstoffen bestehen, die den zu erwartenden mechanischen, chemischen und thermischen Beanspruchungen bei bestimmungsgemäßem Gebrauch standhalten. Abzugsrohre und -kanäle müssen so beschaffen und ausgelegt sein, dass sie nicht zur Brandübertragung beitragen können. Fenster von Abzügen müssen mit Sicherheitsglas, vorzugsweise Verbund-Sicherheitsglas, oder geeignetem Kunststoff ausgerüstet sein.

Insbesondere bei Perchlorsäureabzügen ist die Spalt- und Rissfreiheit von besonderer Bedeutung, damit keine Perchlorsäure unerkannt in oxidierbare Teile des Korpus (Spanplatte) gelangt. Sie müssen gut zu reinigen sein.

Innerhalb des Leitungszuges können zusätzlich Brandschutzklappen erforderlich sein. Neben der Brandübertragung ist auch die Korrosionsbeständigkeit zu beachten. Das Einbringen von korrosiven Gasen, Dämpfen

und Nebeln kann besonders bei Blechkanälen zur Korrosion und zum Undichtwerden beitragen, Sensoren und Klappen werden beschädigt. Neben der Vermeidung des Einbringens können in begründeten Fällen auch Wäscher das Abluftsystem schützen. Bei Perchlorsäureabzügen sind effiziente Spüleinrichtungen für die Kanäle auch hinter Wäschern erforderlich. Solche Kanäle sollen auf möglichst kurzem Weg aus dem Gebäude führen.

Siehe hierzu auch Abschnitt 4.11.1.

Bei Explosionen im Abzug werden oft Splitter und Apparateteile umhergeschleudert, die ungeeignete Scheiben durchschlagen können. Auch Seitenfenster und -wände dürfen kein Fensterglas enthalten, da dieses leicht birst und zudem in Form scharfer Splitter zu schweren Verletzungen führen kann.

6.3.1.3 Druckentlastung

Schadenbegrenzung durch Druckentlastung

Abzüge müssen mit Einrichtungen ausgerüstet sein, die eine Druckentlastung ermöglichen. Die Druckentlastungseinrichtung darf nicht zu einer Gefährdung von Personen führen.

Geeignete Druckentlastungseinrichtungen sind beispielsweise lose eingelegte Platten geringen Gewichtes, die gegen Fortfliegen gesichert sind. Abzüge nach DIN EN 14175-1 bis -4 „Abzüge" sind in der Regel als geeignet anzusehen, wenn sie eine solche Druckentlastungseinrichtung besitzen.

6.3.1.4 Frontschieber

Beschaffenheit

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. Auch bei geschlossenem Frontschieber muss eine ausreichende Luftzufuhr erhalten bleiben. Das Schließen des Frontschiebers darf keine Verletzungsgefahr mit sich bringen.

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



Abbildung 23: Abzug mit geteiltem Frontschieber

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

Hinsichtlich Kennzeichnung siehe auch DIN 4844 „Sicherheitskennzeichnung".

Bei geschlossenem Frontschieber kann der Volumenstrom bei geregelten Abzügen (variable air volume flow – VAV) geringer sein, damit kann sich durch die geringere Durchspülung die Explosionsgefahr erhöhen. Verletzungsgefahren entstehen beispielsweise durch Quetschstellen.

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

6.3.1.5 Überwachung der lufttechnischen Funktion

Überwachung und Alarmierung der Funktion

Die einwandfreie lufttechnische Funktion jedes Abzuges muss durch eine selbsttätig wirkende Einrichtung überwacht sein. Im Fehlerfall muss eine optische und akustische Alarmierung erfolgen. Das optische Signal muss den Abzügen eindeutig zugeordnet und darf nicht abstellbar sein. Eine Meldeleuchte für den Einschaltzustand des Lüftermotors oder den Unterdruck des Abluftsystems reicht nicht aus. Das akustische Signal

muss im gesamten Laborraum jederzeit bemerkt werden können. Bei zentral geschalteten Abzügen muss sichergestellt sein, dass der Betriebszyklus den Versicherten bekannt ist. Überwachungseinrichtungen dürfen nicht mit einfachen Mitteln manipuliert oder außer Kraft gesetzt werden können.

Bei älteren Abzügen ohne selbsttätig wirkende Überwachungseinrichtung ist die ordnungsgemäße Funktion der Absaugeinrichtungen durch organisatorische Maßnahmen sicher zu stellen. Zusätzlich sind vor den Abluftöffnungen Anzeigeeinrichtungen für die Luftströmung anzubringen und funktionsfähig zu halten. Dies können z. B. Windrädchen sein.

Es ist zu empfehlen, die optische Anzeige mittels großer, auffälliger Leuchten, vorzugsweise Blinkleuchten, vorzunehmen, damit diese nicht übersehen wird.

6.3.1.6 Entnahmestellen

Betätigung und Kennzeichnung

In Abzügen fest installierte Entnahmestellen für flüssige oder gasförmige Stoffe müssen von außen betätigt werden. Die Zuordnung der Griffe von Armaturen und Entnahmestellen zu den Medien muss eindeutig erkennbar sein.

Die Art des Stoffes, für den die Entnahmestelle verwendet wird, muss eindeutig festgestellt werden können. Siehe hierzu auch DIN EN 13792 „Farbige Kennzeichnung von Laborarmaturen". Es empfiehlt sich, um Verwechslungen zu vermeiden, den Namen des Mediums anzugeben.

Siehe auch Abschnitt 6.5.2.

6.3.2 Absaugboxen mit Luftrückführung

Beschaffenheit und Einsatzbegrenzungen

Absaugboxen mit Luftrückführung müssen so beschaffen sein und betrieben werden, dass keine Gefährdungen auftreten. Diese Geräte sind in der Regel nur für Tätigkeiten mit kleinen Mengen und nicht für Tätigkeiten mit sehr giftigen, krebserzeugenden, erbgutverändernden oder reproduktionstoxischen Stoffen sowie nicht für Tätigkeiten mit Niedrigsiedern (Siedepunkt ≤ 65 °C) geeignet. Um das Rückhaltevermögen der Filter sicherzustellen, bedürfen diese einer besonders sorgfältigen Wartung und Sachkenntnis der Benutzer.

Zu den Gefährdungen siehe auch Abschnitt 6.3.1.

Da die Aufnahmekapazität der Filter begrenzt ist, dürfen nur so geringe Mengen an Stoffen gehandhabt werden, dass jederzeit eine vollständi-

ge Aufnahme möglich ist. An den Filtern adsorbierte Stoffe können bei Beaufschlagung mit einem anderen Stoff in kurzer Zeit desorbiert und freigesetzt werden. Eine regelmäßige Wartung und ein rechtzeitiger Filterwechsel sind unverzichtbar. Zusätzliche Gefährdungen können durch Filterwechsel und Brand im Filter möglich sein.

Siehe DIN 12927 „Laboreinrichtungen – Absaugboxen mit Luftrückführung – Anforderungen, Prüfungen".

Für die Anforderungen an den Betrieb von Sicherheitswerkbänken mit Luftrückführung für Arbeiten mit krebserzeugenden oder erbgutverändernden Zytostatika siehe behördlich und berufsgenossenschaftlich anerkanntes Verfahren nach § 11 Abs. 4 Gefahrstoffverordnung im Merkblatt M 620 „Sichere Handhabung von Zytostatika" der Berufsgenossenschaft für Gesundheitsdienst und Wohlfahrtspflege/GUV-Information „Zytostatika im Gesundheitsdienst – Informationen zur sicheren Handhabung von Zytostatika" (GUV-I 8533) sowie DIN 12980 „Laboreinrichtungen – Sicherheitswerkbänke für Zytostatika".

6.4 Arbeitstische und deren Stauräume

6.4.1 Arbeitstische

Beschaffenheit, Spritzschutz

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 einer Höhe von mindestens 175 cm ein Spritzschutz erforderlich.

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

Siehe hierzu auch DIN EN 13150 „Arbeitstische für Laboratorien – Maße, Sicherheitsanforderungen und Prüfverfahren".

6.4.2 Stauräume für Gefahrstoffabfälle

Beschaffenheit, Lüftung, Erdung

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. Das Innere

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

Eine Möglichkeit ist die Aufbewahrung in Sicherheitsschränken, die DIN EN 14470-1 „Feuerwiderstandsfähige Lagerschränke – Teil 1: Sicherheitsschränke für brennbare Flüssigkeiten" entsprechen.

Es ist zu empfehlen, eine Erdungsmöglichkeit für die Ableitung elektrostatischer Aufladungen vorzusehen (siehe auch Abschnitt 4.12.2). Die Ablufteinrichtung soll in der Lage sein, die beim Eingießen aus dem Gebinde verdrängten Dämpfe zu erfassen.

Dimensionierung und technische Ausstattung der Ablufteinrichtung sowie die schwer entflammbare Auskleidung ist abhängig vom Ergebnis der Gefährdungsbeurteilung für die Entsorgung der Gefahrstoffe.

6.5 Zuführungsleitungen und Armaturen

6.5.1 Zuführungsleitungen

Beschaffenheit und Kennzeichnung

Für die ständige Zuführung flüssiger und gasförmiger Stoffe zu den Labortischen und Abzügen müssen fest verlegte, auf Dichtheit geprüfte Leitungen vorhanden sein. Fest verlegte Zuführungsleitungen müssen eindeutig und dauerhaft gekennzeichnet sein.

Diese Leitungen müssen auf Dauer technisch dicht sein. Eine Ausrichtung muss an den Korrosions- und Schwingungsanforderungen erfolgen. Für Trinkwasserleitungen siehe DIN 1988 „Technische Regeln für Trinkwasser-Installationen (TRWI)" und DIN 18381 „VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen; Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) – Gas-, Wasser- und Entwässerungsanlagen innerhalb von Gebäuden".

Eine eindeutige und dauerhafte Kennzeichnung wird in der Regel erreicht, wenn die Zuführungsleitungen durch Farbanstrich, Aufschrift oder Schilder nach DIN 2403 „Kennzeichnung von Rohrleitungen nach dem Durchflussstoff" gekennzeichnet sind (siehe Tabelle 2).

Siehe auch Abschnitt 4.1 DVGW-Arbeitsblatt G 621 „Gasanlagen in Laboratorien und naturwissenschaftlich-technischen Unterrichtsräumen; Installation und Betrieb".

Grün	Wasser
Rot	Wasserdampf
Grau	Luft
Gelb oder Gelb mit Zusatzfarbe Rot	brennbare Gase
Schwarz oder Gelb mit Zusatzfarbe Schwarz	nichtbrennbare Gase
Orange	Säuren
Violett	Laugen
Blau	Sauerstoff
Braun oder Braun mit Zusatzfarbe Rot	brennbare Flüssigkeiten
Schwarz oder Braun mit Zusatzfarbe Schwarz	nichtbrennbare Flüssigkeiten

Tabelle 2: Farben für die Kennzeichnung von Zuführungsleitungen

6.5.2 Absperrarmaturen

Absperrarmaturen für Brenngase und andere Medien

Jede Brenngasleitung, die zu einer oder mehreren nebeneinander liegenden Entnahmestellen führt, muss gesondert absperrbar sein. Die Absperreinrichtung muss leicht erreichbar und jederzeit zugänglich sein. Zusätzlich muss eine weitere Absperreinrichtung an sicherer Stelle vorhanden sein. Stellteile dieser Absperreinrichtung 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. Stellteile von Laborarmaturen müssen nach dem Durchflussstoff gekennzeichnet sein.

Es wird empfohlen, für alle Medien Hauptabsperreinrichtungen vorzusehen. Bei großen Laboratorien kann es erforderlich sein, die Notabsperrung von mehreren Stellen aus betätigen zu können. Zwischenabsperrungen sind, sofern sie verwechselt werden können, beispielsweise durch einen Farbanstrich oder durch Beschriftung zu kennzeichnen. Das Stellteil für die Hauptabsperreinrichtung kann beispielsweise ein Schalter für eine Fernauslösung sein.

Siehe DIN 3537-1 „Gasabsperrarmaturen bis PN 4; Anforderungen und Anerkennungsprüfung", DVGW-Arbeitsblatt G 621 „Gasanlagen in Laboratorien und naturwissenschaftlich-technischen Unterrichtsräumen; Installation und Betrieb", DIN 18381 „VOB Vergabe- und Vertragsordnung

für Bauleistungen; Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV); Gas-, Wasser- und Entwässerungsanlagen innerhalb von Gebäuden" und DIN 12918-2 „Laboreinrichtungen – Laborarmaturen – Teil 2: Entnahmestellen für Brenngase".

Kennzeichnung

Für die Charakterisierung des Mediums ist die Stirnfläche des Stellteiles der Armatur in drei Zonen unterteilt (siehe Abbildung 24).



Abbildung 24: Farbige Zonen des Armaturen-Stellteils

Die Farbe der äußersten Zone des Stellteiles, häufig die Farbe des gesamten Stellteiles ohne die Stirnflächen, bestimmt im Wesentlichen die Art des Mediums (siehe Tabelle 3). Auf den Stirnflächen können zwei zusätzliche Farben oder ein Kurzzeichen (Abkürzung oder Summenformel) das Medium präzisieren, beispielsweise eine Farbcodierung „Gelb-Weiß-Grün" mit der Formel C_2H_2 oder „Schwarz-Rot-Gelb" mit der Formel H_2S.

Grün	Wasser
Gelb	brennbare gasförmige Kohlenwasserstoffe
Rot	sonstige brennbare Gase
Blau	unbrennbare (auch verbrennungsfördernde) Gase
Schwarz	toxische Gase
Grau	Vakuum
Weiß	sonstige Medien

Tabelle 3: Farbkennzeichnung (äußere Zone der Stellteile) von Laborarmaturen

Die Kennfarben der Laborarmaturen sind nicht deckungsgleich mit denen der Rohrleitungen und denen der Druckgasflaschen.

Siehe DIN EN 13792 „Farbige Kennzeichnung von Laborarmaturen".

6.5.3 Abflussleitungen

Geruchsverschlüsse

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

Das Austrocknen der Geruchsverschlüsse ist zu vermeiden. Gerüche aus der Kanalisation können Gerüche mit Warnwirkung aus dem Labor überdecken.

Siehe DIN 19541 „Geruchverschlüsse für besondere Verwendungszwecke – Anforderungen und Prüfverfahren".

6.6 Notduschen

6.6.1 Körpernotduschen

6.6.1.1 Wasserdurchsatz und Standort

Wasserdurchsatz und Standort

In Laboratorien müssen mit Wasser – möglichst von Trinkwasserqualität – gespeiste Körpernotduschen am Ausgang installiert sein. Sie sollen alle Körperzonen sofort mit ausreichenden Wassermengen überfluten können. Hierfür sind mindestens 30 l Wasser pro Minute erforderlich.

Trinkwasser ist auch nach Führung über einen Rohrtrenner oder freien Auslauf (siehe DIN EN 1717) zur Speisung von Notduschen zulässig. Für eine ausreichende und genügend schnelle Dekontamination und für die Löschung von Personenbränden sind bei Labor-Körpernotduschen mindestens 30 l Wasser pro Minute erforderlich.

Siehe DIN EN 15154-1 „Sicherheitsnotduschen – Teil 1: Körperduschen mit Wasseranschluss für Laboratorien". Laboratorien befinden sich nicht im Geltungsbereich von DIN VDE 0100-701 „Errichten von Niederspannungsanlagen – Anforderungen für Betriebsstätten, Räume und Anlagen besonderer Art – Teil 701: Räume mit Badewanne oder Dusche".

An Körpernotduschen 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.

Von jedem Ort des Labors sollte eine Körpernotdusche innerhalb von höchstens 5 s zu erreichen sein. Die genaue Lage der Notdusche ist vom Ergebnis der Gefährdungsbeurteilung abhängig.

Eine Temperierung des Wassers auf Temperaturen oberhalb der Raumtemperatur ist wegen der Gefahr der Verkeimung nicht geeignet. Bei der Installation ist darauf zu achten, dass Wasser nach Möglichkeit nicht längere Zeit in den Zuführungsleitungen stagniert und nicht durch Wärmeeinwirkung von außen über Raumtemperatur gebracht wird.

Zur Funktionsprüfung von Körpernotduschen siehe Abschnitt 7.2.

6.6.1.2 Kennzeichnung

Kennzeichnung des Standorts

Der Standort von Körpernotduschen muss durch das Rettungszeichen „Notdusche" gekennzeichnet sein. Der Zugang ist ständig freizuhalten.

Eine gute und rasche Erreichbarkeit muss ständig gegeben sein. Es kann zum Beispiel hilfreich sein, den Boden unter der Notdusche durch eine auffällige Markierung (schwarz-gelb schraffierte Fläche) gegen Zustellen zu sperren.

6.6.2 Augennotduschen

6.6.2.1 Allgemeine Anforderungen

Anforderungen, feste und bewegliche Augennotduschen

In Laboratorien müssen – möglichst im Bereich der Körperdusche oder am Ausgussbecken – mit Wasser von Trinkwasserqualität gespeiste Augennotduschen so installiert sein, dass diese von jedem Arbeitsplatz aus unverzüglich erreichbar sind. Sie sollen beide Augen sofort mit ausreichenden Wassermengen spülen können. Das Stellteil der Ventile muss leicht erreichbar, verwechslungssicher angebracht und leicht zu betätigen sein. Ventile dürfen, einmal geöffnet, nicht selbsttätig schließen. Abweichend sind als Augennotduschen auch bewegliche Augennotduschen mit am Griff angebrachten selbsttätig schließenden Ventilen zulässig. Augenspülflaschen mit steriler Spülflüssigkeit sind zulässig, wenn kein fließendes Trinkwasser zur Verfügung steht. An jeder Auslassöffnung einer Augennotdusche müssen mindestens 6 l Wasser pro Minute austreten.

Trinkwasser ist auch nach Führung über einen Rohrtrenner zur Speisung von Notduschen zulässig.

Die Wasserstrahlen müssen eine Höhe von wenigstens 15 cm und nicht mehr als 20 cm oberhalb der Wasseraustritte erreichen.

Eine gute und rasche Erreichbarkeit muss gegeben sein. Das Spülen der Augen muss mit weit gespreizten Lidern erfolgen, um alle Chemikalienreste zu erfassen. Das Spülen muss lang durchgeführt werden, Richtwert

sind mindestens 10 Minuten, eine ärztliche Kontrolle des Auges ist unverzüglich durchzuführen.

Bewegliche Augennotduschen mit nur einem Spülkopf sind zulässig.

Eine Temperierung des Wassers auf Temperaturen oberhalb der Raumtemperatur ist wegen der Gefahr der Verkeimung nicht geeignet. Bei der Installation ist darauf zu achten, dass Wasser nach Möglichkeit nicht längere Zeit in den Zuführungsleitungen stagniert und nicht durch Wärmeeinwirkung von außen über Raumtemperatur gebracht wird. Es empfiehlt sich, für flexible Leitungen DVGW-geprüfte Schläuche zu verwenden.

Siehe DIN EN 15154-2 „Sicherheitsnotduschen – Teil 2: Augenduschen mit Wasseranschluss". Zur Funktionsprüfung der Augenduschen siehe Abschnitt 7.2.

6.6.2.2 Standort und Kennzeichnung

Kennzeichnung des Standorts

Der Standort von Augennotduschen muss durch das Rettungszeichen „Augenspüleinrichtung" gekennzeichnet sein. Der Zugang ist ständig freizuhalten.

Augennotduschen müssen so montiert sein und freigehalten werden, dass sie jederzeit auch von Personen geringerer Körpergröße im Labor rasch erreicht und genutzt werden können. Von jedem Ort des Labors sollte eine Augennotdusche innerhalb von höchstens 5 Sekunden zu erreichen sein. Ein negatives Beispiel zeigt Abbildung 25.



Abbildung 25: Negativbeispiel für eine blockierte Augennotdusche, die im Fall einer Verletzung dazu führt, dass für die Rettung des Auges wertvolle Sekunden ohne Hilfemöglichkeit verstreichen.

6.7 Elektrische Anlagen und Betriebsmittel

6.7.1 Elektrische Energieversorgungseinrichtungen

Stromkreise und Abschaltung

Für die Beleuchtung, die Lüftung und die übrige elektrische Energieversorgung müssen getrennte Stromkreise eingerichtet sein. Darüber hinaus sollen Labortische und Abzüge einzeln oder gruppenweise für sich freischaltbar sein.

Auch für andere sicherheitsrelevante Einrichtungen sollen möglichst getrennte Stromkreise vorhanden sein. Für das Abschalten der Energie wird empfohlen, an gut zugänglicher Stelle, beispielsweise am Ausgang des Laborraumes, einen Hauptschalter anzubringen. Müssen im Havariefall elektrische Verbraucher eines Arbeitsplatzes freigeschaltet werden, so ist darauf zu achten, dass sicherheitsrelevante Einrichtungen, wie beispielsweise Rührer, weiter betrieben werden.

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

6.7.2 Erdungsmaßnahmen

6.7.2.1 Maßnahmen zum Berührungsschutz und zum Ausgleich von Potentialen

Beschaffenheit, Erdungsmaßnahmen, RCD

Elektrische Betriebsmittel in Labortischen und Abzügen müssen vorschriftsgemäß beschaffen sein. Sie müssen insbesondere der DIN EN 61010-1:2002 (siehe auch VDE 0411 Teil 1 und/oder VDE 0789 Teil 100) entsprechen. Ist ein Potentialausgleich der Einrichtung notwendig, so müssen elektrisch leitfähige Tischbeläge und andere berührbare leitfähige Konstruktionsteile der Laboreinrichtung über einen Potentialausgleich miteinander verbunden sein. Für bewegbare Teile ist eine Erdung erforderlich, wenn sie im Fehlerfall Spannung aufnehmen können.

Ausreichend sind in der Regel Erdungsmaßnahmen nach DIN VDE 0100-540. Es wird empfohlen, die Personenschutzmaßnahmen durch die Installation von RCD (FI-Schutzschaltern) zu unterstützen.

6.7.2.2 Elektrostatische Ableitmaßnahmen

Elektrostatische Ableitung an Einrichtungen und Gebinden

Anwendungen für elektrostatische Ableitmaßnahmen können sich aus spezifischen Arbeitsaufgaben ergeben. In der Regel ist in Laboratorien keine Ableitmaßnahme notwendig. An betriebsfertigen Abzügen kann abhängig von obiger Nutzung eine Anschlussstelle vorhanden sein, mit der eine Verbindung mit dem örtlichen Potentialausgleich leicht möglich ist.

Hier können gegebenenfalls erforderliche Erdungskabel, beispielsweise beim Umfüllen brennbarer Flüssigkeiten, zur Vermeidung elektrostatischer Zündquellen angeschlossen werden. Zudem können Zündfunken durch aufgeladene Personen vermieden werden. Entladungen von aufgeladenen Personen können durch schreckhafte Handlungen zu weiteren Gefährdungen führen.

Zur Schutzleiterprüfung siehe DIN VDE 0789-100 „Unterrichtsräume und Laboratorien; Einrichtungsgegenstände; Sicherheitsbestimmungen für energieversorgte Baueinheiten".

6.7.3 Schalter und Steckdosen

6.7.3.1 Schalter und Steckdosen

Anordnung und Abschaltung

Schalter und Steckdosen an Labortischen sollen oberhalb der Arbeitsfläche installiert sein, oder, falls sie unterhalb der Tischplatte angebracht sind, so weit zurückgesetzt sein, dass sie bei auslaufenden oder verspritzenden Flüssigkeiten keine Gefahrenquelle darstellen. Steckdosen von Abzügen sollen außerhalb von Abzügen angebracht sein. Sind im Arbeitsraum des Abzuges Steckdosen erforderlich, müssen diese eindeutig zugeordnet von außen schaltbar sein.

Steckdosen von Abzügen müssen eine Mindestschutzklasse von IP 44 nach DIN EN 60529 aufweisen.

Siehe auch DIN EN 14175-2 „Abzüge – Teil 2: Anforderungen an Sicherheit und Leistungsvermögen".

Korrodierte Kontakte können zu unzulässig hohen Widerständen im Schutzleiter führen. Zudem kann der Spannungsabfall an den Kontaktflächen zu einer so großen Erhitzung der Steckdose führen, dass ein Brand verursacht wird.

6.7.3.2 Spritzwasserschutz

Schutz vor Körperdurchströmung

Schalter und Steckdosen im Spritzbereich von Notduschen müssen spritzwassergeschützt sein.

Als Schutzart kommen hier beispielsweise Schalter und Steckdosen in Schutzart IP 44 und höher in Betracht. Zur Schutzart siehe DIN EN 60529/VDE 0470-1 „Schutzarten durch Gehäuse (IP-Code)". Hinweise zur Festlegung der Form und Ausdehnung von Spritzbereichen können DIN VDE 0100-701 „Errichten von Niederspannungsanlagen – Anforderungen für Betriebsstätten, Räume und Anlagen besonderer Art – Teil 701: Räume mit Badewanne oder Dusche" entnommen werden, Laboratorien befinden sich jedoch nicht im Geltungsbereich dieser Norm. Als Minimum der Größe des Spritzbereiches sollte der Wasserkegel der Notdusche für die benetzte Fläche entsprechend DIN EN 15154-1 „Sicherheitsnotduschen – Teil 1: Körperduschen mit Wasseranschluss für Laboratorien" fixiert werden. Örtliche Gegebenheiten sind zu berücksichtigen.

7 Prüfungen

7.1 Prüfungen

Fristen, Art und Umfang

Die Gefahrstoffverordnung fordert, dass der Unternehmer die Funktion und die Wirksamkeit technischer Schutzmaßnahmen regelmäßig, mindestens jedoch jedes dritte Jahr, zu überprüfen hat. Aufgrund einer Gefährdungsbeurteilung sind Art und Umfang der Prüfung sowie Prüffristen eigenverantwortlich vom Unternehmer festzulegen und zu dokumentieren. Außerdem ist sicherzustellen, dass die Prüfungen nur durch fachlich dazu geeignete, benannte Personen durchgeführt werden. Sie sind in geeigneter Weise zu dokumentieren. Für die in Laboratorien verwendeten Arbeitsmittel gelten zudem die Bestimmungen der Betriebssicherheitsverordnung. Weitere Prüfverpflichtungen über die hier genannten hinaus können sich aus anderen Rechtsbereichen ergeben, insbesondere bezüglich der Prüfungen elektrischer Betriebsmittel.

Eine Übersicht über Prüfungen in Laboratorien ist als Anhang III beigefügt. Die hierzu gehörenden Prüfungsdetails finden Sie im Internet in [3].

7.2 Notduschen

Mindestens monatliche Prüfung

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

Bei der Prüfung sind neben dem Volumenstrom das Bild der Wasserverteilung des Kopfes und die Qualität des Wassers durch Inaugenscheinnahme zu beurteilen.

Ansonsten ist nicht gewährleistet, dass das Betätigungsventil leichtgängig bleibt und der Duschkopf durchgängig ist. Durch häufigen Wasserwechsel lassen sich zudem Verunreinigungen und Verkeimungen der Wasserleitung vermeiden.

Es ist zu empfehlen, Augennotduschen häufiger zu betätigen.

7.3 Abzüge

Mindestens jährliche Prüfung

Abzüge müssen regelmäßig gewartet und ihre Funktionsfähigkeit geprüft und dokumentiert werden. Die Prüfung muss mindestens einmal jährlich durch eine befähigte Person durchgeführt werden. Die jährliche Prüfung der lufttechnischen Funktion kann entfallen, wenn durch eine selbstüberwachende Funktionskontrolle des einzelnen Abzuges sichergestellt ist, dass eine Unterschreitung des Mindestvolumenstromes optisch und akustisch angezeigt wird. Die Prüfung der Dauerüberwachungseinrichtung ist in Abständen von nicht mehr als drei Jahren vorzunehmen.

Fachkunde und Befähigung

Fachkundig für die Prüfung nach § 8 Abs. 2 der Gefahrstoffverordnung ist, wer aufgrund seiner fachlichen Ausbildung oder Erfahrung ausreichende Kenntnisse auf dem Gebiet der Abzugsprüfung hat und mit den einschlägigen staatlichen Arbeitsschutzvorschriften, Unfallverhütungsvorschriften, Richtlinien und allgemein anerkannten Regeln der Technik (zum Beispiel 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.

Anforderungen an die Dauerüberwachung

Eine verwendete technische Einrichtung zur Dauerüberwachung signalisiert beispielsweise bei Verschmutzung, Korrosion, Belastung durch Chemikalien, Alterung oder bei Fehlern in der Elektronik die Nichtverfügbarkeit der Überwachung durch Störungsmeldung optisch und akustisch. Die derzeit am Markt befindlichen Geräte erfüllen diese Forderungen in der Regel nicht.

Gegebenenfalls kann nach Umbaumaßnahmen der lufttechnischen Anlage (zum Beispiel bei Beeinflussung der Volumenströme) eine erneute Prüfung erforderlich sein.

Umfang der Prüfung

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 Aufhängevorrichtungen 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 m^3/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 Abzuges oder an der Frontschieberöffnung erfolgen. Die Geschwindigkeitsmessung kann durch Ermittlung der mittleren Einströmgeschwindigkeit bei 100 mm hoch geöffnetem Frontschieber erfolgen. Geeignete Messgeräte sind zum Beispiel thermische oder Flügelrad-Anemometer.

Die Prüfung der lufttechnischen Funktion von Abzügen mit Einbaudatum vor dem 1. Oktober 1993, die nach DIN 12924-1 vom August 1991 oder DIN 12924-2 „Laboreinrichtungen; Abzüge; Abzüge für offene Aufschlüsse bei hohen Temperaturen; Hauptmaße, Anforderungen und Prüfungen" vom Januar 1994 gefertigt wurden, erfolgt anhand der Herstellerangaben.

Hinweise zur Prüfung siehe BG-Information „Abzüge"(BGI 850-2) sowie [26].

7.4 Sicherheitsschränke für brennbare Flüssigkeiten

Mindestens jährliche Prüfung

Sicherheitsschränke für brennbare Flüssigkeiten sind regelmäßig durch eine befähigte Person zu prüfen. Dabei sind insbesondere die Schließeinrichtungen für Türen und Anschlüsse, die Dichtungen und der Luftwechsel zu berücksichtigen.

Es wird empfohlen, die Prüfungen im Abstand von nicht mehr als einem Jahr vorzunehmen.

Siehe DIN EN 14470-1 „Feuerwiderstandsfähige Lagerschränke; Teil 1: Sicherheitsschränke für brennbare Flüssigkeiten".

Anhang 1:
Muster für Flucht- und Rettungsplan

www.bgchemie.de, Seiten-ID: 128.21



Anhang 2:
Muster für Hautschutzplan

www.bgchemie.de, Seiten-ID: 128.2

Firma: Abteilung:

Stand: Unterschrift:

WAS	WANN	WOMIT	WIE	WER
Hautschutz beim Tragen von flüssigkeitsdichten Handschuhen (zum Beispiel aus Latex, Nitril)	vor dem Anziehen der Handschuhe Unterhandschuhe aus Baumwolle sind empfohlen	Hautschutzcreme Präparat:	einreiben	
Hautschutz beim Umgang mit wechselnden Gefahrstoffen	vor Beginn des Arbeitsvorgangs	Hautschutzcreme Präparat:	einreiben	
Händedesinfektion	nach Beendigung der Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen und grundsätzlich vor Verlassen des Labors	Präparat: Dosierung: Einwirkzeit:	einreiben	
Hautreinigung	nach Händedesinfektion	Flüssigseife Präparat: Dosierung: Einwirkzeit:	waschen	
Hautpflege	nach Händedesinfektion und -reinigung	Handpflegelotion Präparat: Dosierung:	einreiben	

Tabelle 4: Hautschutzplan (Muster)

Anhang 3: Prüfungen in Laboratorien

1 Allgemeines

Im Laborbereich obliegt dem Verantwortlichen
- die Ermittlung der prüfpflichtigen Geräte und Einrichtungen,
- die Benennung der prüfenden Personen,
- die Festlegung der Prüffristen und des Prüfumfangs,
- die Organisation der Prüfungen.

Zur Sicherstellung der regelmäßigen Prüfung ist eine vollständige Erfassung aller Arbeitsmittel und Einrichtungen notwendig. Diese können in Sicherheitseinrichtungen, Arbeitsmittel sowie bauliche Anlagen und Infrastruktur unterteilt werden. Prüffristen und Prüfumfang sind festzulegen.

Ferner kann es sinnvoll sein, folgende Daten und Unterlagen vorzuhalten:
- Hersteller, Typenbezeichnung, Baujahr und Standort, Betriebsanleitungen und weitere Herstellerunterlagen sowie Wartungsverträge.
- Dokumentation von Mängeln und Fehlerquoten, um Daten für die zukünftige Beurteilung der Prüffristen zu sammeln.

Es kann erforderlich sein, neben den wiederkehrenden Prüfungen auch Inbetriebnahmeprüfungen durchzuführen. Die Inbetriebnahmeprüfung eines neuen Laboratoriums sollte neben einer ausführlichen Sichtprüfung insbesondere die lufttechnische Abstimmung von Zu- und Abluft, die richtige Einstellung der Funktionskontrolleinheiten, die Wirksamkeit von Alarmeinrichtungen und die brandschutztechnischen Einrichtungen umfassen.

2 Wiederkehrende Prüfungen im Labor

Die durchzuführenden wiederkehrenden Prüfungen können in folgende Kategorien eingeteilt werden. Je nach Umfang und Anforderung kann hierzu eine Zuordnung der Prüfer erfolgen (Tabelle 5).

Kategorie	Beispiel	Prüfer
Tägliche Sichtprüfung	Wollfaden am Abzug, optische Anzeige	Benutzer
Funktionsprüfung/ Prüfung mit Messaufwand	Messung des Volumenstroms am Abzug, Dichtheitsprüfung von Geräten, umfangreichere technische Prüfung	entsprechend geschultes Personal (befähigte Personen)
Prüfung von überwachungsbedürftigen Anlagen	Druckbehälter, Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen	Zugelassene Überwachungsstellen (ZÜS), TÜV-Sachverständige
Elektrische Prüfung	Ortsbewegliche Elektrogeräte	Elektrofachkräfte oder elektrotechnisch unterwiesene Personen

Tabelle 5: Wiederkehrende Prüfungen und typische Prüfer

Tabelle 6 zeigt beispielhaft Personen auf, die für Prüfungen von Arbeitsmitteln und Anlagen in Laboratorien in der Regel in Frage kommen.

		Berufsausbildung	Berufserfahrung	zeitnahe berufliche Tätigkeit
A	**Azubis, Lehrlinge, Studierende, Praktikanten, Diplomanden, Hilfskräfte**	keine abgeschlossene	keine, teilweise Praktikumserfahrung	keine, teilweise Labortätigkeit, in Benutzung der Arbeitsmittel und Einrichtungen unterwiesen
B	**Laboranten, Techniker (Chemotechniker, CTA, PTA, MTA...)**	abgeschlossene Lehre, Ausbildung im betreffenden Fach mit Nachweis	im betreffenden Bereich, laborspezifisch	laborspezifisch, Umgang mit den jeweiligen Geräten und Einrichtungen, in Benutzung der Arbeitsmittel und Einrichtungen unterwiesen, teilweise Kenntnis der Vorschriften
C	**Chemiker, Chemie-Ingenieure, Laborleiter, wissenschaftliche Mitarbeiter (Doktoranden, Personen mit abgeschlossenem Studium im betreffenden Fach)**	abgeschlossenes Studium, praktische Ausbildung während des Studiums	mehrjährige, im betroffenen Bereich, laborspezifisch, mit Geräten und Einrichtungen	Umgang mit Geräten und Einrichtungen im Labor, in Benutzung der Arbeitsmittel und Einrichtungen unterwiesen, Kenntnis der speziellen Vorschriften zum Umgang mit den Arbeitsmitteln, meist Vorgesetztenfunktion; Erfahrung in Funktionsprüfung der Geräte
D	**Mitarbeiter aus der Technikabteilung, sonstige Angestellte (Techniker, Geselle, Meister)**	Lehre, Ausbildung in einem technischen Fach, mit Nachweis	im technischen Bereich: Wartung, Reparatur, Instandhaltung allgemein, unspezifisch für spezielle Geräte und Labor	technischer Bereich: Wartung, Instandhaltung, Reparatur, unspezifisch für Geräte
E	**Externe (Kundendienst, Wartungsfirma, Mitarbeiter des Herstellers)**	meist unbekannt, technischer Bereich, Ausbildung bei der Hersteller- oder Wartungsfirma	im technischen Bereich, spezifisch mit den jeweiligen Geräten, Umgang, Prüfung, Wartung	im technischen Bereich, spezifisch mit den jeweiligen Geräten, Umgang, Prüfung, Wartung
F	**Zugelassene Überwachungsstellen, Sachverständige**	technischer Bereich, Ausbildung bei der Hersteller- oder Wartungsfirma		im technischen Bereich, spezifische Prüferfahrung mit den jeweiligen Geräten

Tabelle 6: Beispiele für Prüfer in Laboratorien

Eine Zusammenstellung bewährter oder vorgeschriebener Prüffristen für Geräte und Einrichtungen [2] dient als Anhaltspunkt für die Festlegung der Prüffristen der wiederkehrenden Prüfungen. Je nach Ergebnis der Gefährdungsbeurteilung muss die Frist verkürzt oder kann – soweit zulässig – verlängert werden. Die Frist von maximal drei Jahren nach § 8 Abs. 2 Gefahrstoffverordnung für die Prüfung der Wirksamkeit technischer Schutzmaßnahmen ist zu beachten.

3 Wiederkehrende Prüfungen von Labor- und Analysengeräten

Die Ermittlung von Prüfpflicht, Prüfumfang und Prüffristen für Labor- und Analysengeräte, die nicht im bestehenden Regelwerk erwähnt sind, muss anhand einer Gefährdungsbeurteilung erfolgen. Ausgenommen ist hier die arbeitstägliche Sichtprüfung durch den Nutzer auf äußerlich erkennbare Mängel, die bei allen Arbeitsmitteln grundsätzlich vorzunehmen ist, beispielsweise bei Glasgeräten.

Neben diesen Prüfungen werden in der Bedienungsanleitung des Herstellers in der Regel Angaben zu Wartung, Instandhaltung und Kalibrierung gemacht. Diese Arbeiten beziehen sich auf die Funktion. Beispielsweise sind Verschleißteile, wie etwa Dichtungen, auszuwechseln, Pumpenöl nachzufüllen oder Leitungen zu säubern.

Die Frage, wann Prüfungen im Hinblick auf sicheres Arbeiten notwendig sind, kann oft nur der Anwender und Nutzer beantworten, denn die meisten Sicherheitsaspekte leiten sich aus den jeweiligen Einsatzbedingungen ab.

Grundsätzlich sollten im Rahmen einer Gefährdungsbeurteilung zunächst folgende Fragen gestellt werden:

Ist das Gerät sicher aufgestellt? Hierzu zählen Aspekte der Zugänglichkeit, Standfestigkeit und Ergonomie. Damit verbunden sind Fragen, ob alle Bereiche, an denen gearbeitet werden muss, leicht zugänglich sind, ob Wartungsarbeiten durchgeführt werden können und ob kritische Anlagenteile für eine regelmäßige Sichtkontrolle zugänglich sind (beispielsweise Geräteanschlüsse, Stecker, Kabel).

Sind alle Sicherheitseinrichtungen vollständig und funktionsfähig? Dies setzt eine entsprechende Kenntnis über Funktion der Sicherheitseinrichtungen voraus und geht über die normale tägliche Sichtprüfung hinaus. Zu beachten sind hier auch wieder Fragen zu den Herstellerunterlagen: Sind diese (Handbücher, Schaltpläne, Anleitungen und ähnliches) vollständig und in verständlicher Sprache vorhanden? Ist die Bedienungsanleitung ausreichend und verständlich für den Nutzer? Für die Nutzung und Wartung ist möglicherweise eine zusätzliche Betriebsanweisung sinnvoll, wenn beispielsweise die Herstelleranleitung sehr umfangreich ist und zur Bedienung nur wenige Schritte notwendig sind oder wenn es gefährliche Betriebsbedingungen gibt und diese dem Nutzer deutlich gemacht werden müssen.

Wird eine regelmäßige Funktionsprüfung durchgeführt? Hier können bereits problematische Zustände offensichtlich werden, so zeigt bei

Chromatographiegeräten ein Funktionstest mit analytischen Standards meist schon, wenn die Anlage undicht ist und Gefahrstoffe unbemerkt austreten können.

Wird die wiederkehrende elektrische Prüfung der ortsfesten und ortsbeweglichen elektrischen Geräte regelmäßig durchgeführt? Damit verbunden sind weitere Fragen: In welche dieser beiden Kategorien ist das Gerät eingeteilt? Sind aufgrund der Laborbedingungen (Umgebung, korrosive Atmosphäre) und der Nutzung (häufiger Standortwechsel) kürzere Prüfintervalle nötig? Sind Kabel und Steckverbindungen aufgrund der Umgebungsbedingungen (beispielsweise bei Feuchtigkeit) häufiger zu prüfen?

Wird die regelmäßige vorbeugende Wartung durchgeführt? Bei regelmäßigem Austausch der Verschleißteile kann es weniger häufig zu Fehlfunktionen und damit seltener zu unsicheren Betriebszuständen kommen. So wird beispielsweise die Gefahr der Freisetzung von Gefahrstoffen oder gefährlichen Gasen bei der Wartung der Dichtungen am Gaschromatographen verringert.

Werden eine oder mehrere Fragen mit „Nein" beantwortet, müssen weitere Überlegungen angestellt werden. Als Maßnahme kommt beispielsweise in Frage, dass Prüffristen kürzer gesetzt werden müssen, wenn besondere Gefährdungen auftreten, die durch eine Prüfung vermieden werden können. Faktoren, die die Prüfintervalle und die Prüftiefe beeinflussen, können insbesondere die Korrosivität des Mediums und die Versuchs- und Umgebungsbedingungen sein. Auffälligkeiten beim Betrieb können zu Verkürzungen der Prüfintervalle führen.

4 Dokumentation

Die wiederkehrenden Prüfungen sind zu dokumentieren. Je nach Gerät und Einrichtung ist im Regelwerk eine spezielle Dokumentation in Form von Prüfbüchern, Prüfprotokollen oder Vergleichbarem gefordert. Auch in Fällen ohne vorgeschriebene Aufbewahrungsfristen ist die Aufbewahrung aus Nachweisgründen zumindest bis zur nächsten Prüfung erforderlich. Eine Kennzeichnung geprüfter Geräte ist für den Nutzer hilfreich und kann beispielsweise durch Prüfplaketten erfolgen.

5 Übersicht über die Prüfungen

Eine Übersicht über typische Prüfungen im Labor und deren Detailanforderungen finden Sie im Internet [3].

Anhang 4: Literaturverzeichnis

1 Direkte Literaturverweise im Text

[1] Eintrag Laboratorien in: J. Falbe, M. Regitz (Hrsg.): Römpp Lexikon Chemie, 10. Aufl., Stuttgart 1996

[2] http://www.bgchemie.de → Prävention → Laboratorien oder direkt unter http://www.bgchemie.de/laboratorien (Webcode: Seiten-ID 91.1) (besucht 2008-02-19)

[3] http://www.bgchemie.de →Prävention → Laboratorien (oder direkt http://www.bgchemie.de/laboratorien) → Arbeitshilfen (Webcode: Seiten-ID 128.0) (besucht 2008-02-19)

[4] http://www.baua.de → Gefahrstoffe → Einfaches Maßnahmenkonzept Gefahrstoffe oder direkt: http://www.emkg.de/ (besucht 2008-02-11)

[5] BG Chemie: Merkblatt M 057 „Sicherer Umgang mit Gefahrstoffen in der pharmazeutischen Industrie"

[6] Gefahrstoffdatenbank GESTIS: http://www.dguv.de → Medien/Datenbanken → Datenbanken → gestis oder direkt: http://www.dguv.de/bgia/stoffdatenbank (besucht 2008-02-11)

[7] BG-Chemie-Gefahrstoffdatenbank GisChem: http://www.bgchemie.de →GisChem (Webcode: Seiten-ID 9.1) (besucht 2008-02-19) oder direkt http://www.gischem.de (besucht 2008-02-19)

[8] http://www.kmr-stoffe.de → Ermittlung → Maßnahmen (besucht 2008-02-19)

[9] BG-Chemie-Gefahrstoffportal Gefahrstoffwissen.de: http://www.bgchemie.de → Gefahrstoffwissen.de (Webcode: Seiten-ID 722.1) (besucht 2008-02-19) oder direkt http://www.gefahrstoffwissen.de (besucht 2008-02-19)

[10] BG-Chemie-Betriebsanweisungen interaktiv: http://www.betriebsanweisungen.de (besucht 2008-02-19)

[11] SUVA SBA 150D. „Allein arbeitende Personen (Anleitung für Arbeitgeber und Sicherheitsbeauftragte)" (als Download unter http://www.suva.ch → suvaPro → Informationsmittel/Publikationen →Waswo) erhältlich) (besucht 2008-02-19)

[12] Ausschuss für Gefahrstoffe des Bundesministeriums für Arbeit und Soziales: Technische Regeln für Gefahrstoffe TRGS 401 „Gefährdung durch Hautkontakt"

[13] http://www.bgchemie.de/files/35/sichem-0503.pdf (besucht 2008-02-08), http://www.gisbau.de/service/sonstiges/allergene/Start.html (besucht 2008-08-05), http://www.bgw-online.de/internet/generator/Inhalt/OnlineInhalt/Medientypen/bgw_20themen/M621_Achtung_20Allergiegefahr.property=pdfDownload.pdf (besucht 2008-08-05), GUV-I 8584 „Allergiegefahr durch Latexhandschuhe"

[14] UNECE: Accord européen relatif au transport international des marchandises dangerous par route, siehe http://www.unece.org/trans/danger/publi/adr/adr_e.html (besucht 2006-02-15)

[15] http://de.wikipedia.org/wiki/Fehlerstromschutzschalter (besucht 2008-02-11)

[16] D. Martinetz: Immobilisation, Entgiftung und Zerstörung von Chemikalien, 2. Aufl., Harri Deutsch, Frankfurt 1986

[17] G. Lunn: Destruction of Hazardous Chemicals in the Laboratory, Wiley, Hoboken 1994

[18] M.-A. Armour: Hazardous Laboratory Chemicals Disposal Guide, CRC Press, Boca Raton 2003

[19] http://www.ilpi.com/msds/ref/peroxide.html#morepics (besucht 2008-02-11)

[20] http://www.orcbs.msu.edu/chemical/programs_guidelines/chem_hygiene/chem_hygiene_plan/chp_app_h.pdf (besucht 2008-02-11)

[21] J. Evers, T. Klapötke, G. Oehlinger, Nachrichten aus der Chemie 50 (2002) 1126

[22] D. von Locquenghien, H.-J. Ostermann, T. Klindt: Betriebssicherheitsverordnung – Erläuterungen und Übersichten zur praktischen Umsetzung nach den Regelungsbereichen, Bundesanzeiger Verlag, Köln 2004

[23] DIN EN 60825-1 (VDE 0837 Teil 1) „Sicherheit von Laser-Einrichtungen – Teil 1: Klassifizierung von Anlagen, Anforderungen und Benutzer-Richtlinien"

[24] B. L. Hayes: Microwave Synthesis, CEM Publishing, Matthews 2002

[25] BG Chemie (Hrsg.): BG-Information „Sichere Biotechnologie – Ausstattung und organisatorische Maßnahmen: Laboratorien" (BGI 629).

[26] http://www.bgchemie.de (Webcode: Seiten-ID 144.0) (besucht 2008-02-19).

2 Gesetze, Verordnungen

Bezugsquellen: Buchhandel und Internet, z. B. http://www.gesetze-im-internet.de, http://www.baua.de

Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG)

Arbeitsstättenverordnung (ArbStättV)[1] mit Technischen Regeln für Arbeitsstätten/ Arbeitsstätten-Richtlinien (ASR)[2], insbesondere:

ASR A1.3: Sicherheits- und Gesundheitsschutzkennzeichnung

ASR A1.7: Türen, Tore

ASR A2.3: Fluchtwege und Notausgänge

ASR 7/3: Künstliche Beleuchtung

ASR 7/4: Sicherheitsbeleuchtung

ASR 8/1: Fußböden

ASR 13/1,2: Feuerlöscheinrichtungen.

Ausführungsgesetz zum Chemiewaffenübereinkommen (CWÜAG)

Betäubungsmittelgesetz (BtMG)

Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV) und Technische Regeln für Betriebssicherheit (TRBS), insbesondere:

TRBS 1203: Befähigte Personen – Allgemeine Anforderungen

Technische Regeln für Druckgase (TRG), insbesondere

TRG 280: Allgemeine Anforderungen an Druckgasbehälter; Betreiben von Druckgasbehältern

TRG 402: Füllanlagen – Betreiben von Füllanlagen

Technische Regeln für brennbare Flüssigkeiten (TRbF), insbesondere:

TRbF 20: Läger

Technische Regeln für Acetylenanlagen und Calciumcarbidlager (TRAC), insbesondere

TRAC 204: Acetylenleitungen

1 Leitlinien zur Arbeitsstättenverordnung (LV 40) des Länderausschusses für Arbeitsschutz und Sicherheitstechnik (LASI) unter http://lasi.osha.de/publications/

2 Die vor dem 12. August 2004 bekannt gemachten ASR gelten bis zu ihrer Überarbeitung und der Bekanntmachung der Neufassung fort, längstens jedoch bis 13. August 2010 (§ 8 Abs. 2 ArbStättV).

Biostoffverordnung (BioStoffV) mit Technischen Regeln für Biologische Arbeitsstoffe (TRBA), insbesondere:

TRBA 100: Schutzmaßnahmen für gezielte und nicht gezielte Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen in Laboratorien,

TRBA 250: Biologische Arbeitsstoffe im Gesundheitswesen

Chemikaliengesetz (ChemG)

Erste Verordnung zum Sprengstoffgesetz (1. SprengV)

Gefahrgutverordnung Straße und Eisenbahn (GGVSE)

Gefahrstoffverordnung (GefStoffV) mit Technischen Regeln für Gefahrstoffe (TRGS), insbesondere:

TRGS 200: Einstufung und Kennzeichnung von Stoffen, Zubereitungen und Erzeugnissen

TRGS 201: Einstufung und Kennzeichnung von Abfällen zur Beseitigung beim Umgang

TRGS 400: Gefährdungsbeurteilung bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen

TRGS 401: Gefährdung durch Hautkontakt – Ermittlung, Beurteilung, Maßnahmen

TRGS 402: Ermittlung und Beurteilen der Gefährdungen bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen: Inhalative Exposition

TRGS 420: Verfahrens- und stoffspezifische Kriterien (VSK) für die Gefährdungsbeurteilung

TRGS 500: Schutzmaßnahmen

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 Information der Beschäftigten

TRGS 600: Substitution

TRGS 720: Gefährliche explosionsfähige Atmosphäre – Allgemeines,

TRGS 721: Gefährliche explosionsfähige Atmosphäre – Beurteilung der Explosionsgefährdung

TRGS 722: Vermeidung oder Einschränkung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre

Gentechnik-Sicherheitsverordnung (GenTSV)

Geräte- und Produktsicherheitsgesetz (GPSG) mit hierzu erlassenen Verordnungen

Grundstoffüberwachungsgesetz (GÜG)

Verordnung zur Rechtsvereinfachung und Stärkung der arbeitsmedizinischen Vorsorge (ArbMedVV)

Jugendarbeitsschutzgesetz (JArbSchG)

Mutterschutzgesetz (MuSchG)

Mutterschutzrichtlinienverordnung (MuSchRiV)

Röntgenverordnung (RöV)

Sprengstoffgesetz (SprengG)

Strahlenschutzverordnung (StrlSchV)

Verordnung zum Schutze der Mütter am Arbeitsplatz (MuSchArbV).

Bezugsquellen: Buchhandel oder Bundesanzeiger Verlag, Postfach 100534, 50445 Köln, http://www.bundesanzeiger.de

Richtlinie 98/24/EG des Rates vom 7. April 1998 zum Schutz von Gesundheit und Sicherheit der Arbeitnehmer vor der Gefährdung durch chemische Arbeitsstoffe bei der Arbeit

Richtlinie 67/548/EWG des Rates vom 27. Juni 1967 zur Angleichung der Rechts - und Verwaltungsvorschriften für die Einstufung, Verpackung und Kennzeichnung gefährlicher Stoffe.

3 Unfallverhütungsvorschriften, Regeln und Informationen für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit

Zu beziehen bei Ihrem zuständigen Unfallversicherungsträger. Die Adressen finden Sie unter http://www.dguv.de

Unfallverhütungsvorschriften

Grundsätze der Prävention (BGV A1/GUV-V A1)

Elektrische Anlagen und Betriebsmittel (BGV A3/GUV-V A3)

Sicherheits- und Gesundheitsschutzkennzeichnung am Arbeitsplatz (BGV A8/GUV-V A8)

Laserstrahlung (BGV B2/GUV-V B2)

Organische Peroxide (BGV B4)

Explosivstoffe – Allgemeine Vorschrift (BGV B5)

Elektromagnetische Felder (BGV B11/GUV-V B11)

Verwendung von Flüssiggas (BGV D34/GUV-V D34)

Regeln für Sicherheit und Gesundheitsschutz (BG-Regeln, GUV-Regeln)

Grundsätze der Prävention (BGR A1/GUV-R A1)

Elektromagnetische Felder (BGR B11/GUV-R B11)

Explosionsschutz-Regeln (EX-RL) (BGR 104/GUV-R 104)

Vermeidung von Zündgefahren infolge elektrostatischer Aufladungen (BGR 132/GUV-R 132)

Ausrüstung von Arbeitsstätten mit Feuerlöschern (BGR 133/GUV-R 133)

Einsatz von Personen-Notsignal-Anlagen (BGR 139)

Einsatz von Schutzkleidung (BGR 189/GUV-R 189)

Benutzung von Atemschutzgeräten (BGR 190/GUV-R 190)

Benutzung von Augen- und Gesichtsschutz (BGR 192/GUV-R 192)

Einsatz von Schutzhandschuhen (BGR 195/GUV-R 195)

Benutzung von Hautschutz (BGR 197/GUV-R 197)

Biologische Arbeitsstoffe im Gesundheitswesen und in der Wohlfahrtspflege (BGR 250/GUV-R 250)

Betreiben von Arbeitsmitteln (BGR 500/GUV-R 500)

Umgang mit Gefahrstoffen im Unterricht (GUV-SR 2003)

Anhang 1 zur GUV-Regel Umgang mit Gefahrstoffen im Unterricht – Gefahrstoffliste (GUV-SR 2004)

Umgang mit Gefahrstoffen in Hochschulen (GUV-SR 2005)

BG-Informationen und GUV-Informationen

Anleitung zur Ersten Hilfe (BGI 503/GUV-I 503)

Erste Hilfe im Betrieb (BGI 509)

Aushang: Erste Hilfe (Plakat) (BGI 510/GUV-I 510-1)

Merkblatt für Erste-Hilfe-Material (BGI 512/GUV-I 512)

Fruchtschädigungen – Schutz am Arbeitsplatz (BGI 537)

Gefährdungsbeurteilung – Warum? Wer? Wie? (BGI 570)

Gefährdungsbeurteilung – Gefährdungskatalog (BGI 571)

Schlauchleitungen – Sicherer Einsatz (BGI 572)

Fluorwasserstoff, Flusssäure und anorganische Fluoride (BGI 576)

Reizende Stoffe – Ätzende Stoffe (BGI 595)

Füllen von Druckbehältern mit Gasen (BGI 618)

Umfüllen von Flüssigkeiten (BGI 623)

Sichere Biotechnologie – Ausstattung und organisatorische Maßnahmen: Laboratorien (BGI 629)

Bildschirm- und Büroarbeitsplätze – Leitfaden für die Gestaltung (BGI 650/GUV-I 650)

Beförderung gefährlicher Güter (BGI 671)

Handlungsanleitung für den Umgang mit Leitern und Tritten (BGI 694/GUV-I 694)

Prüfpflichten – Schutzalter – Alleinarbeit (BGI 697)

Guidelines for Laboratories (BGI/GUV-I 850-0e)

Gefährdungsbeurteilung im Labor (BGI 850-1, ehemals BGI 798)

Laborabzüge (BGI 850-2)

Informationen für die Erste Hilfe bei Einwirken gefährlicher chemischer Stoffe (GUV-I 8504)

Zytostatika im Gesundheitsdienst – Informationen zur sicheren Handhabung von Zytostatika (GUV-I 8533)

Sicheres Arbeiten in chemischen Laboratorien (GUV-I 8553)

Merkblätter der BG Chemie

Bezugsquelle: Berufsgenossenschaft der chemischen Industrie, Postfach 101480, 69021 Heidelberg (http://www.bgchemie.de)

M 006: Besondere Schutzmaßnahmen in Laboratorien

T 044: Bildschirmarbeitsplätze

Merkblätter und Informationen anderer Berufsgenossenschaften

Bezugsquelle Merkblatt M 620: Berufsgenossenschaft für Gesundheitsdienst und Wohlfahrtspflege, Pappelallee 35/37, 22089 Hamburg (http://www.bgw-online.de)

M 620 der Berufsgenossenschaft für Gesundheitsdienst und Wohlfahrtspflege: Sichere Handhabung von Zytostatika.

Informationen des Fachausschusses Persönliche Schutzausrüstungen: http://www.hvbg.de/d/fa_psa/service/bgregel1

4 Normen

Bezugsquelle: Beuth-Verlag GmbH, Burggrafenstraße 6, 10787 Berlin, http://www.beuth.de

DIN 12001-1: Sicherheitszeichen im Labor; Warnung vor Gasflaschen

DIN 12475: Laborgeräte aus Glas; Saugflaschen, zylindrische Form

DIN 12476: Laborgeräte aus Glas; Saugflaschen, konische Form

DIN 12491: Laborgeräte aus Glas; Vakuum-Exsikkatoren

DIN 12596: Laborgeräte aus Glas; Gas-Waschflaschen; Form nach Drechsel

DIN 12880: Elektrische Laborgeräte; Wärme- und Brutschränke

DIN 12897: Laborgeräte aus Metall; Hebebühnen, Sicherheitstechnische Anforderungen, Prüfung

DIN 12898: Laborarmaturen; Schlauchtüllen

DIN 12918-2: Laboreinrichtungen; Laborarmaturen – Teil 2: Entnahmestellen für Brenngase

DIN 12924-1: Laboreinrichtungen; Abzüge; Abzüge für allgemeinen Gebrauch, Arten, Hauptmaße, Anforderungen und Prüfungen (zurückgezogen, jetzt DIN EN 14175)

DIN 12924-2: Laboreinrichtungen; Abzüge - Teil 2: Abrauchabzüge

DIN 12927: Laboreinrichtungen; Absaugboxen mit Luftrückführung – Anforderungen, Prüfungen

DIN 12980: Laboreinrichtungen; Sicherheitswerkbänke für Zytostatika

DIN 14494: Sprühwasser-Löschanlagen, ortsfest, mit offenen Düsen

DIN 18381: VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen; Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) – Gas-, Wasser- und Entwässerungsanlagen innerhalb von Gebäuden

DIN 1946-7: Raumlufttechnik; Raumlufttechnische Anlagen in Laboratorien (VDI-Lüftungsregeln)

DIN 19541: Geruchverschlüsse für besondere Verwendungszwecke – Anforderungen und Prüfverfahren

DIN 1988: Technische Regeln für Trinkwasser-Installationen (TRWI)

DIN 2403: Kennzeichnung von Rohrleitungen nach dem Durchflussstoff

DIN 25466: Radionuklidabzüge; Regeln für die Auslegung und Prüfung

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

DIN 30664-1: Schläuche für Gasbrenner für Laboratorien, ohne Ummantelung und Armierung; Teil 1: Sicherheitstechnische Anforderungen und Prüfungen

DIN 30665-1: Gasverbrauchseinrichtungen; Gasbrenner für Laboratorien (Laborbrenner); Sicherheitstechnische Anforderungen, Prüfung

DIN 32620: Schlauchbinder; Spanner und Band

DIN 3537-1: Gasabsperrarmaturen bis PN 4; Anforderungen und Anerkennungsprüfung

DIN 477-1: Gasflaschenventile für Prüfdrücke bis max. 300 bar; Bauformen, Baumaße, Anschlüsse, Gewinde

DIN 4815-2: Schläuche für Flüssiggas; Schlauchleitungen

DIN 4844: Sicherheitskennzeichnung

DIN EN 1089-3: Ortsbewegliche Gasflaschen; Gasflaschen-Kennzeichnung (ausgenommen Flüssiggas LPG) – Teil 3: Farbcodierung

DIN EN 12128: Biotechnik; Laboratorien für Forschung, Entwicklung und Analyse – Sicherheitsstufen mikrobiologischer Laboratorien, Gefahrenbereich, Räumlichkeiten und technische Sicherheitsanforderungen

DIN EN 12464-1: Licht und Beleuchtung; Beleuchtung von Arbeitsstätten: Arbeitsstätten in Innenräumen;

DIN EN 13150: Arbeitstische für Laboratorien; Maße, Sicherheitsanforderungen und Prüfverfahren

DIN EN 13792: Farbige Kennzeichnung von Laborarmaturen

DIN EN 14056: Laboreinrichtungen; Empfehlungen für Anordnung und Montage

DIN EN 14175-1: Abzüge; Teil 1: Begriffe

DIN EN 14175-2: Abzüge; Teil 2: Anforderungen an Sicherheit und Leistungsvermögen

DIN EN 14175-3: Abzüge; Teil 3: Baumusterprüfverfahren

DIN EN 14175-4: Abzüge; Teil 4: Vor-Ort-Prüfverfahren

DIN EN 14175-6: Abzüge; Teil 6: Abzüge mit variablem Luftstrom

DIN EN 14470-1: Feuerwiderstandsfähige Lagerschränke; Teil 1: Sicherheitsschränke für brennbare Flüssigkeiten;

DIN EN 14470-2: Feuerwiderstandsfähige Lagerschränke; Teil 2: Sicherheitsschränke für Druckgasflaschen.

DIN EN 15154-1: Sicherheitsnotduschen; Teil 1: Körperduschen mit Wasseranschluss für Laboratorien

DIN EN 15154-2: Sicherheitsnotduschen; Teil 2: Augenduschen mit Wasseranschluss"

DIN EN 2: Brandklassen

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

DIN EN 3: Tragbare Feuerlöscher

DIN EN 560: Gasschweißgeräte; Schlauchanschlüsse für Geräte und Anlagen für Schweißen, Schneiden und verwandte Prozesse

DIN EN 1717: Schutz des Trinkwassers vor Verunreinigungen in Trinkwasser-Installationen und allgemeine Anforderungen an Sicherheitseinrichtungen zur Verhütung von Trinkwasserverunreinigungen durch Rückfließen

DIN EN 60529/VDE 0470-1: Schutzarten durch Gehäuse (IP-Code)

DIN EN 61010-1/VDE 0411-1: Sicherheitsbestimmungen für elektrische Mess-, Steuer-, Regel- und Laborgeräte; Teil 1: Allgemeine Anforderungen

DIN EN 61010-2-010/VDE 0411-2-010: Besondere Anforderungen an Laborgeräte für das Erhitzen von Stoffen

DIN EN 61010-2-020/VDE 0411-2-020: Sicherheitsbestimmungen für elektrische Mess-, Steuer-, Regel- und Laborgeräte; Teil 2-020: Besondere Anforderungen an Laborzentrifugen

DIN EN 61010-2-081/VDE 0411-2-081: Sicherheitsbestimmungen für elektrische Mess-, Steuer-, Regel- und Laborgeräte: Besondere Anforderungen an automatische und semiautomatische Laborgeräte für Analysen und andere Zwecke

DIN EN ISO/IEC 17025: Allgemeine Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien

DIN ISO 3585: Borosilicatglas 3.3 – Eigenschaften

DIN VDE 0100-540: Errichten von Niederspannungsanlagen; Teil 5-54: Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel - Erdungsanlagen, Schutzleiter und Schutzpotentialausgleichsleiter

DIN VDE 0100-701: Errichten von Niederspannungsanlagen; Anforderungen für Betriebsstätten, Räume und Anlagen besonderer Art; Teil 701: Räume mit Badewanne oder Dusche

DIN VDE 0789-100: Unterrichtsräume und Laboratorien; Einrichtungsgegenstände; Sicherheitsbestimmungen für energieversorgte Baueinheiten

DIN VDE 1000: Allgemeine Leitsätze für das sicherheitsgerechte Gestalten technischer Erzeugnisse

DVGW-Arbeitsblatt G 621: Gasanlagen in Laboratorien und naturwissenschaftlich-technischen Unterrichtsräumen; Installation und Betrieb

5 Medien und Bücher

Bezugsquelle: Jedermann-Verlag, Postfach 103140, 69021 Heidelberg, http://www.jedermann.de

CD-ROM „Sicheres Arbeiten im Labor": Ein interaktives Multimedia-Trainingsprogramm der BG Chemie

DVD „Kompendium Arbeitsschutz": Vorschriften und Regelwerk, Symbolbibliothek, Programme für Durchführung und Dokumentation der Gefährdungsbeurteilung (GefDok und GefDok Light) Vorschriften und Regelwerk sowie die Symbolbibliothek können auch online abgefragt werden (kostenpflichtig)

Wegweiser für Sicherheit und Gesundheitsschutz, BG Chemie.

Bezugsquelle: Buchhandel

P.G. Urben: Bretherick's Handbook of Reactive Chemical Hazards, 7th ed., Academic Press, Burlington 2006

P. Eisenbarth, D. Kleuser, H. Bender: Expositionssituation in Laboratorien der chemischen Industrie, Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft, Vol. 58, Nr. 10, 381 – 385, 1998

Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin: „Kleine ergonomische Datensammlung", TÜV Media, 11. Auflage, März 2006

Bezugsquelle: Internet

Online-Hilfe der BG Chemie zur Konvertierung von Kennzeichnungselementen in das GHS-System: http://www.ghs-konverter.de

Stichwortverzeichnis

A
Abfälle 66, 69, 86, 120, 138
  Behälter 70, 83
  Umwandlung 71
  Vernichtung 71
Abflussleitungen 142
Abfüllen 43, 60
  siehe auch Umfüllen
Abluft 65, 85, 121, 131, 135, 138, 153
Absaugboxen mit Luftrückführung 137
Absaugung 63, 101, 116, 120, 132
Absorptionsgefäße 94
Abzüge 17, 39, 62, 87, 128, 131, 134, 146, 149
Alarmierung 73, 136
Alarmplan 40
Alkalimetalle 53, 59, 80, 83, 96
Alleinarbeit 37
Analogieschlüsse 24
Analytik 30
Antidots 49
Anzeigepflicht 40
Apparaturen, Aufbau von hohen 88
Arbeitsabläufe 74
Arbeitshöhen 74
Arbeitskleidung 41, 48
Arbeitskreis „Laboratorien" 11, 16
Arbeitsorganisation 36
Arbeitsplätze 20 ff., 35 ff., 74 ff.
  abgesaugte 134
Arbeitsplatzgrenzwerte 36, 45, 51, 119
Arbeitstische 138
Armaturen 46, 90, 106, 110, 137
Armaturen-Stellteil 140
Arzt 34, 50, 144
Asbestersatzstoffe 94, 98
Atemschutzgeräte 45, 48
Aufbewahrung 55
Aufschlüsse unter Druck 124
Aufstieghilfen 88
Aufzüge 61, 114
Augen- und Hautgefährdung 18
Augennotduschen 38, 143
Augenschutz 42
Autoklaven
  siehe Versuchsautoklaven
Autosampler 125

B
Ballons 60
Baumwollanteil 41
Bedien- und Verkehrsflächen 128
Befähigte Personen 36, 113, 149, 150, 154
Behälter 55 ff., 107 ff., 138, 154
  Umfüllen, Transport, Entleeren 60, 83
  für Spülflüssigkeiten 69
  zur Abfallsammlung 70, 104
Belastung 92
Beleuchtung 18, 74, 145
Benzol 29
Beratung, arbeitsmedizinisch-toxikologische 52
Berechnungsverfahren 24
Beschädigungen 55, 84 ff., 124
Beschaffung 74
Beschäftigungsbeschränkungen 31, 34
Beseitigung, Schutzmaßnahmen bei der 63
Bestandsüberprüfung 59
Besucher 22, 27, 43, 76
Betäubungsmittel 59
Betriebsanleitungen 34, 153
Betriebsanweisungen 33, 56, 64, 71, 77, 85, 156
Betriebsarzt 49
  siehe auch Arzt
Betriebsfremde 76
Beurteilung
  siehe auch Gefährdungsbeurteilung
  tätigkeitsbezogene 20
  von Expositionen 24
  Aktualisierung der Gefährdungsb. 31
  anlässlich Prüfung 157
Beurteilungsverfahren 24
Bewegungsapparat 18
Bildschirmarbeitsplätze 75
Biologische Arbeitsstoffe 14
Biomonitoring 52
Blaugel 30
Bombenrohre 37, 115
Borosilicatglas 87, 104
Brand- und Explosionsgefahr 17, 22, 30, 46, 67, 94 ff., 105 ff., 121 ff.
Brandfall 21, 27, 40, 53 ff., 92, 97, 106
Brandfrüherkennungssysteme 39, 67
Brandlast 103, 106
Brandschutz 52 ff., 106 ff.
Brandschutzklappen 134
Brandschutzordnung 40
Brandschutzwannen 67, 88
Brennbare Flüssigkeiten 54, 57, 67 ff., 124, 139, 150

Brenner siehe Gasbrenner
Brenngasleitung 140
Brillen 42, 123
  siehe auch Schutzbrillen
Bruchgefahr 67, 87 ff.

C
Cluster 22
cmr-Stoffe
  siehe Stoffe, krebserzeugende, erbgutverändernde oder fruchtbarkeitsgefährdende

D
Dampfdruck 30, 75, 82, 121
Dauerüberwachung 149
Dekontamination 50, 142
Destillation 63, 79, 84, 95
Destillationsapparaturen 95
Destillationsvorstoß 95
Dewargefäße 104
Dichtheitsprüfung 113, 154
Dichtungen 110
Dokumentation 23, 31 ff., 52, 76, 117, 152
Drahtnetze 98
Druckentlastung 57, 68, 135
Druckgasdosen 110
Druckgasflaschen 38, 85, 95
Druckminderer 110, 112
Druckreduzierventile
  siehe Druckminderer

E
Einhausung 85
Einwirkungen 18, 22, 40, 51, 58, 81, 107
Einzelarbeitsplatz 37
Elektrische Geräte 38
Elektrische Kontakte 97
Elektrische Leitungen 96
Elektrische Steckvorrichtungen 38
Elektrostatische Aufladungen 66, 70
Elektrostatisch nicht ableitfähige Flüssigkeiten 66
Energieversorgung 145
Entlüftung 57, 101
Entnahmestellen 137
Entsorgung 69 ff., 86
Entsorgung von Kleidung 48
Entzündung 65, 99
Erdung 66, 97 ff.
Erdungsanschluss 66
Erfrierungen 105
Ergonomie 18, 74
Ersatzstoffe und -verfahren 29, 72, 94
  siehe auch Substitution
Erste-Hilfe 33, 48 ff.
  - Aushänge 50
  - Maßnahmen 50
Erstickungstod 105
Essen (Lüftungstechnik) 132
Evakuieren 83
Explosionsfähige Atmosphäre 65
Explosionsgefahr 13, 17, 22 ff., 53 ff., 65 ff., 79, 99, 105, 110, 117, 123, 128, 136
Explosionsschutzdokumente 65, 69, 101, 116
Expositionen 20 ff.
Expositionsverhältnisse 16, 20
Exsikkatoren 91
Ex-Zone 65

F
Fachausschusses „Chemie" 10 ff., 16
Fachkunde
  Laborpersonal 25, 37
  Prüfung 149, 156
Farbkennzeichnung 109
Fässer 60
Fehlgebrauch 58
Felder, elektromagnetische 18, 126
Feuchtarbeit 18
Feuerlöschdecken 54
Feuerlöscher 38, 53, 72, 108
Feuerwehr 40, 54
Filterfluchtgeräte 45
FI-Schutzschalter
  siehe RCD
Flansch 90
Flaschenbruch 57
Flaschentransportwagen 114
Flashchromatographie 125
Flexibilisierung 21
Flucht- und Rettungsplan 40, 129, 151
Flucht- und Rettungswege 75, 129
Flüssigchromatographie 125
Flüssigkeitsheizbäder 98
Flüssigkeitsthermostate 98
Flusssäure 21, 50, 89, 134
Frauen 31, 34
Freigabescheinverfahren 73
Freisetzung 67
Fremdfirmen 27, 35, 76
Fremdpersonal 27, 35, 76
Frontschieber 39, 135
Funktionskontrolle 96, 149, 153
Fußböden 130
  Leitfähigkeit 66
  Dichtheit 130

G
Gasbrenner 92
Gaschromatographie 125
Gase 13, 26, 37, 51 ff., 85, 101 ff., 122, 140
  im Brandfall 55
  Umfüllen, Transport, Entleeren 60, 110, 114
Gasgeneratoren 86, 110
Gasschläuche 90
Gaswäscher 63
Gaswaschflaschen 91
Gaswaschturm 63
Gefährdung 13
  typische 21
  Schwerpunktg. Gefahrstoffe 23
  geringe 27
  durch Behälter 70
Gefährdungsbeurteilung 15, 31
  siehe auch Beurteilung
Gefahrenbereiche 85
Gefährliche explosionsfähige Atmosphäre 17, 133
  siehe auch explosionsfähige Atmosphäre
Gefahrstoffbelastungen 18, 22
Gefahrstoffe 17, 23 ff., 33 ff., 42 ff., 60 ff., 77 ff.
Gefahrstoffverordnung 15
Gefahrstoffverzeichnis 32
Genussmittel 46
Geringe Gefährdung 27
Geruchsverschlüsse 142
Geschlossene Apparaturen 62
Geschlossenes System 85
Gesichtsschutzschirm 43
Gestaltung
  Arbeitsplätze 21, 128
  ergonomische 74
Gestellbrille mit ausreichendem Seitenschutz 42
  siehe Schutzbrille
Gesundheitsschäden 17, 40, 74
Gesundheitsstörungen 40
Gewinderohre 127
Giftige Stoffe 20, 26, 58
Glasapparaturen 87
Glasblasen 89
Glasbläserarbeiten 89
Glasbruch 27
Glasflaschen 68
Glaskeramikplatten 98
Glasoliven 90
Glasrohre 88
Gloveboxen 62
Grenzwerte 24, 39, 52, 86
  siehe auch Arbeitsplatzgrenzwerte
Griffhöhe 58
Großraumlaboratorien 21, 27
Gruppenbetriebsanweisungen 33
Gummistopfen 90

H
Handgebrauch 56
Handlinggeräte 125
Handschuhe
  siehe Schutzhandschuhe
Hauptabsperreinrichtungen 140
Haupthähne 39
Hauptschalter 39, 96, 145
Hautkontakt 28, 36, 44, 51, 82, 85, 89, 100
Hautschutzpläne 47, 152
Havariefall 21, 63, 47, 134, 145
Havarien 63, 67
Hebebühnen 99
Heißluftföne
  siehe Heißluftgebläse
Heißluftgebläse 121
Heizeinrichtungen 98
Helium, flüssiges 105
Herstellungs- und Verwendungsverbote 73
Hinweiszeichen 103, 135
Hochtemperaturöfen 94
Höhenverstellbare Tische 74
Hygienemaßnahmen 46 ff., 82, 131

I
Implosion 83 , 104
Inhibitoren 79
Inkorporation 41, 51, 82
Isolationsprüfung 96

J
Jugendliche 31, 34, 85

K
Kabel von Elektrogeräten 97
  siehe auch elektrische Leitungen
Kaltgerätestecker 97
Kammern 115
Kanäle von Abzügen 134
Kanister 60
Kanülen 70
Kartuschenbrenner 92
Kegelschliff 90
Kennzeichnung 23, 36
  Druckgasflaschen 107, 108
  Entnahmestelle 137
  Kühlschränke 103
  Laborarmaturen 141
  Laserstrahlung 117
  Lüftungsanlagen 131

Notduschen 143
Reduzierter Luftwechsel 131
von Gebinden 56
Zuführungsleitungen 139
Kennzeichnung 56
Keramikfasern 94
Kleinstahlflaschen 110
kmr-Stoffe 84
siehe Stoffe, krebserzeugende, erbgutverändernde oder fruchtbarkeitsgefährdende
Kompressoren 122
Kontamination(sverschleppung) 45–47
Dekontamination 50
durch Stich- und Schnittverletzungen 70
bei Glasbläserarbeiten 89
Kontaminationen 45
Kontrolle 38, 39
Kooperationsmodell 11
Koordination
von Beteiligten 73
von Laborfremden 76
Korbbrillen 43
Körperdurchströmungen 97
Körpernotduschen 38, 142
Kosmetika 46
Krankenhaus 49
krebserzeugende Stoffe
siehe Stoffe, krebserzeugende, erbgutverändernde oder fruchtbarkeitsgefährdende
Kugelschliff 90
Kühlbäder 87, 104
Kühler 95, 102
Kühlmittel 95, 103
Kühlschränke 47, 103
Kühltruhen 102
Kunststoffbehälter 66

L
Laboratorien, Definition 17
Laborautomatisierung 125
Laborfremde 76
siehe auch Betriebsfremde, Fremdpersonal
Laborgeräte, automatisierte 125
Laborkittel
siehe Labormantel
Laborkleidung 41
Laborkryostaten 103
Labormantel 41
Labormaßstab 19
Laborordnung 33
Laborpersonal 25, 36
benachbarte Personen 39
Dekontamination 50
Laborfremde 76, 156
Laborschuh 42
Laborübliche
Bedingungen 24, 25
„kleine Mengen" 25
Techniken 39
Lagerung 55 ff., 79
Lärm 18
Lärmbelästigung 122
Laser 19, 117
Leckagen, Leckgefahr 69, 87, 112
Lecksuchspray 114
Lecture bottles 110
Leitkomponenten 39
Leitungsschutzschalter 64
Löschanlagen, automatische 67
Löschen 53
Löschmittel 53, 78
Löschübungen 54
Lösemittel 13, 30, 47, 50, 61 ff., 78, 83, 89, 103, 120 ff.
Luft, flüssige 104
Lüftung 20 ff., 57, 75, 101, 119, 131 ff.
Lüftungseinrichtungen 131
Lüftungstechnischen Einrichtungen 28
Luftwechsel 131

M
Magnete 126
Manometer 110
Maßnahmenkonzept 22
Mechanische Gefährdungen 18
Medien 141
Mehrfachsteckdosenleisten 96
Meldung
von Mängeln 38
von Gesundheitsstörungen 40
Membranpumpen 121
Messverfahren 39
Messverpflichtung 86
Metallbäder 98
Mikrowellengeräte 123
Minimierung der Stoffmengen 85
Missbrauch 58
Mitteilungspflicht 76
Monotonie 74
Mütter 14, 31, 34, 85

N
Nacht-Laboratorien 38
Nadelventile 112
Nahrungsmittel 46
Nanomaterialien 29
Nebenprodukte 28
Netzstecker 39
Neue Stoffe 17, 28

Nicht bruchsichere Behältnisse 61
Not-Aus 97
Notduschen 39
siehe auch Körpernotduschen, Augennotduschen
Notfall 27, 38, 40, 45
Notfallmaßnahmen 40, 48

O
Oberflächen 18
Orangegel 30
Ordnung 36
Ozon 119

P
Perchlorsäureabzüge 134
Peroxide 59, 120
Bildung organischer 78
Personal, fachkundiges 19, 24 f.
Personenbrandbekämpfung 54
Persönliche Schutzausrüstungen 36, 41 ff., 64, 80, 85, 105, 118, 126
Phosgen 31, 51, 110
Pipettierautomaten 125
Pipettieren 74
Planung 22, 74
Produktentwicklung 31
Prüfberichte 15
Prüffrist 114, 148
Prüfung 59, 148, 153
Prüfung 59
PSA 18
siehe auch persönliche Schutzausrüstungen
Puffergefäße 94
siehe Zwischengefäße

Q
Quellenabsaugungen 63
Quenchen von Kryomagneten 126

R
Radioaktive Stoffe 59, 83
Radionuklidabzüge 82
RCD 64, 96, 145
Reaktion, durchgehende 64
Regale 58
Regeln der Technik 19
Reinigung von Kleidung 48
Reinigungsarbeiten 27, 35, 48
Reinigungsmittel 31, 72
Reinigungspersonal 27, 48
Reparatur 38
Reparaturarbeiten 35, 89, 155
Rettungskette 49
Rettungsplan, Rettungsweg 40, 129, 151
Rettungszeichen 143
Roboter 125
Rohre 88
Rohrtrenner 142
Rotationsverdampfer 120
Rückflussapparaturen 95

S
Sammelbehälter 69 ff., 138
siehe auch Abfallbehälter
Sandbäder 98
Sauberkeit 36
Sauerstoff 84, 104, 109 ff.
Sauerstoff, flüssiger 104
Saugflaschen 91
Schalter 146
Schießöfen 115
Schlauchanschlüsse 90
Schläuche 90
Schlauchschellen 91
Schliffverbindungen
festsitzende 90
Schnittverletzungen 49, 70, 88, 91
Schränke 58
Schraubkappenverbindungen 90
Schraubverbindungen 90
Schutzbrillen 15, 42, 118
Schutzhandschuhe 15, 44 ff., 80, 85, 123, 127, 152
Schutzhülse 115
Schutzkleidung 41, 46, 118
Schutzniveau 20
Screening 125
Selbstentzündliche Stoffe 28, 33, 53, 58, 78, 94
Septen 127
Servicepersonal 76
Sicherheits- und Gesundheitsschutzkennzeichnungen 36, 40, 54, 136
Sicherheitsbehälter 68
Sicherheitsbrenner 92
Sicherheitsdatenblatt 23, 29, 34, 56
Sicherheitseinrichtungen 40, 67, 72 f., 84, 96, 101 ff., 124, 153, 156
Manipulieren von 72
Sicherheitskonzept 19
Sicherheitsrelevante Funktionen 93, 97, 145
Sicherheitsschränke 58
Sicherheitstechnische Einrichtungen 38, 149
Sicherheitsübungen 40
Sicherheitswerkbänke 62, 138
Sicherungsplan 59
Zugang 59
Sichtfenster 130
Sichtprüfung 96, 153 ff.

Siedeverzüge 84, 95, 120, 123
Sitzen 74
Spannungen 61
Spannungsfreiheit 87
Speisen und Getränke 46
Splitter 17, 76, 115, 121, 125, 135
-flug 93
Glas- 62, 84, 133
Spritzen 34, 70, 127
Spritzer
siehe Verspritzen
Spritzflaschen 69
Spritzschutz bei Arbeitstischen 138
Spritzwasserschutz 147
Spülarbeiten 72, 106
Spülflüssigkeiten 69
Stäbe 88
Stand der Technik 12, 15, 19, 24, 82
Standardprozeduren 21
Standards, analytische 29
Standfestigkeit 99
Standflaschen 56
Stative 87
Stauräume 70, 138
Stechen 27
Steckdosen 96, 146
Stehhilfen 74
Stichverletzungen 20, 70, 125, 127
Stickstoff, flüssiger 104
Stoffaustritt 20, 62, 93
Stoffdatenbanken 24
Stoffe
giftige 14, 20, 25 f., 28, 33, 37, 45, 50, 57, 62, 68, 73, 108 ff., 130, 137
krebserzeugende, erbgutverändernde oder fruchtbarkeitsgefährdende 25 f., 33, 73, 108 ff., 137
selbstentzündliche 28, 29, 33, 53, 58, 78, 94
thermisch instabile 101
Stopfen 88
Störungen 27, 38, 62, 97
Strahlung
elektromagnetische 123 ff.
ionisierende 18, 82
Laser 19, 117
optische 18
UV- 57, 78, 119
Straßenkleidung 47
Straßenschuhe 42
Strom
-ausfall 93
Elektrische Anlagen und Betriebsmittel 64, 98, 145
Elektrogeräte 96, 145
-kreise 145
Versorgung im Havariefall 64
Strömungsverhältnisse 87
Strömungswächter 95
Stühle 74
Substituierbare Stoffe und Verfahren 17, 29 ff., 77, 122
Substitutionsprüfung 23, 32, 77, 122

T
Tätigkeiten, belastende 74
Technika 67
Teflonmanschetten 96
Temperaturbegrenzung 98
Temperaturdifferenzen 87, 89
Temperiereinrichtungen 98, 101 ff., 107, 124, 145
Thermometer, Thermostat 88, 98, 122
tiefkalte verflüssigte Gase 13, 37, 61, 63, 103 ff., 126, 130
siehe auch einzelne Gasarten
Tiefkühlbad 104
Tische 74
Transport 51, 59, 60 ff., 71, 83, 106, 114
Transportwege 129
Trenntransformatoren 97
TRGS 400 23, 32
TRGS 401 44
TRGS 402 39
TRGS 500 39
TRGS 600 30, 32
Trockenmittel 83, 96
Trockenröhrchen 94
Trockenschränke 101
Tropfwasser 100
Türen 130

U
Überdruck 18, 57 f., 112
Überdruckventile 112
Überwachung 38
der lufttechnischen Funktion 136
Überwachungseinrichtung 136
Übungen,
praktische 36
Lösch- 54
Ultraschallbäder 123
Ultraviolett-Strahler 119
Ultrazentrifugen 116
Umfüllen 60 ff., 66, 70, 105, 110, 146
Umhausungen 134
Umlaufapparaturen 83
Umluft 101, 105, 133
Unterbrechungsfreie Stromversorgungen 98
Unterdruck 18, 90, 120, 136
Unterweisung 25, 34, 52, 54
Unterwiesene Person 14, 27, 37, 58, 87, 97, 113, 117, 155

V
Vakuumapparaturen 25, 62, 85
Vakuumdestillationen 84
Vakuumpumpen 120, 122
Vakuumtrockenschränke 101
Ventile 111
Verdampfen 55, 67, 89, 105, 107, 126
Verspritzen 60, 62, 105, 133, 146
Verstopfen von Röhrchen und Gefäßen 93 ff.
Versuchsautoklaven 33, 115
Verunreinigungen 13, 28, 100, 148
Volumenstrom 38, 73, 117, 134, ff., 149 ff.
Vorsorgeuntersuchungen 51

W
Wärmeexplosionen 93, 100
Wärmequellen 87
Wärmeschränke 101
Wärmeströme 75
Wärmeträger 98, 100
Warn- und Sicherheitszeichen 85, 107, 117, 126
Wartungsarbeiten 27, 39, 131, 137, 156
an Atemschutzgeräten 48
Wartungsfirmen 27, 156
Wartungsgänge 128
Wartungspersonal 27, 156
Wechselwirkungen 19
Werkstoffe 55, 134
Wirksamkeit von Schutzmaßnahmen 25, 35, 39, 148, 153, 155
Wirksamkeitsprüfung 39

Z
Zentrifugen 33, 35, 116
Zerknall 93, 106, 116, 125
Zersetzung 44, 57, 63, 101, 124
Zuführungsleitungen 139
Zugangsregelung 58, 117, 126
Zuluft 75, 131
Zündgefahren 66, 68, 120
Zündquellen 63, 67, 98, 102, 106, 118, 146
Zusammenlagerung 57, 79
Zwischengefäße 94, 112
Zylindrische Glasteile 88, 91

Bildnachweis

Abbildungen wurden freundlicherweise
zur Verfügung gestellt von

Abbildung 1:
Merck KGaA
Frankfurter Straße 250, 64293 Darmstadt
www.merck.de

Abbildung 7:
Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg
Im Neuenheimer Feld 325, 69120 Heidelberg
www.uni-heidelberg.de

Abbildung 9:
Ludwig-Maximilians-Universität München
Butenandtstrasse 5-13, 81377 München
www.uni-muenchen.de

Abbildung 20:
Max-Planck-Institut für Kohlenforschung
Kaiser-Wilhelm-Platz 1, 45470 Mülheim an der Ruhr
www.mpi-muelheim.mpg.de

Alle übrigen Abbildungen und Tabellen:
Berufsgenossenschaft der chemischen Industrie